

T UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Biología Vegetal I



**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ECOLÓGICA DE
TURBERAS ESFAGNOSAS DE LA ISLA GRANDE DE
CHILOÉ-CHILE: UNA HERRAMIENTA PARA LA
CONSERVACIÓN Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Carolina A. León Valdebenito

Bajo la dirección de las doctoras

Gisela Oliván Martínez
Esther Fuertes Lasala

Madrid, 2012

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Biología Vegetal I



**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ECOLÓGICA DE
TURBERAS ESFAGNOSAS DE LA ISLA GRANDE DE
CHILOÉ-CHILE: UNA HERRAMIENTA PARA LA
CONSERVACIÓN Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Memoria para optar al grado de Doctor que presenta:

CAROLINA A. LEÓN VALDEBENITO

Directoras: **Dra. GISELA OLIVÁN MARTINEZ**

Dra. ESTHER FUERTES LASALA

Madrid, 2012

Dra. Gisela Oliván Martínez, Profesora de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Dra. Esther Fuertes Lasala, Catedrática de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

INFORMAN:

Que el trabajo titulado “CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ECOLÓGICA DE TURBERAS ESFAGNOSAS DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ-CHILE: UNA HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACIÓN Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE”, realizado por D^a Carolina León Valdebenito, para optar al grado de Doctor, se ha llevado a cabo en el Departamento de Biología Vegetal I de la UCM bajo nuestra dirección y reúne las condiciones exigibles para ser presentado como tesis doctoral.

Y para que así conste firman la presente en Madrid, a 9 de mayo de 2012.

Fdo. Dra. Gisela Oliván

Fdo. Dra. Esther Fuertes

*“El estudio de la naturaleza y los animales
fortifica la nobleza de los sentimientos”*

Robert Baden-Powell



AGRADECIMIENTOS

Durante esta investigación son muchas las personas e instituciones que nos han apoyado y a quienes quiero expresar mi mayor gratitud.

Al financiamiento entregado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo a través de los proyectos AECID A/025081/2009 y AECID A/0300111/2010, y al Proyecto de Cooperación al Desarrollo de la Universidad Complutense 4138114.

Al Programa de Capital Humano Avanzado y la Beca Doctoral gestión propia de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Gobierno de Chile, que han financiado mi estancia en España.

A mis directoras de tesis, Dra. Gisela Oliván Martínez y Dra. Esther Fuertes Lasala, por su disposición y ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

En especial me gustaría expresar mi más sincera gratitud a la Dra. Oliván, por su compromiso y entrega durante estos años. Por su apoyo, por confiar en mi trabajo y por creer en mis ideas. Porque su preocupación no sólo ha sido académica sino también personal, mil gracias por hacerme sentir acogida como en casa.

A los profesores y personal del Departamento de Biología Vegetal I de la UCM, y al Dr. Santiago Pajarón y Dra. Elena Pérez-Urria, quienes fueron directores de departamento durante la realización de esta tesis doctoral.

A la Dra. María Puelles de la Fac. Cs. Económicas de la Universidad Complutense y al Dr. José María Gabriel y Galán del Departamento de Biología Vegetal I de la UCM, por el trabajo que realizaron en el estudio de mercado.

A la Dra. Carmen Prada y al Dr. Santiago Pajarón por la revisión de este manuscrito.

A la Dra. Ana Rosa Burgaz del Departamento de Biología Vegetal I de la UCM, por la literatura liquenológica que amablemente me facilitó.

Al Sr. Juan Larraín de la Universidad de Concepción por la valiosa y generosa ayuda que me presto en el duro camino de la determinación de briófitos.

Al Sr. Reinaldo Vargas de la Universidad de Concepción y a la Srta. Raquel Pino de la Universidad Complutense por su importante ayuda en la identificación de líquenes. A la Srta. Elena Araujo por su ayuda con la TLC.

A los directores y conservadores de los herbarios CONC, SGO, MACB, PC y S, que nos permitieron consultar sus colecciones.

Al Dr. Mauricio Rondanelli y al laboratorio de Palinología de la Universidad de Concepción Campus Los Ángeles, por toda su colaboración en esta investigación.

Al Departamento de Ciencias y Tecnología Vegetal de la Escuela de Ciencias y Tecnologías de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles y a su director M. Sc. Pablo Novoa por la ayuda logística prestada durante las campañas de campo.

Al Dr. Xabier Pontevedra Pombal de la Universidad de Santiago de Compostela y al Dr. Juan Carlos Novoa de la Universidad de Vigo, por compartir su profundo conocimiento sobre las turberas.

A la Sra. Marta Andelman de Wetlands International por sus sugerencias en el enfoque de la educación ambiental.

A la profesora Kattherinne Urriola por su ayuda en la elaboración de la encuesta realizada en las actividades de educación ambiental.

A la Sra. Yanet Medina de la Fundación Omora por compartir con nosotras su experiencia en educación ambiental y ecoturismo con lupa.

Al Dr. Santiago Hurtado del Servicio de Radioisótopos de la Universidad de Sevilla, por su gran ayuda en las dataciones radioisotópicas.

A la Sra. Gloria Sepúlveda W. del Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile, por su valiosa colaboración en los análisis químicos.

A la Dra. Jara Vassal'lo por su ayuda en el análisis de datos.

A las personas e instituciones que nos ayudaron durante las campañas de campo: Dra. Francisca Díaz y Sr. Yuri Zuñiga, Fundación Senda Darwin; Sr. Alberto Hurtado, Sr. Cristian Cárdenas y Equipo de Fomento Productivo, I. Municipalidad de Dalcahue; Sr. Pedro Andrade y Srta. Viviana Carvajal, I. Municipalidad de Chonchi, y CONAF Chiloé.

A los propietarios de los predios y a las personas que nos permitieron ingresar a las turberas estudiadas: Sr. Hugo Brenni (Lecam), Sr. Néstor Kesler (Pumanzano), Sr. Hermes Vera (Púlpito); Sra. Angélica González (Río Negro), Familia Bahamonde Barrientos (Los Caulles), Sr. Fernando Claude (Chepu); en especial al Sr. Vera por su gran hospitalidad y apoyo.

A la Sra. Sol Bustamante de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Los Lagos y al Sr. Rodrigo Fuentes del Gobierno Regional de los Lagos, por su apoyo y compromiso con las turberas de Chiloé.

A la Dra. Bárbara Saavedra de la Wildlife Conservation Society-Chile, por su gran amabilidad y por su invitación al taller realizado en Punta Arenas, que me ha servido de inspiración y motivación para la última etapa de este trabajo.

A la Dra. Marcela Bustamante de la Universidad de Concepción, por su gran disposición, su apoyo ha sido muy valioso a la hora de pensar en el retorno a Chile.

A la Dra. Tania Olivares de la Universidad de Concepción, por la dedicada formación que me entregó durante los años de pregrado, que ha sido fundamental en este proceso y sobre todo por haberme enseñado el camino de la investigación científica.

A mis amigos, en especial al Dr. Luis Rodríguez Alcalá, por su preocupación y consejo.

A Alfonso Benítez- Mora, por el precioso y dedicado trabajo fotográfico que ha realizado para esta investigación y además por haber sido el pilar de toda esta aventura; por su paciencia y generosidad, sin su apoyo y amor nada de esto habría sido posible.

A mis padres por su cariño, apoyo incondicional y por ser motivadores incansables.

A todas las personas que he conocido en ésta, una de las más grandes aventuras de mi vida.

Finalmente a la Isla Grande de Chiloé y su gente por haberme cautivado.

...A todos mil gracias.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
--------------	---

INTRODUCCIÓN

i) Antecedentes.....	5
ii) Área de estudio.....	13
iii) Objetivos.....	20

CAPÍTULO 1. DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA

1.1. Flora brio-liquénica de turberas y bosques de <i>Tepualia stipularis</i> de la Isla Grande de Chiloé.....	27
1.1.1. Introducción	
1.1.2. Materiales y métodos	
1.1.3. Resultados	
1.1.4. Discusión y conclusiones	
1.2. Nuevos registros para la flora brio-liquénica de la Isla Grande de Chiloé y para Chile.....	47
1.2.1. Introducción	
1.2.2. Materiales y métodos	
1.2.3. Resultados	
1.3. Claves para identificación de briófitos de turberas y tepuales de la Isla Grande de Chiloé.....	55
1.3.1. Introducción	
1.3.2. Resultados	
1.4. Patrones de diversidad de briófitos y líquenes en ecosistemas turbosos de la Isla Grande de Chiloé: evidencias de un ecosistema emergente para el sur del hemisferio sur.....	83
1.4.1. Introducción	
1.4.2. Materiales y métodos	
1.4.3. Resultados	
1.4.4. Discusión y conclusiones	
1.5. Factores ambientales claves que explican la variación de la diversidad brio-liquénica en las turberas de Chiloé.....	101
1.5.1. Introducción	
1.5.2. Materiales y métodos	
1.5.3. Resultados	
1.5.4. Discusión y conclusiones	
1.6. Referencias.....	123

CAPÍTULO 2. ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y GEOQUÍMICA

2.1. Estudio comparativo de las tasas de acumulación recientes de carbono y características geoquímicas de la turba en turberas de Chiloé.....	135
2.1.1. Introducción	
2.1.2. Materiales y métodos	
2.1.3. Resultados	
2.1.4. Discusión y conclusiones	
2.1.5. Referencias	

CAPÍTULO 3. EDUCACIÓN AMBIENTAL

3.1. Introducción.....	155
3.2. Bases para el desarrollo de un programa de educación ambiental en las turberas de Chiloé.....	155
3.2.1. Problemática ambiental, justificación de la acción y objetivos	
3.2.2. Actores clave	
3.2.3. Acciones sugeridas para los distintos actores clave	
3.3. Actividades de divulgación desarrolladas.....	159
3.3.1. Las turberas como herramienta educativa en enseñanza primaria	
3.3.2. Ecoturismo con lupa en las turberas de Chiloé	
3.3.3. Elaboración de material divulgativo	
3.4. Discusión y conclusiones.....	182
3.5. Referencias.....	184

CAPÍTULO 4. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

4.1. Introducción.....	189
4.1.1. Servicios ecosistémicos o ambientales	
4.1.2. Pago por servicios ecosistémicos y su funcionamiento	
4.1.3. Servicios con mercados establecidos	
4.1.4. Experiencias en otros países	
4.2. Propuesta para la implementación de un sistema de pago por servicios ecosistémicos de las turberas de Chiloé.....	195
4.2.1. Servicios ambientales de las turberas	
4.2.2. Pago por servicios ecosistémicos	
4.2.3. Sistema de pago por servicios ambientales en las turberas de Chiloé	
4.3. Impacto de la restauración de turberas de Chiloé.....	210
4.4. Mercados ambientales para las turberas de Chiloé.....	211
4.5. Discusión y conclusiones.....	213
4.6. Referencias.....	215

CONCLUSIONES GENERALES.....219

ANEXOS DIGITALES.....223

RESUMEN

Las turberas cumplen un importante rol en el almacenamiento de agua dulce, en la acumulación de carbono y en la conservación de la biodiversidad, entre otros. Sin embargo, el conocimiento que se tiene sobre éstas es muy limitado, especialmente en el sur de Sudamérica, donde en la actualidad se están viendo altamente amenazadas.

En consideración a esta problemática, el presente trabajo tiene por objetivo contribuir al conocimiento de este tipo de humedales a través de la caracterización de dos importantes servicios ecosistémicos: la diversidad brio-liquénica y el almacenamiento reciente de carbono, en turberas de origen glacial y antrópico (pomponales) presentes en la Isla Grande de Chiloé (Chile), con el fin de elaborar una propuesta de pagos por los servicios ecosistémicos prestados, para favorecer su conservación y desarrollo sostenible.

Para esto, se estudiaron 10 localidades: cinco turberas antropogénicas, tres de origen glacial y dos ecosistemas afines (tepuales), ubicadas en distintas zonas de la isla.

Tras el estudio de la diversidad brio-liquénica se ha determinado un total de 131 especies (48% endémicas del sur de Sudamérica) de las cuales fueron: 52 musgos, 52 hepáticas y 27 líquenes. Del total, se encontraron 75 especies en las turberas antropogénicas, 70 especies en las de origen glacial y 59 especies en los tepuales. Se reportan 4 nuevos registros para Chiloé, cinco nuevos registros para la región y dos nuevos registros para la flora brio-liquénica de Chile. También se provee una clave para la identificación de briófitos, además de estudios de gradientes ambientales, y comparación de composiciones y diversidades entre los tipos de hábitat.

Por otra parte, se ha estimado que las tasas de acumulación de carbono en los últimos 100 años de las turberas de Chiloé han fluctuado entre 33,49 y 507,52 g C m⁻² año⁻¹, con una media de 92,84 g C m⁻² año⁻¹. Siendo considerablemente superiores en turberas antropogénicas, en relación a las turberas de origen glacial. Se evidencia una significativa cantidad de carbono almacenado en estos sitios, el cual podría liberarse como CO₂ si éstas fueran drenadas.

Este trabajo también incorpora un apartado de herramientas para la educación ambiental donde se comentan actividades piloto que fueron llevadas a cabo en el transcurso de esta investigación para difundir los resultados obtenidos y aumentar la concienciación de la población local sobre la vulnerabilidad de estos ecosistemas.

Finalmente, para integrar y dar valor a los resultados obtenidos en la caracterización de servicios, se presenta una propuesta para establecer un sistema de pagos por servicios ecosistémicos como forma de compensación de emisiones de CO₂ voluntarios, de resguardo de la biodiversidad y reservorio de agua dulce, con los que la población local consiga una fuente de ingresos sin necesidad de realizar actividades extractivas, lo que permitiría conservar las turberas, reducir emisiones de CO₂ y tener un desarrollo económico sostenible. Este estudio a su vez entrega un sondeo inicial de mercado realizado a empresas chilenas y españolas, del que se desprende que estas empresas han considerado que la propuesta tiene un interesante potencial de desarrollo para acciones de responsabilidad social corporativa.



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN GENERAL

i) ANTECEDENTES

Turberas

Las turberas son un tipo de humedal donde se deposita materia orgánica en distintos estados de degradación anaeróbica (Schlatter & Schlatter, 2004), este material orgánico almacenado recibe el nombre de turba (Fig. 1). La turba consta de 90 % de agua y 10% de restos de plantas (briófitos, líquenes, herbáceas de medios húmedos, entre otros) (CKPP, 2008).

Generalmente estos depósitos se forman en depresiones de terreno o sobre sustratos rocosos oligotróficos, donde se acumula agua o ésta fluye lentamente bajo un régimen pluvial permanente (Schlatter & Schlatter, 2004).

En estos lugares, una vez rellenos de material vegetal que sobresale generalmente del nivel freático, se forma un estrato superficial biológicamente activo, conformado por asociaciones de vegetales, entre las que predomina *Sphagnum* sp., planta hidrófita con gran capacidad de retener humedad (Iturraspe & Roig, 2000). Estas plantas tienen la capacidad de absorber iones básicos y liberar iones hidrógeno selectivamente, incrementando así la acidez del medio. Esta acidez, combinada con una baja disponibilidad de oxígeno, inhibe la supervivencia de varios organismos, incluyendo a los descomponedores. Es por esto que la materia orgánica tiende a acumularse, formando así la turba (Schofield, 1985).



Fig. 1. Pequeño testigo de turba

Estos ecosistemas son sitios de gran relevancia ecológica, ya que desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, puesto que son refugio de algunas de las especies más raras e inusuales de la flora y fauna dependiente de los humedales (Ramsar, 2004). Intervienen en el ciclo hidrológico, debido a su gran capacidad de retener agua. Estos ecosistemas son recargados por precipitaciones y el agua que es captada se libera gradualmente hacia las cuencas. También influyen directamente en la calidad del agua, ya que operan como filtro natural hacia las aguas subterráneas, reduciendo la movilización y transporte de sedimentos, y fijando compuestos nocivos como metales pesados (Martínez Cortizas *et al.*, 2009). También participan en el almacenamiento de carbono gracias a la acumulación de las capas de turba, participan en la fijación de carbono. Contienen aproximadamente 1/3 de las reservas de carbono del mundo, las cuales son el resultado de un lento proceso de acumulación (Clymo *et al.*, 1998), siendo *Sphagnum* el principal género involucrado (Gerdol *et al.*, 1996). Son importantes archivos paleoambientales para reconstruir los cambios paisajísticos del pasado y los climas anteriores e intervienen en la preservación del patrimonio cultural, especialmente por su capacidad de preservar restos

arqueológicos y el registro paleobiológico sumergidos en agua y en condiciones anóxicas (Ramsar, 2004).

A las características antes mencionadas se suma que los depósitos de turba son reconocidos mundialmente como un recurso económico. La turba es utilizada como combustible, como sustrato y retenedor de nutrientes en viveros. También se emplea como aislante térmico, para el tratamiento de aguas residuales y para filtros de distinto tipo, lo cual ha llevado a un aumento sostenido de su interés comercial y su explotación (Hauser, 1996).

Caracterización de turberas

Existen numerosas formas de caracterizar y clasificar las turberas en el mundo, también existe un gran número de términos y definiciones relacionadas con estos ecosistemas. A continuación se resumirán los conceptos más importantes que regirán la terminología empleada en este trabajo.

En el hemisferio norte se cita un gran número de clasificaciones que dependiendo de cada país han adoptado diferentes terminologías (Rydin & Jeglum, 2006), que en ocasiones no se ajustan a los paisajes del sur de Sudamérica y a los términos en español. Roig & Roig (2004) dieron el primer paso definiendo los conceptos que implican ciertos términos (Fig. 2), planteando a su vez equivalencias con los existentes en inglés. Ellos señalan que humedal (*wetland* en inglés), comprende un conjunto de ambientes muy diversos que integran áreas que son inundadas o saturadas por aguas superficiales o subterráneas, con una frecuencia y duración suficiente para soportar y hacer de sostén, bajo condiciones normales, a vegetación predominantemente adaptada a una vida en condiciones de suelos saturados.

Otros importantes términos definidos por los autores antes mencionados son turbales y turberas. El turbal (*peatland* en inglés), corresponde a un ecosistema con capacidad para acumular y almacenar materia orgánica muerta, turba, derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación permanente, reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes, que dependiendo de la clasificación usada tiene una capa de materia orgánica de un espesor que puede variar entre los 20 y 70 cm. Mientras que una turbera (*mire* en inglés), corresponde a un área donde la turba está siendo producida y acumulada progresivamente, incrementando la potencia del depósito orgánico. El espesor es variable pero siempre mayor a 50 cm.

No obstante, las definiciones de *peatland* y *mires* en el hemisferio norte aún generan controversia. Rydin & Jeglum (2006) señalan que en un sentido el término *mire* es más amplio porque la acumulación de turba puede ocurrir en sitios que no tienen el espesor de turba requerido para ser calificado como turbera y en otro sentido *peatland* es más amplio ya que un sitio drenado que ha sido explotado para turba aún es un *peatland*, pero al perder la vegetación formadora de turba ya no es un *mire*. Wheeler & Proctor (2000) sugiere que *mire* sea usado en un sentido más amplio y que la palabra *peatland* se use para áreas con turba, definiendo así *mire* como esencialmente un humedal telmático permanente.

Rydin & Jeglum (2006) explica que una posible razón para el conflicto de las definiciones es que estos términos han sido usados con distintos propósitos, *mire* es a menudo empleado en investigaciones botánicas o ecológicas de tipos de vegetación o procesos de formación de turba, en cambio *peatland* es frecuentemente utilizado en temas de manejo de re-

cursos donde la profundidad de la turba es crucial. Charman (2002) menciona que otra posible explicación es que en Norteamérica no está ampliamente reconocido el término *mire*, usando en sentido más genérico *peatland*, mientras que en Europa y Rusia se hace la diferenciación entre *peatland* y *mire*.

Por otra parte, Roig & Roig (2004) también hace alusión a un concepto ampliamente utilizado en Chile pero que ha llevado a muchas confusiones conceptuales, las vegas, llamadas mallín en mapundungum, bofedales en el altiplano de Argentina, Chile, Bolivia y Perú, y que ha sido comparado con *Suo* de la clasificación finlandesa. Estas son áreas temporaria o permanentemente saturadas, con vegetación herbácea e higrófitica formada por gramíneas y ciperáceas que forman molisoles, suelos minerales con abundante materia orgánica. En determinadas circunstancias ambientales la vegetación puede dar lugar a la formación de una capa de turba, histosoles, interpretándose en ese caso como turbales.

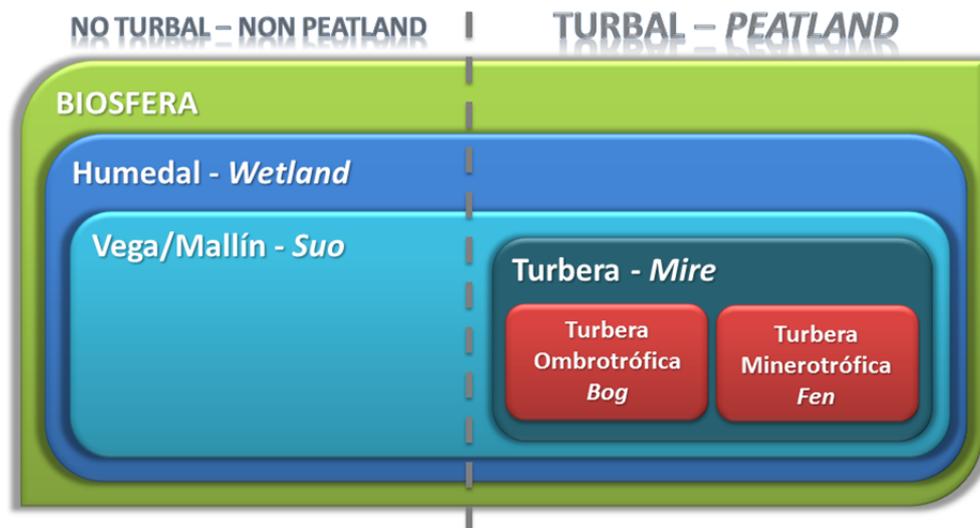


Fig. 2. Relación entre términos turbal, humedal y turbera. Modificado de Roig & Roig (2004) y Joosten & Clarke (2002).

En Chile la terminología para humedales es confusa. Ramírez *et al.* (2002) reconocen 15 tipos de humedales naturales divididos en dos grandes categorías: salinos (litorales, estuarios, marismas, albuferas y salares) y dulceacuícolas: lóticos (ríos, arroyos, bañados y oasis), lénticos (lagos, lagunas y charcos), y anegadizos (pantanos, turberas y ñadis). Schlatter & Schlatter (2004) mencionan cuatro tipos de humedales desde el punto de vista edáfico: turberas, ñadis, mallines y catricos con hualves. Ramírez & San Martín (2008) señalan cinco categorías de humedales anegadizos: pantanos, bosques pantanosos o hualves, ñadis, turberas y marismas. Considerando estas tipologías queda en evidencia el enorme vacío de conociendo que se tiene y el problema de interpretación e identificación de los tipos de humedales, ya que existe una falta de coherencia en los criterios de clasificación.

Para Sudamérica las clasificaciones dentro de las turberas son escasas, Roig & Roig (2004) señalan distintas formas de clasificación respondiendo a las diferentes escalas y formas de estudio. A continuación se presentan las categorizaciones basándose en las características superficiales que nos darán información del estado actual de las turberas.

a) Concentración de nutrientes o estado nutricional: una de las características más divulgadas es que las turberas son ecosistemas que tienen un bajo contenido de nutrientes, pero esto puede tener matices y en base a esto se pueden asignar distintos tipos de turberas.

- **Turberas eutróficas**: son aquellas que poseen niveles altos de nutrientes especialmente de minerales como carbonato de calcio. Normalmente tienen un pH entre 6 y 7.
- **Turberas oligotróficas**: son aquellas que tienen una baja disponibilidad de nutrientes. Su pH fluctúa entre 3 y 4.
- **Turberas mesotróficas**: son aquellas que presentan condiciones intermedias.

b) Origen del agua que abastece a las turberas: el origen del agua está directamente relacionado con el origen de los nutrientes de las turberas y dependiendo de esta condición podemos encontrar los siguientes tipos:

- **Turberas ombrotroáficas**: son aquellas en las cuales el agua proviene exclusivamente de precipitaciones de lluvia, por lo que su fuente de nutrientes es la atmósfera. Estas no reciben aportes de aguas subterráneas. Normalmente estas turberas son oligotróficas por la baja disponibilidad de nutrientes en la atmósfera.
- **Turberas minerotroáficas**: son aquellas que reciben aporte de aguas superficiales, subterráneas o ambas. En este caso, los nutrientes provienen de los suelos y sustratos minerales, por lo que al tener concentraciones más altas de nutrientes estas turberas normalmente son eutróficas o mesotroáficas.
- **Turberas de transición**: son aquellas que presentan características intermedias entre minerotroáfica y ombrotroáfica.

c) Comunidades vegetales dominantes: en sentido estricto si consideramos la vegetación de ambientes donde existe una acumulación de turba de gran espesor, podemos distinguir para el sur de Sudamérica cinco tipos de turberas donde las especies dominantes que definen los grupos son: *Donatia fascicularis*, *Astelia pumila*, *Rostkovia magellanica*, *Sphagnum fimbriatum* y *Sphagnum magellanicum* (Pisano, 1977). Sin embargo, en nuestra área de estudio, Chiloé, se han reportado dos de ellos.

- **Turberas de *Donatia* y *Astelia***: las especies dominantes son *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*. Éstas forman cojines compactos, duros y abultados, rodeados de pequeños riachuelos y pozones. Estas turberas están restringidas a las altas cumbres de la Cordillera de Piuchén y se les ha llamado también “Campañas” (Villagrán, 2002).
- **Turberas de *Sphagnum***: la especie que forma la matriz de estas turberas es *Sphagnum magellanicum*, la cual constituye cojines laxos de color rojizo. Éstas están distribuidas en toda la isla grande y son las más comunes en Chiloé.

Turberas en Chile

En Chile los ecosistemas turbosos están circunscritos a la región de Tundra Magallánica definida por Pisano (1977), en sentido estricto se extienden desde el Golfo de Penas (48º S) hasta el extremo sur de América del Sur (56ºS) (Pisano, 1983), sin embargo, es posible observar avanzadas septentrionales de dicha región en la Cordillera Pelada de Valdivia (40º S) y en la Isla de Grande de Chiloé (42º S) (San Martín *et al.*, 1999), que corresponden a relictos de la región antes mencionada (Villagrán, 1988). Ver figura 3.

Aun cuando abarcan una gran extensión de terreno en el país, las turberas chilenas son ambientes desconocidos. El Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF *et al.*, 1999), cifra en 44.980,61 Km² de humedales, que representan el 5,9% de la superficie total del país; incluyendo a marismas herbáceas, ñadis herbáceos y arbustivos, turberas y vegas. El reciente inventario nacional de humedales arrojó una superficie de 19.861,67 km² de humedales (MMA & CEA, 2011). Desafortunadamente, en estos trabajos no se detalla la extensión de cada uno de los tipos de humedales que mencionan. Joosten & Clarke (2002) estiman para Chile alrededor de 10.500 Km² de turbales (*peatlands*), lamentablemente es una estima sesgada debido a la poca claridad en la definición de turbales (*peatlands*) y turberas (*mires*), y al desconocimiento que se tiene en general.



Fig. 3. Mapa de ocurrencia de turberas y turbales en Chile. Modificado de Blanco & de la Balze (2004).

Origen de las Turberas de Chiloé

Durante las eras glaciares del Pleistoceno, gran parte del territorio de la Décima Región de Los Lagos fue afectada por una intensa actividad glacial (Porter, 1981). Casquetes glaciares cubrieron el valle central de esta zona (Hauser, 1996), así como la parte de la actual Isla Grande de Chiloé, formando un paisaje caracterizado por hielo y material sedimentario (Zegers *et al.*, 2006). El descenso de la actividad glacial, debido al progresivo aumento de la temperatura que se inició hace unos 13.000 años, determinó el retiro de los glaciares, dejando grandes masas de agua producto de la fusión del hielo, lo que permitió la formación de grandes lagos y lagunas glaciares (Porter, 1981). En estos sectores de restringido drenaje, se generaron especiales condiciones climáticas que favorecieron el dominio de musgos del género *Sphagnum*, que permitió la importante acumulación de materia orgánica, que con posterioridad dio lugar a la transformación de dichos sectores en extensas turberas (Hauser, 1996). Ver figura 4.

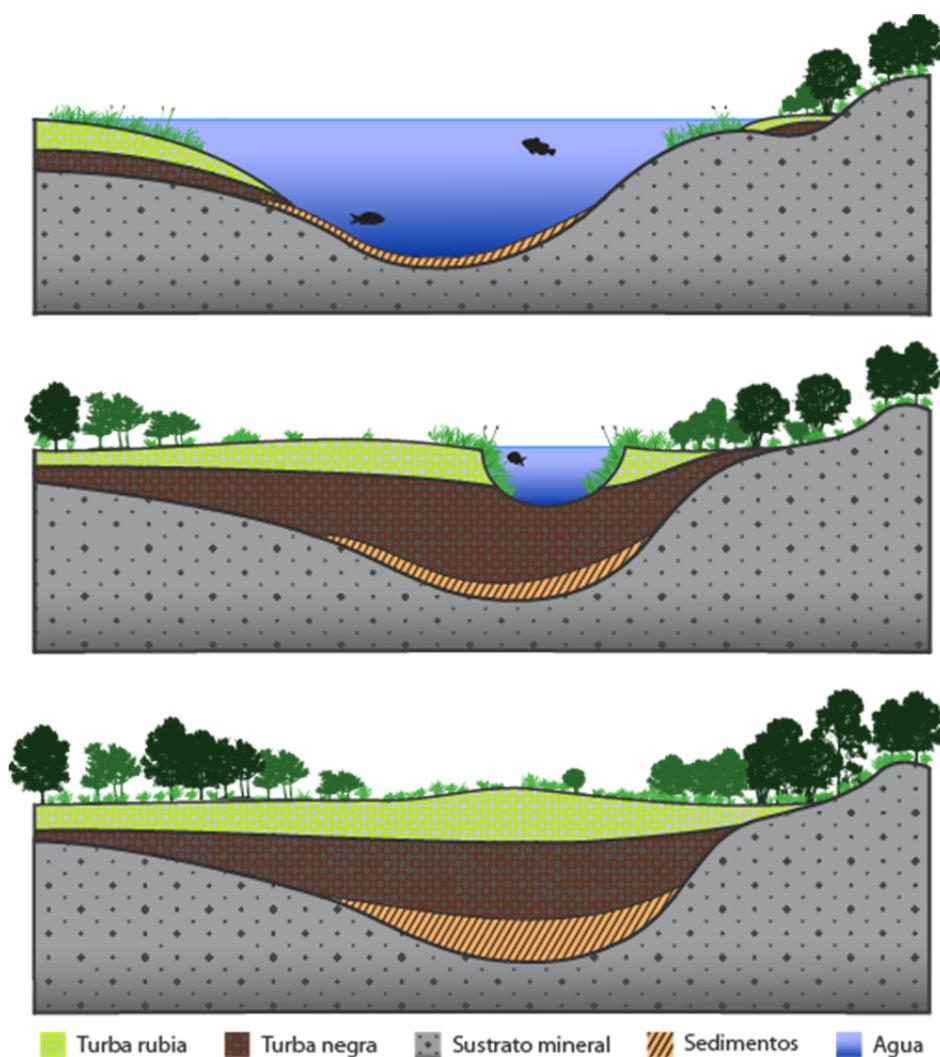


Fig. 4. Proceso de formación de una turbera de origen glaciar.

Por otra parte, en la Región de Los Lagos es posible encontrar otras áreas dominadas por *Sphagnum*, que corresponden a sitios colonizados por este musgo tras la quema o tala rasa de bosques desarrollados sobre suelos de tipo ñadi, como por ejemplo tepuales, alerzales o

cipresales (Fig. 5). Estos suelos de origen volcánico, delgados y ricos en materia orgánica, están compuestos por una capa inferior que es un sustrato de ripio de origen fluvio-glacial. Sobre éste se encuentra una capa impermeable de óxidos de hierro, aluminio y sílice, llamado “fierrillo”, que provoca las condiciones de saturación de agua y drenaje deficiente, y luego se halla una capa superior de materia orgánica (Ramírez *et al.*, 1996).

Las condiciones de anegamiento que presentan estos sitios durante gran parte del año, favorecen la colonización, establecimiento y posterior acumulación de *Sphagnum*, formándose así turberas que han sido llamadas antropogénicas o “Pomponales” (localmente) (Zegers *et al.*, 2006). En consecuencia, a estos ecosistemas se les ha concedido un origen antrópico (Díaz *et al.*, 2008), producto de la intensa degradación del bosque nativo, producida principalmente después de 1850, con la colonización europea (Armesto *et al.*, 1994).

Para efectos del presente trabajo emplearemos el término general “turberas de Chiloé” para hacer alusión tanto a pomponales como a turberas; para las turberas de origen glacial usaremos el término turberas y a las turberas antropogénicas las llamaremos pomponales.

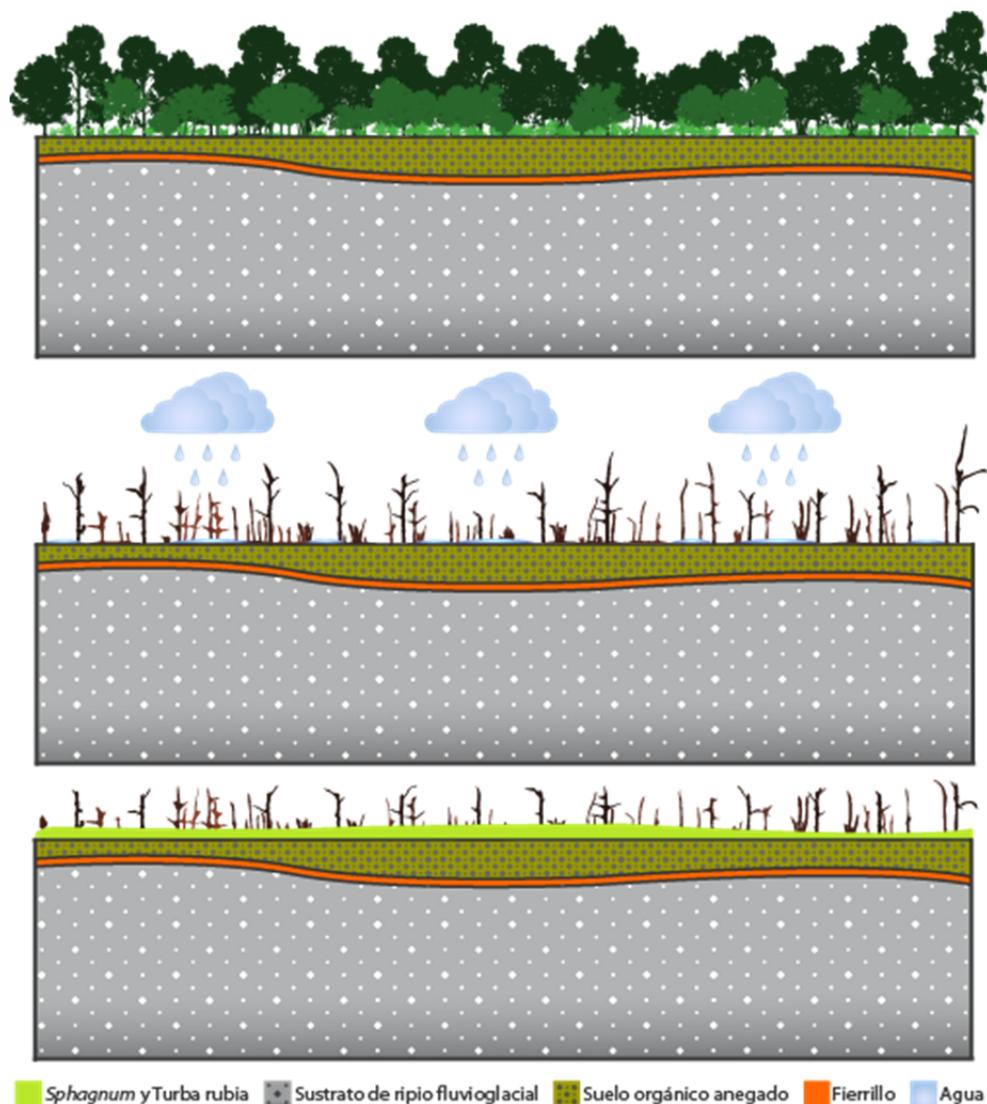


Fig. 5. Proceso de formación de una turbera antropogénica.

Importancia de las turberas en Chiloé

En la Isla Grande de Chiloé, las turberas han cobrado gran relevancia en este último tiempo, debido al interés que ha generado la extracción y comercialización del musgo *Sphagnum*, ya que constituye una fuente de trabajo importante durante los meses de verano en las comunidades rurales (Díaz *et al.*, 2005b).

Pero la extracción del musgo vivo no es la única actividad desarrollada, actualmente en Chiloé se han drenado numerosas turberas para la explotación de turba, material que se ha acumulado durante miles de años y que puede tener varios metros de profundidad.

Por otra parte, el rol de reservorios de agua de las turberas cobra especial importancia en la isla, ya que ésta no tiene un suministro de agua a partir de deshielos de montañas como ocurre en el continente, su única fuente de agua proviene del almacenamiento de las precipitaciones, a lo que se suma la labor que cumplen regulando el flujo de los ríos de la isla (Zegers *et al.*, 2006).

Las turberas y el cambio climático

Principalmente debido al uso de combustibles fósiles para transporte y generación de energía, la atmósfera contiene cada vez más dióxido de carbono. Como producto de esta alta concentración de CO₂, se espera que la temperatura global aumente y esto influya sobre el clima, tornándose éste más extremo para la humanidad: más tormentas, precipitaciones extremas o largos e impredecibles períodos de sequía.

Las turberas han secuestrado y almacenado carbono atmosférico durante miles de años, pero la degradación de éstas ha provocado un efecto adverso. Por esta causa en el mundo se emiten más de 3000 millones de toneladas de dióxido de carbono por año; esto representa cerca del 10% de todas las emisiones antropogénicas globales (Joosten & Couwenberg, 2008).

Los suelos de turba son inmensos almacenes de carbono, guardan cerca de 550 Gt de éste, una cantidad similar al disponible en las reservas de carbón de origen fósil (585 Gt), y dos veces la biomasa forestal global (Joosten & Clarke, 2002). Cuando los suelos de turba normalmente húmedos entran en contacto con el aire comienzan a oxidarse y descomponerse, liberando dióxido de carbono (Joosten & Couwenberg, 2008), contribuyendo así al cambio climático.

Otro aspecto a tener en cuenta bajo el contexto climático actual, es el rol que cumplen las turberas como reservorios de agua dulce, ya que ante un escenario con grandes sequías, las reservas de agua y gestión de los recursos hídricos serán vitales para la humanidad.

Problemática en Chiloé

Pese a la importancia ecológica y económica de las turberas el conocimiento es limitado.

Desde hace unos años la Fundación Senda Darwin ha realizado una serie de estudios sobre turberas de Chiloé, estos trabajos han conseguido importantes avances en la extracción sostenible de *Sphagnum* (Díaz *et al.*, 2005a; Díaz *et al.*, 2005b; Zegers *et al.*, 2006; Díaz, 2008a; Díaz *et al.*, 2008; Díaz, 2008b). Por otra parte, el Servicio Nacional de Geología y

Minería junto al Gobierno Regional de Los Lagos entre los años 2005 y 2006 realizaron un catastro de las turberas y los depósitos de turba en la isla (SERNAGEOMIN & GORE-LosLagos, 2008) aportando cartografía y cuantificación del recurso.

En lo que respecta a diversidad biológica, también son pocos los estudios que tratan este tema, en especial de briófitos y líquenes. En la mayoría de los trabajos realizados en Chiloé sobre estos grupos, se estudian la totalidad de los grupos florísticos y muy pocos se enfocan particularmente en las turberas. Dentro de estos podemos citar Villagrán & Barrera (2002); Villagrán *et al.* (2002); Villagrán *et al.* (2003); Villagrán *et al.* (2005); Larraín, (2007b), (2007a) y Díaz *et al.* (2008).

Sin embargo, la información aún es insuficiente para caracterizar estos ecosistemas y si sumamos el impacto de la extracción y comercialización del musgo *Sphagnum*, se hace enormemente necesario ampliar el conocimiento científico-técnico que sea de ayuda en la toma de decisiones en la gestión y conservación de las turberas en Chiloé.

ii) ÁREA DE ESTUDIO

Características del área de estudio

El estudio se lleva a cabo en la Isla Grande de Chiloé emplazada entre los 42° y 43° de latitud Sur y 75° y 73° de longitud oeste. Forma parte del archipiélago del mismo nombre que está compuesto por alrededor de 40 islas.

Administrativamente, pertenece a la Décima Región de Los Lagos y a la provincia homónima. La superficie de la isla es de 8.080 Km², con una longitud de 250 km y 50 km de ancho (CONAF, 2009).

Para Chiloé se reconoce un clima templado con fuertes influencias oceánicas, lo que se traduce en una humedad constantemente elevada y una escasa amplitud térmica (di Castri & Hajek, 1976).

En la isla se presentan dos subtipos climáticos: el templado lluvioso con influencia mediterránea, representativa de los sectores ubicados al norte de Chiloé, y el templado frío de costa occidental con máximo invernal de lluvias. Este último, corresponde a la zona que cubre el sector centro y sur de la Isla de Chiloé (CONAF, 2009).

La temperatura varía de acuerdo a la exposición a los vientos predominantes del oeste. Ésta es mayor en el sector oriental de la Isla de Chiloé que en la costa Pacífica, donde los vientos y las precipitaciones son significativamente más intensos y abundantes (*op. cit.*). La temperatura media de verano es 10,2 °C y la temperatura media de invierno es de 6,2 °C (Pérez *et al.*, 2003).

Las precipitaciones se distribuyen a lo largo de todo el año con un aumento durante los meses de invierno, éstas varían desde las áreas más expuestas al océano hacia el interior. En Ancud caen más de 2.300 mm anuales, mientras que en Castro caen menos de 1.900 mm y en Quellón poco más de 2.100 mm (CONAF, 2009). Pero, hay zonas en las que se han registrado precipitaciones de entre 5.000 y 6.000 mm (Pérez *et al.*, 2003).

El relieve de la isla se caracteriza porque la cordillera de la Costa se manifiesta hacia el occidente en un cordón de cerros del tercio norte llamado Cordillera de Piuchén, con cumbreras de 500 a 900 m, y en un cordón más austral denominado Cordillera de Pirulil que es

algo más baja pero abrupta. Ambos cordones, separados por el Sistema Lacustre Huillinco-Cucao, descienden hacia el oriente hasta sumergirse en el mar interior (CONAF, 2009).

La Isla Grande de Chiloé se encuentra dentro de la zona fitogeografía Higromórfica, la que se caracteriza por no presentar una estación seca, o ella está reducida a uno o dos meses en el año. El tipo de vegetación que domina es el bosque tupido, formado de varios estratos de vegetación y un rico sotobosque (CONAF, 2009).

Gajardo (1994) señala que en Chiloé se pueden encontrar dos formaciones vegetales denominadas: Bosque Laurifolio de Chiloé y Bosque Siempreverde con Turberas de Chiloé. La primera tiene condiciones más húmedas, hidrófita, de los bosques laurifolios y se distribuye en suelos planos de mal drenaje (ñadis), en su composición florística y fisonomía tiene un importante papel la presencia de coníferas, especialmente de la familia Podocarpaceae. Dentro de las especies presentes se puede destacar: *Nothofagus nítida*, *Podocarpus nubigena*, *Tepualia stipularis*, *Chusquea quila* y *Fucsia magellanica*.

La segunda formación se encuentra ubicada en las cumbres de los sectores montañosos del norte de la isla y hacia el sur descienden prácticamente al nivel del mar, las especies destacadas son *Pilgerodendron uviferum*, *Tepualia stipularis* y *Philesia magellanica*.

Descripción social de la Isla Grande de Chiloé

De acuerdo con el Censo de 2002, la población de la isla es de 154.766 personas. De dicha población el 44% vive en las zonas rurales y el 56% corresponde a población urbana. La representación indígena es del 11% del total (INE, 2008). La isla se encuentra en una de las regiones con el menor Índice de Desarrollo Humano del país (0,681) y el 21,08% de las personas vive en situación de pobreza (PNUD, 2004).

En el territorio predominan cuatro tipos de actividades económicas: el turismo, la agricultura, la pesca artesanal y la industria acuícola (principalmente salmones y mitílidos) (Ramírez *et al.*, 2009). Se considera la actividad turística como un recurso con gran potencial.

El archipiélago ha sido identificado como unas de las 25 áreas prioritarias del mundo para la conservación del ecosistema. Es uno de los centros de origen de diversidad de cultivos, lo que le ha permitido ser seleccionado como uno de los siete sitios SIPAM (Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial) por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)(SIPAM-Chiloé, 2011).

La isla comparte el tercer lugar del *ranking* de las mejores islas del mundo como destino turístico elaborado por la revista Nacional Geographic Traveler (Tourtellot, 2007). Según estimaciones del Servicio Nacional de Turismo, Chiloé recibe cerca de doscientos mil visitantes cada año, con tendencias al alza por los grandes cruceros que inician sus rutas patagónicas en la Isla. Por lo demás, se observa un creciente interés de la sociedad chilota y de los gobiernos locales por potenciar el capital natural y patrimonial de Chiloé, como base para el desarrollo sostenible de la provincia.

Sitios de estudio

Para llevar a cabo los estudios planteados se realizaron cuatro campañas de campo a la Isla Grande de Chiloé, entre los años 2009 y 2011. Se seleccionaron 10 localidades: cinco pomponales, tres turberas y dos bosques de Tepú (*Tepualia stipularis*), ubicados en distintas comunas de la isla. Dos de las zonas corresponden a áreas silvestres protegidas y las ocho restantes corresponden a predios privados.

A continuación, se detallan los antecedentes de los predios seleccionados y su categorización (Tabla 1). Se muestra también un mapa con sus ubicaciones (Fig. 6) y fotografías satelitales y de paisaje de las diferentes localidades (Figs. 7-14).

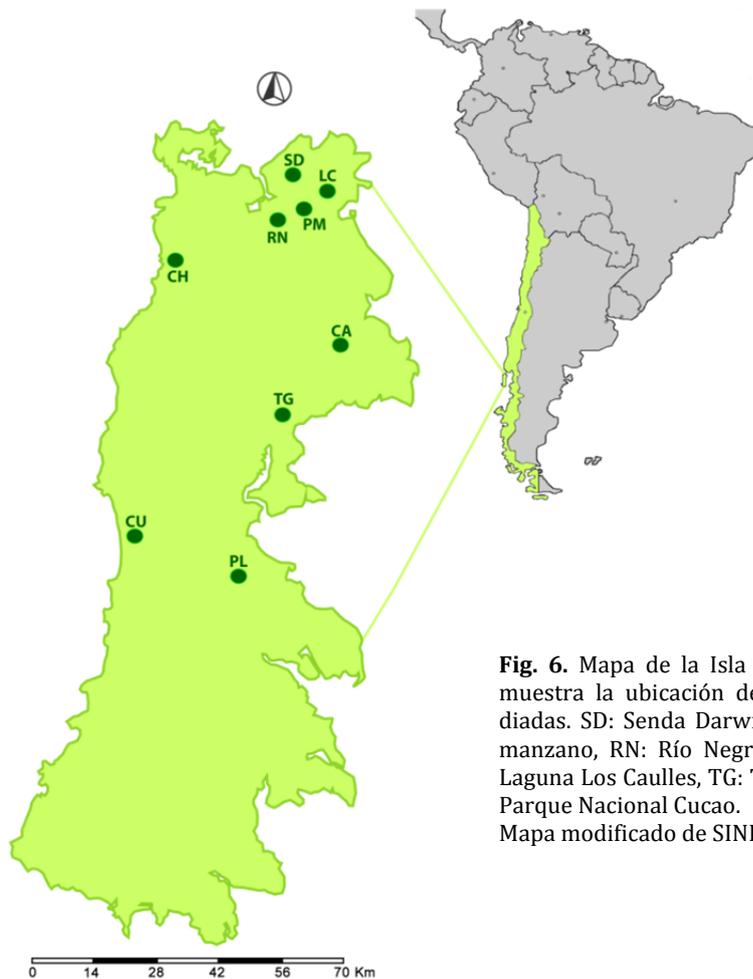


Fig. 6. Mapa de la Isla Grande de Chiloé que muestra la ubicación de las localidades estudiadas. SD: Senda Darwin, LC: Lecam, PM: Pumanzano, RN: Río Negro, CH: Río Chepu, CA: Laguna Los Caulles, TG: Tegel, PL: Pulpito, CU: Parque Nacional Cucao.
Mapa modificado de SINIA - © 2008 CONAMA

NOTA: Esta tesis ha sido redactada aplicando la norma panhispánica del español, atendiendo especialmente al público científico y general al que en última instancia está dirigido este trabajo. Por ejemplo, se emplean términos como sustentable, carpeta, ocurrencia, etc., los cuales son ampliamente usados en América y están aceptados por la Real Academia Española.

Localidad	Código de localidad	Fecha visita	Tipo de Hábitat muestreado	Tipo de muestras tomadas	Ubicación	Coordenadas geográficas	Superficie (ha)	Altitud (msnm)	Distancia a la costa (km)
Estación Biológica Senda Darwin	SD	30/01/2009 27/03/2010	Pomponal y Tepual	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Ancud	41°52'47,0" S 73°40'07,9" W	12 ha (Pomponal)	24	6,26
Lecam	LC	31/01/2009 28/03/2010	Pomponal	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Ancud, Sector Lecam	41°56'22,7" S 73°34'31,7" W	5 ha	60	1,26
Pumanzano	PM	02/02/2009	Pomponal	Biodiversidad Agua	Comuna de Ancud, Sector Pumanzano	41°58'15,1" S 73°37'58,1" W	9 ha	92	5,99
Río Chepu	CH	29/03/2010	Pomponal	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu	42°03'10,8" S 73°59'56,8" W	175 ha	5	2,59
Teguel	TG	01/04/2010 10/04/2011	Pomponal	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Dalcahue, Sector Teguel	42°20'43,8" S 73°38'17,5" W	5 ha	167	2,4
Pulpito	PL	03/02/2009 03/04/2010	Turbera	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Chonchi, Sector Pulpito	42°45'24,6" S 73°47'06,6" W	140 ha	110	11,5
Los Caulles	CA	02/04/2010 12/04/2011	Turbera	Biodiversidad Agua Turba	Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles	42°13'25,2" S 73°32'52,9" W	125 ha	153	11,3
Río Negro	RN	01/02/2009	Turbera	Biodiversidad Agua	Comuna de Ancud, Sector Cogomó	41°58'31,5" S 73°43'58,5" W	44 ha	15	14,22
Parque Nacional Chilóe	CU	04/04/2010	Tepual	Biodiversidad	Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chilóe	42°37'02,9" S 74°06'07,3" W		22	1,9

Tabla 1. Resumen localidades estudiadas.



Fig.7. Fotografías satelital (Altitud ojo 1,55 Km) y de paisaje de Senda Darwin.



Fig.8. Fotografías satelital (Altitud ojo 477 m) y de paisaje de Lecam.



Fig. 9 Fotografías satelital (Altitud ojo 869 m) y de paisaje de Pumanzano.



Fig. 10. Fotografías satelital (Altitud ojo 2,98 Km) y de paisaje de Río Chepu.



Fig.11. Fotografías satelital (Altitud ojo 551 m) y de paisaje de Teguel.



Fig. 12. Fotografías satelital (Altitud ojo 2,56 Km) y de paisaje de Púlpito.



Fig. 13. Fotografías satelital (Altitud ojo 2,10 Km) y de paisaje de Los Caulles.

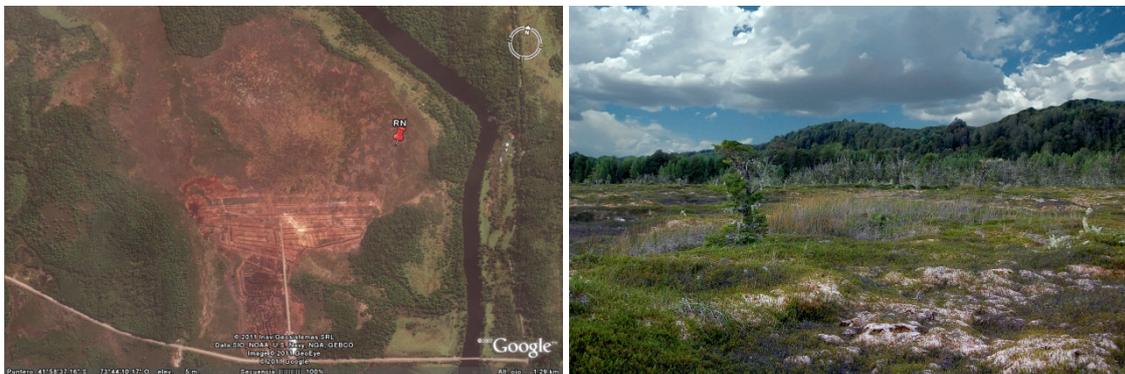


Fig. 14. Fotografías satelital (Altitud ojo 1,29 Km) y de paisaje de Río Negro.

iii) OBJETIVOS

Objetivo general

Este trabajo busca contribuir al conocimiento de las turberas esfagnosas de la Isla Grande de Chiloé-Chile a través de estudios florísticos y ecológicos, encaminados a poner en valor los servicios que prestan estos ecosistemas y realizar una propuesta de pago de dichos servicios, con el fin de conseguir incentivos económicos para la población local enfocados a impulsar la conservación y uso sostenible de las turberas.

Este trabajo tiene cuatro líneas temáticas en las que se enmarcan los objetivos específicos.

Línea temática 1: *Estudios sobre la diversidad brio-liquénica.*

- Catalogar exhaustivamente la flora briofítica y liquénica de turberas, pomponales y tepuales.
- Confeccionar claves de identificación para los briófitos presentes en las turberas, pomponales y tepuales.
- Cuantificar la diversidad brio-liquénica y realizar un estudio comparativo de la flora presente en turberas, pomponales y tepuales, encaminada a precisar las diferencias en composición y afinidad florística.
- Estudiar la relación de la composición florística de briófitos y líquenes, y los principales parámetros ambientales, con el fin de reconocer los factores clave que afectan la diversidad de estos grupos de criptógamas.

Línea temática 2: *Estudios de la acumulación de carbono y geoquímica.*

- Determinar tasas recientes de acumulación de carbono de turberas y pomponales, para evaluar su capacidad como reservorios de carbono.
- Caracterizar algunos de los elementos de la geoquímica de turberas y pomponales encaminado a comprender mejor los procesos históricos de estos ecosistemas.

Línea temática 3: *Educación ambiental en las turberas.*

- Plantear elementos base para abordar un programa de educación ambiental en las turberas de Chiloé.
- Elaborar actividades piloto para desarrollar en acciones de educación ambiental y ecoturismo.
- Confeccionar material informativo como una guía de reconocimiento de plantas y material de difusión para público general, para promover la conservación y uso sostenible de las turberas.

Línea temática 4: *Propuesta de pagos por servicios ecosistémicos.*

- Elaborar una propuesta para la implementación de un sistema de pago por servicios ecosistémicos en las turberas de Chiloé.

REFERENCIAS

- ARMESTO, J. J., VILLAGRÁN, C. & DONOSO, C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y Desarrollo* 10: 66-72.
- BLANCO, D. & DE LA BALZE, V. 2004. Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Wetlands Internacional, Buenos Aires, Argentina.
- CKPP. 2008. Questions & Answers: Facts about peatland degradation in Southeast Asia in a global perspective. Central Kalimantan Peatland Project (CKPP). Wetlands International Wageningen.
- CLYMO, R. S., TURUNEN, J. & TOLONEN, K. 1998. Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81 (2): 368-388.
- CONAF. 2009. Plan de Acción Provincial Chiloé - Plan de Gestión Territorial. Oficina Provincial Chiloé - Corporación Nacional Forestal.
- CONAF, CONAMA, BIRF, UACH, PUC & UCT. 1999. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales, Santiago, Chile. 88 pp.
- CHARMAN, D. 2002. Peatlands and environmental change. J. Wiley & Sons, London & New York. 301 pp.
- DI CASTRI, F. & HAJEK, E. R. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 128 pp.
- DÍAZ, M. 2008a. Experiencias de manejo de *Sphagnum* en Chile. Paper presented at the, Seminario Internacional Musgo *Sphagnum*, Puerto Montt, Chile.
- DÍAZ, M., LARRAÍN, J. & ZEGERS, G. 2005a. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. Fundación Senda Darwin. 38 pp.
- DÍAZ, M., ZEGERS, G. & LARRAÍN, J. 2005b. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. Fundación Senda Darwin. 32 pp.
- DÍAZ, M., LARRAÍN, J., ZEGERS, G. & TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 445-468.
- DÍAZ, M. F. 2008b. Guía práctica de terreno para realizar un manejo sustentable del pompón (*Sphagnum magellanicum*). Fundación Senda Darwin. http://www.sendadarwin.cl/espanol/wp-content/uploads/2009/12/guia_de_terreno_ponpon.pdf.
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- GERDOL, R., BONORA, A., GUALANDRI, R. & PANCALDI, S. 1996. CO₂ exchange, photosynthetic pigment composition, and cell ultrastructure of *Sphagnum* mosses during dehydration and subsequent rehydration. *Canadian Journal of Botany* 74: 726-734.
- HAUSER, A. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus respectivas de utilización. *Revista Geológica de Chile* 23 (2): 217-229.
- INE. 2008. Anuario estadístico Región de Los Lagos 2007. Unidad Técnica Regional, Dirección Regional INE Región de Los Lagos, Instituto Nacional de Estadísticas. 63 pp.
- ITURRASPE, R. & ROIG, C. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego - Argentina. 85-93. In: Coronato, A. & Roig, C. (ed.). Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego, Disertaciones y Conclusiones. Ushuaia, Argentina.
- JOOSTEN, H. & CLARKE, D. 2002. Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group & International Peat Society, Saarijarvi, Finland.

- JOOSTEN, H. & COUWENBERG, J. 2008. Peatlands and carbon. 99-117. *In*: Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silviu, M. & Stringer, L. (ed.). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- LARRAÍN, J. 2007a. Adiciones a la flora de musgos de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Gayana Botánica* 64: 7-23.
- LARRAÍN, J. 2007b. Musgos (Bryophyta) de la estación biológica Senda Darwin, Ancud, isla de Chiloé: lista de especies y claves para su identificación. *Chloris chilensis* 10 (1).
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J. C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. & LÓPEZ-SÁEZ, J. A. 2009. Turberas ácidas de esfagnos. 64 p. *In*: AA., V. (ed.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.
- MMA & CEA. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente - Centro de Ecología Aplicada. Santiago-Chile. 164 pp.
- PÉREZ, C. A., ARMESTO, J. J., TORREALBA, C. & CARMONA, M. R. 2003. Litterfall dynamics and nitrogen use efficiency in two evergreen temperate rainforests of southern Chile. *Austral Ecology* 28 (6): 591-600.
- PISANO, E. 1977. Fitogeografía de Fuego - Patagonia Chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. *Anales del Instituto de la Patagonia* 8: 121-250.
- PISANO, E. 1983. The Magellanic Tundra Complex. 295-329. *In*: Gore, A. (ed.). Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor. B. Regional Studies. Elsevier Sc. Publ. Co. Amsterdam, The Netherlands.
- PNUD. 2004. Las trayectorias del desarrollo humano en las comunas de Chile (1994-2003). *Temas de Desarrollo Humano Sustentable*, Publicación N°11. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Ministerio de Planificación, Gobierno de Chile. 150 pp.
- PORTER, S. C. 1981. Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research* 16: 263-292.
- RAMÍREZ, C. & SAN MARTÍN, C. 2008. Ecosistemas dulceacuícolas. 106-116. *In*: CONAMA (ed.). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Editores. Santiago de Chile.
- RAMÍREZ, C., MAC DONALD, R. & SAN MARTÍN, C. 1996. Uso forestal de los ecosistemas de «ñadi»: Riesgos ambientales de la transformación de suelos en la Región de Los Lagos. *Revista Ambiente y Desarrollo* 12 (1): 82 -88.
- RAMÍREZ, C., SAN MARTÍN, C. & RUBILAR, H. 2002. Una propuesta para la clasificación de humedales chilenos. *Revista Geográfica de Valparaíso* 32-33: 265-273.
- RAMÍREZ, E., MODREGO, F., MACÉ, J. C. & YÁÑEZ, R. 2009. Caracterización de los actores de Chiloé Central. Documento de Trabajo N° 55. Programa Dinámicas Territoriales Rurales. Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural Santiago, Chile.
- RAMSAR. 2004. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- ROIG, C. & ROIG, F. 2004. Consideraciones generales. 5-21 *In*: Blanco, D. & de la Balze, V. (ed.). Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina.
- RYDIN, H. & JEGLUM, J. K. 2006. *The Biology of Peatlands* Oxford University Press. 360 pp.
- SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C. & FIGUEROA, H. 1999. Análisis multivariable de la vegetación de un complejo de turberas en Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Lazaroa* 20: 95-106.
- SCHLATTER, R. & SCHLATTER, J. 2004. Los turbales de Chile. 75-80. *In*: Blanco, D. & Balze, V.d.l. (ed.). Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina.

- SCHOFIELD, W. B. 1985. Introduction to Bryology. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.
- SERNAGEOMIN & GORE-LOSLAGOS. 2008. Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de Los Lagos. Informe Final. Servicio Nacional de Geología y Minería - Gobierno Regional de Los Lagos, Santiago. 292 pp.
- SIPAM-CHILOÉ. 2011. Proyecto SIPAM Chiloé, Boletín N°1. http://www.chiloepatrimonioagricola.cl/docs/1308585022_boletin%20pdf.pdf.
- TOURTELLOT, J. 2007. A report card for the world's islands. . National Geographic Traveler 11/12: 110-127
- VILLAGRÁN, C. 1988. Expansion of Magellanic moorland during the Late Pleistocene. Palynological evidence from northern Isla de Chiloé, Chile. Quaternary Reserch 30: 304-314.
- VILLAGRÁN, C. 2002. Flora y vegetación del Parque Nacional Chiloé: Guía de Excursión Botánica por la Cordillera de Piuché. Corporación Nacional Forestal - Gobierno de Chile, Puerto Montt, Chile. 50 pp.
- VILLAGRÁN, C. & BARRERA, E. 2002. Musgos del Archipiélago de Chiloé, Chile. Corporación Nacional Forestal - Gobierno de Chile, Puerto Montt, Chile.
- VILLAGRÁN, C., BARRERA, E. & MEDINA, C. 2002. Las Hepáticas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Corporación Nacional Forestal - Gobierno de Chile, Puerto Montt, Chile.
- VILLAGRÁN, C., HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. & BARRERA, E. 2005. Hepáticas y Anthocerotes del Archipiélago de Chiloé. Corporación de Amigos del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile.
- VILLAGRÁN, C., BARRERA, E., CUVERTINO, J. & GARCÍA, N. 2003. Musgos de la Isla Grande de Chiloé, X Región, Chile: Lista de especies y rasgos fitogeográficos. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile 52: 17-44.
- WHEELER, B. D. & PROCTOR, M. C. F. 2000. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. Journal of Ecology 88 (2): 187-203.
- ZEGERS, G., LARRAÍN, J., DÍAZ, M. & ARMESTO, J. J. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de Sphagnum en la Isla Grande de Chiloé. Revista Ambiente y Desarrollo 22: 28-34.



CAPÍTULO I

DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA DE LAS
TURBERAS DE CHILOÉ

CAPÍTULO I DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA

1.1. FLORA BRIO-LÍQUENICA DE TURBERAS Y BOSQUES DE *TEPUALIA STIPULARIS* DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

1.1.1. INTRODUCCIÓN

Briófitos y líquenes juegan un rol clave en las turberas debido a que participan directamente en la formación de turba y en el mantenimiento de estos ecosistemas (Vitt & Belland, 1995). En algunos tipos de turberas musgos como *Sphagnum* cubren casi completamente la superficie (Gignac *et al.*, 1991).

Debido a la humedad y la baja cobertura de plantas vasculares, las turberas proveen condiciones favorables a musgos y hepáticas, y estos grupos contribuyen considerablemente a la diversidad de especies especialmente en regiones donde las turberas son comunes (Minayeva, 2008).

A nivel global, el rol de las turberas en la mantención de la biodiversidad líquénica no es clara. El número de especies de líquenes presentes es bajo en comparación con otros ecosistemas (*op. cit.*). Sin embargo estas conclusiones pueden estar fuertemente sesgadas por la falta de antecedentes que hay de este grupo en los ecosistemas turbosos.

Europa y Norteamérica cuentan con acabados inventarios florísticos en turberas (Malmer, 1962; Wheeler, 1993; Vitt & Belland, 1995), lo que les ha permitido entre otras cosas: establecer especies indicadoras de tipos de turberas, estudiar sus nichos ecológicos, evaluar relaciones con parámetros ambientales, etc. (Vitt *et al.*, 1975; Gignac & Vitt, 1990; Vitt *et al.*, 1990; Gignac *et al.*, 1991), situación que no ocurre en el hemisferio sur.

En Chile, las turberas son importantes ecosistemas desde el punto de vista ecológico y económico, y éstas están ampliamente distribuidas en las zonas sur y austral del país. Particularmente, en la Isla Grande de Chiloé, ubicada en la Patagonia insular, se pueden encontrar grandes extensiones de distintos tipos. Es posible hallar turberas que se originaron tras el retroceso de los glaciares y también otras áreas dominadas por *Sphagnum*, que corresponden a lugares anegados, colonizados por este musgo y que han sido llamados turberas antropogénicas o “Pomponales” (nombre local) (Zegers *et al.*, 2006). Estas últimas formaciones han sido originadas tras la quema o tala de bosques característicos de sitios con drenaje pobre como tepuales, y que por tratarse de formaciones jóvenes no presentan una capa profunda de turba.

Los tepuales son bosques de *Tepualia stipularis* (H. et A.) Griseb. (tepú) como único dominante o están mezclados con *Pilgerodendron uviferum* (D. Don.) Florin. (ciprés de las Guaitecas) y *Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst. (canelo). Estos bosquecillos se desarrollan en áreas pantanosas y anegadas (García & Ormazabal, 2008), pueden acumular materia orgánica (Veblen & Schlegel, 1982) y en teoría estos bosques son unos de los ecosistemas originarios de los pomponales, condición que los hace relevantes para la caracterización florística. Asimismo, hay estudios que señalan la flora de turberas y de tepuales como una sola, por lo que es notable evaluar sus diferencias y similitudes.

En el sur de Sudamérica son escasos los estudios que hayan estudiado la diversidad florística de turberas (San Martín *et al.*, 1999; Teneb & Dollenz, 2004; Teneb *et al.*, 2008; Kleinebecker *et al.*, 2010) y más escasos aún son los trabajos que traten a grupos como briófitos y líquenes (Díaz *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2008; Villagra *et al.*, 2009).

Es por ello que este estudio busca contribuir al conocimiento de la diversidad de la flora brio-liquénica con dos objetivos centrales: a) inventariar florísticamente las especies de musgos, hepáticas y líquenes presentes en turberas, pomponales y tepuales de la Isla Grande de Chiloé y b) estudiar los principales rasgos ecológicos y biogeográficos de esta flora, evaluando hábitats, microhábitats y patrones de distribución geográfica de las especies, con el fin último de establecer un conocimiento básico esencial para comprender las relaciones ecológicas entre la vegetación y el ambiente.

1.1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio y muestreo

Para realizar este trabajo se seleccionaron diez localidades distribuidas en las zonas norte y centro de la Isla Grande de Chiloé (Fig. 6), tres de estas localidades corresponden a turberas de origen glacial: Río Negro (RN), Los Caulles (CA) y Púlpito (PL); cinco son turberas de origen antrópico: Senda Darwin (SD), Lecam (LC), Pumanzano (PM), Río Chepu (CH) y Teguel (TG), y las dos restantes pertenecen a tepuales: Parque Nacional Chiloé (CU) y otra área de Senda Darwin (SDB).

Se realizó una minuciosa recolección, con el fin de herborizar el mayor número de especies de briófitos y líquenes de las zonas seleccionadas para el estudio. Cada muestra fue individualizada con el número de recolección, la localidad y el microhábitat. Posteriormente el material fue secado, desinfectado y enviado al Departamento de Biología Vegetal I de la UCM, donde fue identificado.

Análisis de laboratorio

Las especies fueron determinadas por sus características morfológicas y en el caso de los líquenes se realizaron caracterizaciones químicas empleando cromatografía de capa fina (TLC) según el protocolo descrito por White & James (1985). Las determinaciones se realizaron con la ayuda de monografías y claves citadas en la tabla 1.1.1. La nomenclatura siguió a Müller (2009), para los musgos excepto para *Racomitrium geronticum* (Larraín, 2011), para hepáticas se siguió a Hässel de Menéndez & Rubies (2009) y para líquenes a Feuerer (2012). El catálogo se presenta ordenado taxonómicamente por familias según los criterios de Goffinet *et al.* (2008) y Goffinet *et al.* (2011) para musgos, salvo para la especie *Rhaphidorrhynchium callidum*, que sigue a Tropicos (2012). Para hepáticas se siguió la clasificación propuesta por Crandall-Stotler *et al.* (2009) y Stotler & Crandall-Stotler (2011). Para líquenes se empleó la clasificación sugerida por Index Fungorum (2012).

TAXONES	REFERENCIAS
MUSGOS	
<i>Acrocladium auriculatum</i>	(Ochyra & Matteri, 2001)
<i>Breutelia</i>	(Matteri, 1973b; 1985)
<i>Bryum</i>	(Ochi, 1982; Larraín, 2007)
<i>Calliergonella cuspidata</i>	(Ochyra & Matteri, 2001)
<i>Campylopus</i>	(Bartlett & Frahm, 1983; Frahm, 1988; Beever <i>et al.</i> , 1992; Frahm, 1994; 2005; Larraín, 2007)
<i>Chorisodontium aciphyllum</i>	(Bartlett & Frahm, 1983; Hyvönen, 1991)
<i>Conostomum pentastichum</i>	(Matteri, 1985)
<i>Daltonia gracilis</i>	(Robinson, 1975; Matteri, 1975 [1976]; Larraín, 2007)
<i>Dendrohypopterygium arbuscula</i>	(Matteri, 1973a; Matteri, 1975)
<i>Dicranella circinata</i>	(Larraín, 2007; Larraín <i>et al.</i> , 2010)
<i>Dicranoloma</i>	(Robinson, 1975; Beever <i>et al.</i> , 1992)
<i>Distichophyllum dicksonii</i>	(Matteri, 1975; Matteri, 1975 [1976])
<i>Eucamptodon perichaetialis</i>	(Robinson, 1975; Larraín, 2007)
<i>Hypnum</i>	(Ando, 1982; Ando & Matteri, 1982; Ando, 1992)
<i>Hypopterygium didictyon</i>	(Matteri, 1973a; Matteri, 1975)
<i>Kindbergia praelonga</i>	(Smith, 2004; Larraín, 2007; Atherton <i>et al.</i> , 2010)
<i>Leptobryum pyriforme</i>	(Smith, 2004; Ochyra <i>et al.</i> , 2008; Porley, 2008)
<i>Leptodontium longicaule</i>	(Zander, 1972)
<i>Lepyrodon patagonicus</i>	(Allen, 1999)
<i>Pohlia nutans</i>	(Shaw, 1983; Suárez, 2008)
<i>Polytrichastrum longisetum</i>	(Schiaivone, 1993; Brugués <i>et al.</i> , 2007a)
<i>Ptychomniella ptychocarpon</i>	(Hattaway, 1984; Larraín, 2007)
<i>Ptychomnion</i>	(Robinson, 1970; Hattaway, 1984; Larraín, 2007)
<i>Pyrrhobryum mnioides</i>	(Matteri & Piñeiro, 1987 [1989]; Larraín, 2007)
<i>Racomitrium geronticum</i>	(Larraín, 2011)
<i>Rhaphidorrhynchium callidum</i>	(Larraín, 2007)
<i>Rigodium</i>	(Zomlefer, 1993; Larraín, 2007)
<i>Sanionia uncinata</i>	(Ochyra & Matteri, 2001; Fuertes <i>et al.</i> , 2004)
<i>Sphagnum</i>	(Beever <i>et al.</i> , 1992; Seppelt, 2000; 2006b; Brugués <i>et al.</i> , 2007b; Anderson <i>et al.</i> , 2009)
<i>Tayloria stenophysata</i>	(Larraín, 2007)
<i>Tetraplodon mnioides</i>	(Allen, 2002; Larraín, 2007)
<i>Thuidiopsis furfurosa</i>	(Touw, 2001; Larraín, 2007)
<i>Ulota cf. rufula</i>	(Robinson, 1975; Larraín, 2007)
<i>Zygodon</i>	(Calabrese, 2006)
HEPÁTICAS	
<i>Acromastigum anisostomum</i>	(Fulford, 1966; Schuster, 2000)
<i>Anastrophyllum schismoides</i>	(Engel, 1978; Schuster, 2002; Engel & Glenny, 2008)
<i>Balantiopsis</i>	(Hässel de Menéndez & Solari, 1976) (Engel, 1978)
<i>Bazzania</i>	(Fulford, 1963; Engel, 1978)
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	(Engel, 1978; Schuster, 2000)
<i>Cephalozia skottsbergii</i>	(Villagrán <i>et al.</i> , 2005)
<i>Cheilolejeunea cf. obtruncata</i>	(Engel, 1978; Villagrán <i>et al.</i> , 2005)
<i>Chiloscyphus</i>	(Fulford, 1976; Engel, 1978; Engel, 1980; Hässel de Menéndez, 1995a; b; 1996; 1999; 2001b; Gradstein & Pinheiro da Costa, 2003)
<i>Cryptochila grandiflora</i>	(Engel, 1978; Schuster, 2002; Engel & Glenny, 2008)
<i>Frullania cf. boveana</i>	(Engel, 1978)
<i>Gackstroemia</i>	(Grolle, 1967; Engel, 1978)
<i>Herbertus runcinatus</i>	(Fulford, 1963; Hässel de Menéndez & Solari, 1976; Engel, 1978; Schuster, 2000)
<i>Hyalolepidozia bicuspidata</i>	(Schuster, 2000)
<i>Isotachis madida</i>	(Hässel de Menéndez & Solari, 1976)
<i>Jamesoniella colorata</i>	(Schuster, 2002; Engel & Glenny, 2008)
<i>Kurzia</i>	(Fulford, 1966; Engel, 1978; Schuster, 2000)
<i>Leiomitra elegans</i>	(Fulford, 1963)
<i>Lepicolea</i>	(Fulford, 1963; Hässel de Menéndez & Solari, 1976)
<i>Lepidogyna</i>	(Engel, 1978)
<i>Lepidozia</i>	(Fulford, 1966; Engel, 1978)
<i>Leptoscyphus huidobroanus</i>	(Hässel de Menéndez, 2001a)
<i>Nothostrepta bifida</i>	(Engel, 1978; Schuster, 2002)

TAXONES (continuación)	REFERENCIAS
<i>Plagiochila</i>	(Inoue, 1972; Hässel de Menéndez, 2004a; b; 2008a; b; 2009)
<i>Porella</i>	(Swails, 1970; So, 2005)
<i>Radula</i>	(Solari, 1978)
<i>Riccardia</i>	(Hässel de Menéndez, 1972)
<i>Saccogynidium australe</i>	(Engel, 1978; Villagrán <i>et al.</i> , 2005; Engel & Glenny, 2008)
<i>Schistochila</i>	(Hässel de Menéndez & Solari, 1976)
<i>Telaranea</i>	(Fulford, 1966; Engel, 1978; Schuster, 2000)
LÍQUENES	
<i>Bunodophoron patagonicum</i>	(Wedin, 2001)
<i>Cladia aggregata</i>	(Stenroos <i>et al.</i> , 1992; Stenroos, 1995; 2002)
<i>Cladonia</i>	(Stenroos & Ahti, 1990; Stenroos <i>et al.</i> , 1992; Stenroos, 1995; 2002; Burgaz & Raggio, 2007)
<i>Hypogymnia subphysodes</i>	(Elvebakk, 2011)
<i>Parmotrema reticulatum</i>	(Aragón <i>et al.</i> , 2001)
<i>Peltigera</i>	(Aragón <i>et al.</i> , 2001; Burgaz & Martínez, 2003)
<i>Pseudocyphellaria</i>	(Galloway, 1992; Galloway <i>et al.</i> , 1994)
<i>Sticta</i>	(Galloway, 1994; Galloway <i>et al.</i> , 1994)

Tabla 1.1.1. Referencias utilizadas para la identificación de los especímenes.

Con el fin de recabar la mayor cantidad de información posible, se consultaron colecciones provenientes de los herbarios CONC y SGO, del material revisado sólo se consideraron aquellos ejemplares en los que se detallaba claramente la localidad y el microhábitat.

El material recolectado fue depositado en el herbario MACB de la Fac. Cs. Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid con duplicados en los herbarios CONC del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción, Chile; SGO del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile y MA del Real Jardín Botánico de Madrid.

Para establecer los patrones de distribución global de cada una de las especies se realizó una ligera adaptación a los patrones propuestos por Villagrán *et al.* (2005) y Seki (1974). A continuación se proveen los rangos de cada una de las distribuciones: Austral-antártica (A), comprende el sur de Sudamérica, Tasmania, sur de Australia y Nueva Zelanda, es equivalente al patrón tipo-*Nothofagus* de Seki (1974); Americana (AM), restringido al continente americano; Bipolar (B): especies que están ampliamente distribuidas en la región circumboreal y disyuntas con el sur de Sudamérica y la Antártica; Circumsubantártica (C): abarca el territorio austral-antártico continental e insular entre las latitudes 40° y 55° S; Cosmopolita (COS): las especies están ampliamente distribuidas en el mundo; Endémico (E): comprende los territorios del sur de Chile y Argentina, principalmente restringido a los bosques templado-lluviosos del cono sur, incluye Tierra del fuego, Islas Malvinas, Islas Georgia del Sur y la península Antártica; Africana (F): comprende Sudamérica y África; Neotropical (N): las especies con este patrón muestran disyunciones con distantes territorios de América tropical, como los Andes orientales de Perú y Bolivia, sur de Brasil y Andes del Norte; Pantropical (PAN): abarca las áreas templadas y tropicales del planeta como Sudamérica, sur de África, Australia, Nueva Zelanda, Australasia e Indomalasia.

Los patrones de distribución dentro de Chile siguieron los establecidos por Villagrán *et al.* (2005) con modificaciones. Los patrones utilizados fueron: Xeromórfico (X), desde el límite norte hasta la región interfluvial Choapa-Petorca (33° - 33°); Mediterránea (M), se extiende desde las regiones interfluviales Choapa-Petorca hasta el río Biobío (33° - 37°); Valdiviana (V), desde Biobío a Chiloé (37° -43°S). Nordpatagónica (N): a partir de Chiloé hasta Aysén (43° -46°S); Subantártica (S), desde Aysén hasta Tierra del Fuego (46° -52°S). Adicionalmente se han indicado las disyunciones con Chile Central (ChC), Isla de Pascua (IP), Archipiélago Juan Fernández (JF), Bosques de Fray Jorge y Talinay (R) y Magallanes (Ma) y aquellas especies cuya presencia en Chiloé es el límite norte de su distribución (LN).

1.1.3. RESULTADOS

En total se han identificado 131 especies de las cuales fueron 52 musgos, 52 hepáticas y 27 líquenes (Tabla 1.1.2). El tipo de hábitat con mayor reporte de especies fue el pomponal, con 75 especies, en segundo lugar las turberas, con 70 especies, y finalmente los tepuales con 59 especies. En las turberas las hepáticas y musgos tuvieron ocurrencia similar, en los pomponales los musgos fueron ligeramente superiores y en el caso de los tepuales las hepáticas mostraron una clara dominancia (Fig. 1.1.1).

Al estudiar los patrones de distribución global de las especies, se observa que la mayoría de los taxones son endémicos (48%), restringidos principalmente a ecosistemas templado-lluviosos del sur de Sudamérica. En segundo lugar están las especies de distribución bipolar, seguidas posteriormente por las especies austral-antárticas y las cosmopolitas. Las especies restantes se distribuyen en otras zonas templadas frías y en franjas tropicales del planeta (Fig.1.1.2). Si se realiza un análisis detallado por grupo botánico y tipo de hábitat la dominancia de especies endémicas del sur de Sudamérica se repite.

Del análisis de los patrones de distribución en Chile del total de especies estudiadas, se desprende que la mayoría de los taxones tienen una distribución Valdiviana-Nordpatagónica-Subantártica. Lo que respecta al análisis por cada uno de los grupos botánicos se ve claramente la misma tendencia, pero con distintos grados de dominancia. En las hepáticas es donde más pronunciado es el patrón VNS, aquí también se ve que las especies presentes en las turberas y tepuales de Chiloé no muestran patrones xeromórficos ni mediterráneos, a diferencia de los líquenes, donde sí se han documentado taxones con estos últimos rangos. Los musgos en cambio tienen patrones de distribución más amplios, el 13% de sus especies están ampliamente distribuidas en Chile.

Otro punto a destacar es que 7 de las especies estudiadas poseen como límite de distribución septentrional la Isla Grande de Chiloé.

En cada uno de los tipos de hábitats se registraron distintas especies dominantes, la tabla 1.1.3 resume estos resultados. Una gran proporción de especies fueron infrecuentes. Sesenta y nueve taxones fueron encontrados únicamente en un tipo de hábitat, no obstante, se registraron especies comunes entre pares de hábitat y 16 de ellas fueron comunes para los tres tipos. Aún cuando el tipo de hábitat con mayor número de especies fue el pomponal, en los tepuales se halló una cantidad superior de especies exclusivas (Fig. 1.1.4.).

ESPECIES	DG	DCH	H	MH
MUSGOS				
Sphagnaceae				
<i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	COS	V	PO	ST
<i>Sphagnum centrale</i> C.E.O. Jensen	B	V	PO	ST
<i>Sphagnum falcatulum</i> Besch.	A	VNS	TU-PO-TE	STA, PS, SB
<i>Sphagnum fimbriatum</i> Wilson	B	VNS	TU-PO-TE	STS, SB
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	COS	VNS	TU-PO-TE	STA, SB
<i>Sphagnum</i> cf. <i>subsecundum</i>	B	V	PO	STA
Polytrichaceae				
<i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G.L. Sm.	B	VNS	TU-PO	STA
Grimmiaceae				
<i>Racomitrium geronticum</i> Müll. Hal.	B	VNS - JF	TU	STS
Dicranaceae				
<i>Campylopus aureonitens</i> subsp. <i>recurvifolius</i> (Dusén) J.-P. Frahm	E	MV	TU	PP
<i>Campylopus acuminatus</i> Mitt.	A	VNS	TU-PO	STS, PS
<i>Campylopus incrassatus</i> Müll. Hal.	A	MVNS	PO	STS
<i>Campylopus clavatus</i> (R. Br.) Wilson	C	MVNS - JF, IP	TE	SB
<i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid.	COS	XMVNS - JF	TU-PO	STS
<i>Campylopus pyriformis</i> (Schultz) Brid.	B	XMVNS - JF	TU-PO	STS
<i>Chorisodontium aciphyllum</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	A	VNS-JF	TU	ST
<i>Dicranella circinata</i> Herzog	E	V	TU-PO	STA
<i>Dicranoloma billardierei</i> (Brid. ex Anon.) Paris	PAN	MVNS-JF	TU-PO-TE	STS
<i>Dicranoloma imponens</i> (Mont.) Renaud	A	VNS	TU-PO	STS
<i>Dicranoloma robustum</i> (Hook. f. & Wilson) Paris	A	VNS	TU-PO	Co
<i>Eucamptodon perichaetialis</i> (Mont.) Mont.	E	MVNS-JF	TU-PO	Co
Pottiaceae				
<i>Leptodontium longicaule</i> var. <i>microruncinatum</i> (Dusén) R.H.Zander	AM	MVNS-JF	PO	STS
Splachnaceae				
<i>Tayloria stenophysata</i> (Herzog) A.K. Kop.	E	VNS	TU	STF
<i>Tetraplodon mnioides</i> (Sw. ex Hedw.) Bruch & Schimp.	B	VNS	TU	STF
Meesiaceae				
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	COS	XMVNS	TU	STFo
Bryaceae				
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.	B	VNS-ChC	TU	STFo
Mniaceae				
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	B	VNS	PO	STS
<i>Pohlia</i> sp. 1	E	V	PO	STS
Bartramiaceae				
<i>Breutelia dumosa</i> Mitt.	E	VNS	TU-PO	STA
<i>Breutelia subplicata</i> Broth.	E	MVNS	TU-PO-TE	STH
<i>Conostomum pentastichum</i> (Brid.) Lindb.	C	VNS	PO	STS
Orthotrichaceae				
<i>Ulotia</i> cf. <i>rufula</i> (Mitt.) A. Jaeger	E	VN-JF	TU	Co
<i>Zygodon hookeri</i> var. <i>leptobolax</i> (Müll. Hal.) Calabrese	E	MVNS	TU	Co
<i>Zygodon pentastichus</i> (Mont.) Müll. Hal.	E	MVNS-JF	TU	Co
Rhizogoniaceae				
<i>Pyrrhobryum mnioides</i> (Hook.) Manuel	B	MVNS-JF	TE	SB
Ptychomniaceae				
<i>Ptychomniella ptychocarpon</i> (Schwägr.) W.R. Buck <i>et al.</i>	E	MVNS - JF	TU-TE	SB
<i>Ptychomnion cygnisetum</i> (Müll. Hal.) Kindb.	E	XMEVNS - JF	TU-PO-TE	STS, SB
<i>Ptychomnion densifolium</i> (Brid.) A. Jaeger	C	VNS	TU-PO	STS
Hypopterygiaceae				
<i>Dendrohypopterygium arbuscula</i> (Brid.) Kruijer	E	MVNS - JF	TE	SB
<i>Hypopterygium didictyon</i> Müll. Hal.	PAN	MVNS	TE	SB
Daltoniaceae				
<i>Daltonia gracilis</i> Mitt.	N	VNS - JF	PO	Co
<i>Distichophyllum dicksonii</i> (Hook. & Grev.) Mitt.	E	VNS	TE	Co

ESPECIES (continuación)	DG	DCH	H	MH
Amblystegiaceae				
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	B	VNS	PO	STA
Thuidiaceae				
<i>Thuidiopsis furfurosa</i> (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch.	PAN	VNS- JF	PO	STS
Brachytheciaceae				
<i>Kindbergia praelonga</i> (Hedw.) Ochyra	B	MVNS	PO	STA
Hypnaceae				
<i>Hypnum chrysogaster</i> Müll. Hal.	C	VNS- JF	TU-PO	Co
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>mossmanianum</i> (Müll. Hal.) Ando	C	VNS	TU-TE	ST, SB
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	COS	V	PO	STA
Sematophyllaceae				
<i>Rhaphidorrhynchium callidum</i> (Mont.) Broth.	E	XMVNS	PO-TE	Co
Lepyrodontaceae				
<i>Lepyrodon patagonicus</i> (Cardot & Broth.) B.H. Allen	E	MVNS	TU	Co
Lembophyllaceae				
<i>Rigodium pseudothuidium</i> Dusén	E	XMVNS- JF	PO-TE	STS, SB
<i>Rigodium brachypodium</i> (Müll. Hal.) Paris	E	XMVNS- JF	TE	SB
<i>Acrocladium auriculatum</i> (Mont.) Mitt.	C	VNS	TE	SB
HEPÁTICAS				
Aneuraceae				
<i>Riccardia alpicornis</i> (Hook. f. & Tayl.) Trevis.	E	VNS	PO	STA
<i>Riccardia amnicola</i> Hässel	E	VNS- Ma	PO	STA
<i>Riccardia floribunda</i> (Stephani) A. Evans	E	VNS	TU-PO-TE	STA
<i>Riccardia hyalitricha</i> Hässel	E	VNS	TE	SB, CB
<i>Riccardia prehensilis</i> (Hook. & Tayl.) C. Massal.	E	VNS	TU-PO-TE	Co, SB, CB, BA
<i>Riccardia rivularis</i> Hässel	E	VNS-LN	TU-PO-TE	Co, SB, CB
<i>Riccardia spinulifera</i> A. Massal.	E	VNS	TE	SB, CB
Porellaceae				
<i>Porella subsquarrosa</i> (Nees & Mont.) Trevis.	E	VNS- ChC, JF	TU-PO	Co
Lepidolaenaceae				
<i>Gackstroemia magellanica</i> (Lam.) Trevis.	E	VNS- ChC, JF	TU	SB, CB
<i>Lepidogyna menziesii</i> (Hook.) R.M. Schust.	E	VNS- JF	TU-TE	SB, CB
Radulaceae				
<i>Radula decora</i> Gottsche ex Stephani	N	VNS- R, JF	TE	Co
Frullaniaceae				
<i>Frullania</i> cf. <i>boveana</i> C. Massal.	E	VNS	TU-PO-TE	Co
Lejeuneaceae				
<i>Cheilolejeunea</i> cf. <i>obtruncata</i> (Mont.) Solari	E	VNS	PO-TE	SB, CB
Schistochilaceae				
<i>Schistochila lamellata</i> (Hook.) Dumort.	E	VNS- ChC, JF	TE	SB, CB
Trichocoleaceae				
<i>Leiomitra elegans</i> (Lehm.) Hässel de Menéndez	E	VNS- JF	TU-PO	SB, CB
Herbertaceae				
<i>Herbertus runcinatus</i> (Taylor) Kuhnem.	E	VNS- ChC, JF	TU-TE	Co, SB, CB
Lepicoleaceae				
<i>Lepicolea ochroleuca</i> (L. f. ex Spreng.) Spruce	F	VNS- ChC, JF	TU-PO-TE	STA, Co
Lepidoziaceae				
<i>Bazzania peruviana</i> (Nees) Trevis.	N	VNS- JF	TU-PO-TE	Co, SB, CB, BA
<i>Hyalolepidozia bicuspidata</i> (C. Massal.) S.W. Arnell ex Grolle	F	VNS- R, JF	TU-PO	EP
<i>Kurzia setiformis</i> (De Not.) J.J. Engel & R.M. Schust.	A	VNS- ChC	TU-PO	EP
<i>Lepidozia chiloensis</i> Stephani	A	VNS- LN	TU	PP
<i>Lepidozia chordulifera</i> Taylor	E	VNS- ChC, JF	TU-PO-TE	BA, CB, Co
<i>Lepidozia fuegiensis</i> Stephani	E	VNS- R	TE	SB, CB
<i>Lepidozia laevifolia</i> (Hook. f. & Taylor) Gottsche, Lindenb. & Nees	A	VNS- R, JF	TU-PO	ST
<i>Telaranea blepharostoma</i> (Stephani) Fulford	E	VNS- ChC, JF	PO-TE	ST, EP
<i>Telaranea plumulosa</i> (Lehm. & Lindenb.) Fulford	E	VNS- JF	PO-TE	EP
<i>Acromastigum anisostomum</i> (Lehm. & Lindenb.) A. Evans	A	VNS	TU	ST

ESPECIES (continuación)	DG	DCH	H	MH
Lophocoleaceae				
<i>Chiloscyphus attenuatus</i> (Stephani) J.J. Engel & R.M. Schust.	E	VNS-JF	TE	SB, CP
<i>Chiloscyphus breutelii</i> (Gott.) Engel & Schust.	N	V	TE	SB, CP
<i>Chiloscyphus horizontalis</i> (Hook.) Nees	E	VNS	TE	SB, CP
<i>Chiloscyphus humilis</i> (Hook. f. & Taylor) Hässel de Menéndez	C	VNS-JF	TU	PP, BA
<i>Chiloscyphus magellanicus</i> Stephani	E	VNS-JF	TU-TE	SB, BA, CB
<i>Chiloscyphus striatellus</i> C. Massal.	E	VNS	TU-TE	SB, CP
<i>Chiloscyphus subviridis</i> (Hook. f. & Taylor) J.J. Engel & R.M. Schust.	E	VNS-ChC, JF	TU	SB, CP
<i>Leptoscyphus huidobroanus</i> (Mont.) Gottsche	E	VNS	TU-PO-TE	SB, CP
Plagiochilaceae				
<i>Plagiochila chonotica</i> Tayl.	E	VNS	TE	SB, CP
<i>Plagiochila hookeriana</i> Lindenb.	E	VNS-JF	TE	SB, CP
<i>Plagiochila lechleri</i> Gottsche	E	VNS-Ma	PO	SB, CP
<i>Plagiochila lophocoleoides</i> Mont.	E	VNS	TE	SB, CP
<i>Plagiochila rubescens</i> (Lehm. & Lindenb.) Lindenb.	E	VN- ChC, JF	TE	SB, CP
<i>Plagiochila stictaecola</i> Mont.& Gottsche	E	VNS	TU	BA
<i>Plagiochila subpectinata</i> Besch. & C. Massal.	E	VNS-R	PO-TE	SB, CP
Jamesoniellaceae				
<i>Cryptochila grandiflora</i> (Lindenb. & Gottsche) Grolle	PAN	VNS-JF	TU	ST
<i>Jamesoniella colorata</i> (Lehm.) Stephani	C	VNS- ChC, JF	TU-PO-TE	STS, Co, CB
<i>Nothostrepta bifida</i> (Stephani) R.M. Schust.	E	VNS- JF	PO	CB
Cephaloziaceae				
<i>Cephalozia skottsbergii</i> Steph.	E	VNS-Ma-LN	TU-PO	ST, EP
Scapaniaceae				
<i>Anastrophyllum schismoides</i> (Mont.) Stephani	A	VNS	TU	STH
Balantiopsidaceae				
<i>Balantiopsis asymmetrica</i> (Herzog) J.J. Engel	E	VNS-JF	PO-TE	CB, BA
<i>Balantiopsis cancellata</i> (Nees) Stephani	E	VNS-ChC, JF	TU-PO	BA, CB
<i>Isotachis madida</i> (Hook. f. & Taylor) Mitt.	E	VNS- ChC	PO	STS
Calyptogeiaceae				
<i>Calyptogea sphagnicola</i> (Arnell & J. Perss.) Warnst. & Loeske	B	VNS-Ma-LN	TU-PO	ST, EP
Geocalycaceae				
<i>Saccogynidium australe</i> (Mitt.) Grolle	A	VNS-JF	PO	ST, EP
LÍQUENES				
Cladoniaceae				
<i>Cladia aggregata</i> (Sw.) Nyl.	PAN	VNS-JF	TU-PO	STH, BA
<i>Cladonia subsubulata</i> Nyl. - Räsänen	B	VNS-JF-LN	PO	STH
<i>Cladonia arbuscula</i> subsp. <i>squarrosa</i> (Wallr.) Ruoss	B	VNS	TU-PO	ST
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	B	VNS-Ma-LN	TU	ST
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	COS	VNS-JF	TE	Co
<i>Cladonia bellidiflora</i> (Ach.) Schaer.	B	VNS-LN	TU-PO	ST
<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i> (Wulfen) Vain	B	VNS-JF	PO-TE	ST
<i>Cladonia lepidophora</i> Ahti & Kashiw.	E	VNS-JF	TU-PO	ST
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm.	COS	VNS-JF	PO-TE	Co
<i>Cladonia mitis</i> Sandst.	B	VNS	TU-PO	ST
<i>Cladonia pycnoclada</i> (Pers.) Nyl.	E	MVNS-JF	TU-PO	ST
<i>Cladonia scabriuscula</i> (Delise) Leight.	COS	VNS-JF	PO	ST
<i>Cladonia squamosa</i> (Scop.) Hoffm.	COS	VNS-JF	TU-PO-TE	ST
Lobariaceae				
<i>Pseudocyphellaria berberina</i> (G. Forst.) D.J. Galloway & P. James	E	VNS-JF-R	TU-TE	Co
<i>Pseudocyphellaria divulsa</i> (Taylor) Imshaug	E	VNS	PO	Co
<i>Pseudocyphellaria crocata</i> (L.) Vain.	COS	MVNS-JF, R	TE	Co
<i>Pseudocyphellaria faveolata</i> (Delise) Malme	A	VNS	TE	Co
<i>Pseudocyphellaria flavicans</i> (Hook. f. & Taylor) Vain.	E	VNS-JF	TU-TE	Co
<i>Pseudocyphellaria valdiviana</i> (Nyl.) Follmann	E	VSN	TE	Co
<i>Sticta caulescens</i> De Not	E	VSN	TE	Co
<i>Sticta hypochra</i> Vain.	E	VSN	TE	Co

ESPECIES (continuación)	DG	DCH	H	MH
Parmeliaceae				
<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson	A	MVNS	TU-PO	Co
<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	COS	XMVNS-JF, R, IP	PO	Co
Peltigeraceae				
<i>Peltigera didactyla</i> (With.) J. R. Laundon	COS	VNS	PO	STS
<i>Peltigera polydactylon</i> (Neck.) Hoffm.	COS	VNS-R	PO	STS
Sphaerophoraceae				
<i>Bunodophoron patagonicum</i> (C.W. Dodge) Wedin	A	VNS	TE	Co

Tabla 1.1.2. Especies de briófitos y líquenes presentes en turberas y bosques pantanosos de Chiloé. **DG:** patrón de distribución global (A: austral-antártica, AM: americana, B: bipolar, C: circumsubantártica, COS: cosmopolita, E: endémico, F: africana, N: neotropical, PAN: pantropical). **DCH:** patrón de distribución en Chile (ChC: disyunción con Chile Central, IP: disyunción con Isla de Pascua, JF: disyunción con Archipiélago Juan Fernández, M: mediterránea, Ma: disyunción con Magallanes, N: nordpatagónica, LN: límite norte, R: disyunción con Bosques de Fray Jorge, S: subantártica, V: valdiviana, X: xeromórfico). **H:** hábitat (PO: pomponales, TE: tepuales, TU: turberas). **MH:** micro-hábitat (BA: base arboles, CB: carpeta briofítica, Co: cortícola, EP: epifila, PP: en pozas semisumergido, PS: en pozas totalmente sumergido, SB: suelo bosque, ST: suelo de turbera, STA: suelo de turbera anegado, STF: suelo de turberas sobre fecas, STFo: suelo turberas sobre fogata, STH: suelo turbera húmedo, STS: suelo de turbera seco).

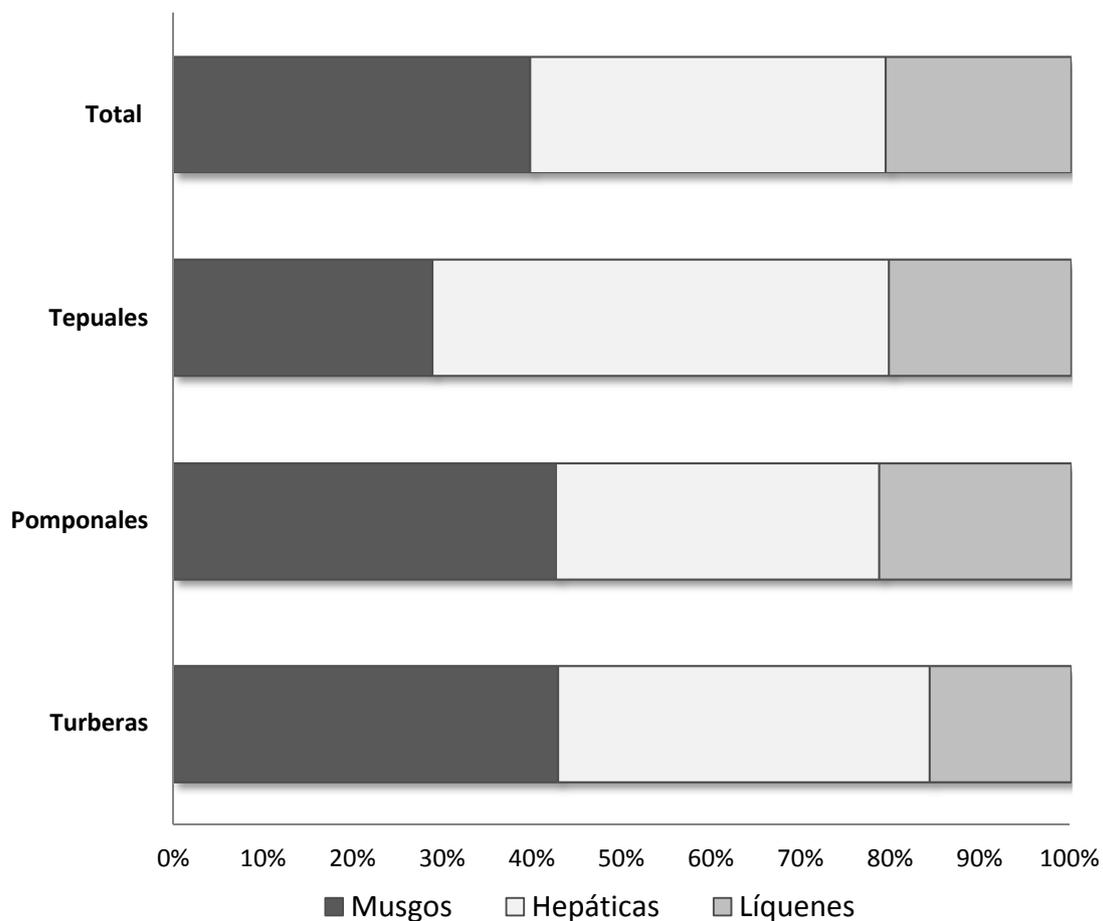


Fig.1.1.1. Porcentajes de especies de musgos, hepáticas y líquenes en el total y en cada uno de los tipos de hábitats.

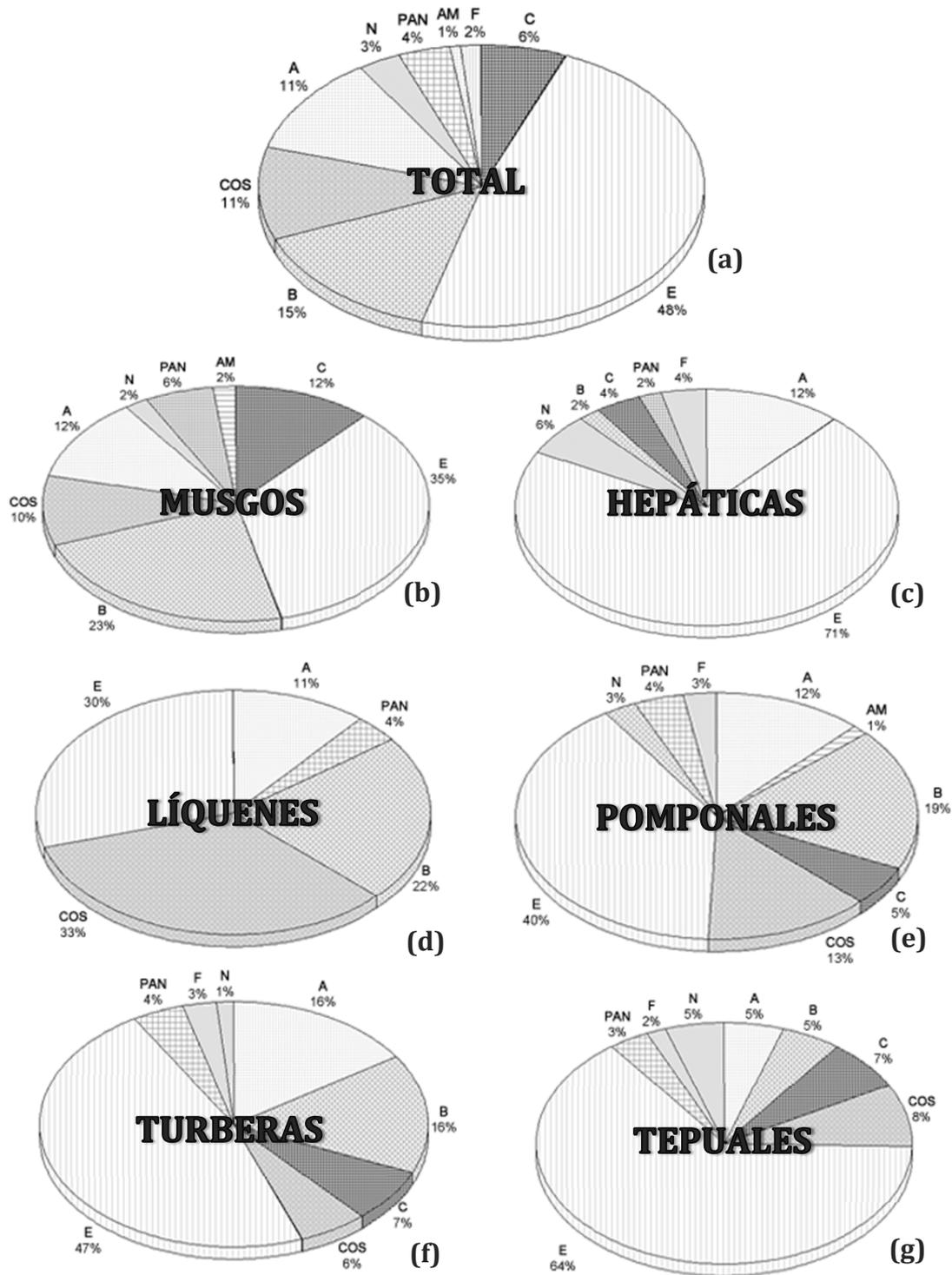


Fig.1.1.2. Patrones de distribución global a) total de las especies b) especies de musgos, c) especies de hepáticas, d) especies de líquenes, e) especies en pomponales, f) especies en turberas, g) especies en tepuales. A: austral-antártica, AM: americana, B: bipolar, C: circumsubantártica, COS: cosmopolita, E: endémico, F: africana, N: neotropical, PAN: pantropical.

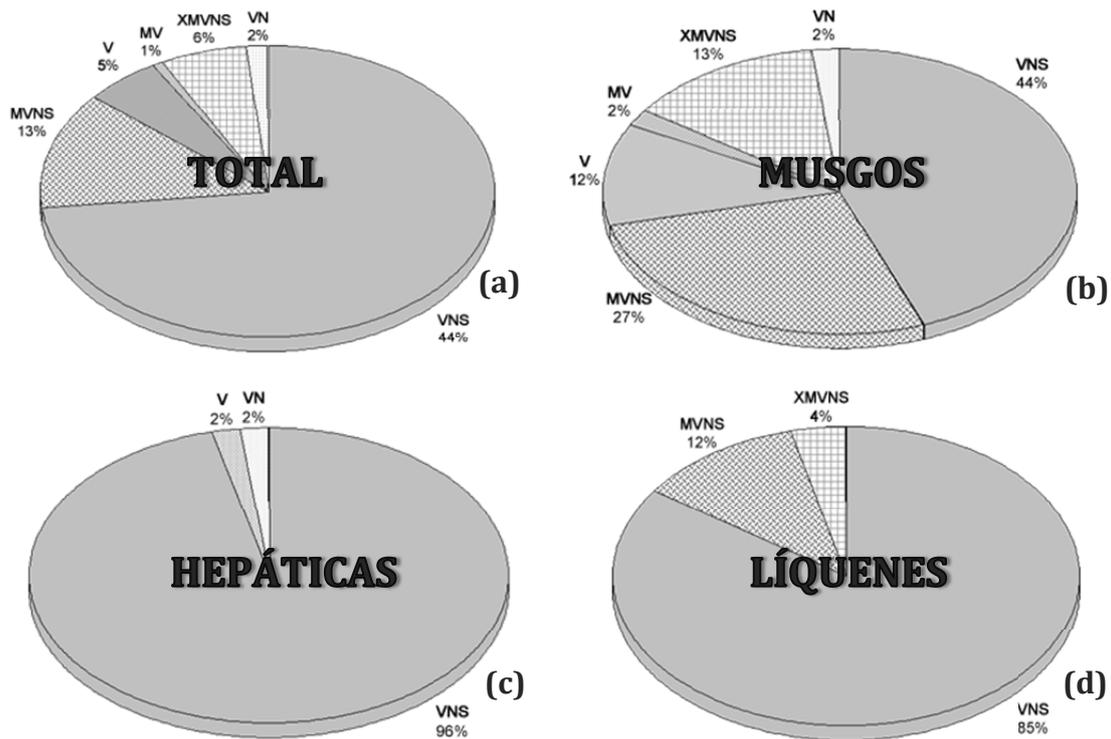


Fig.1.1.3. Patrones de distribución en Chile a) total de las especies, b) especies de musgos, c) especies de hepáticas, d) especies de líquenes. M: mediterránea, N: nordpatagónica, S: subantártica, V: valdiviana, X: xeromórfico.

POMPONALES	TURBERAS	TEPUALES
<i>Sphagnum magellanicum</i>	<i>Sphagnum magellanicum</i>	<i>Dicranoloma billardierei</i>
<i>Sphagnum falcatum</i>	<i>Dicranoloma imponens</i>	<i>Dendrohypopterygium arbuscula</i>
<i>Dicranoloma billardierei</i>	<i>Campylopus acuminatus</i>	<i>Hypopterygium didictyon</i>
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	<i>Campylopus introflexus</i>	<i>Ptychomniella ptychocarpon</i>
<i>Cephalozia skottsbergii</i>	<i>Dicranoloma billardierei</i>	<i>Ptychomnion cygnisetum</i>
<i>Kurzia setiformis</i>	<i>Jamesoniella colorata</i>	<i>Rhaphidorrhynchium callidum</i>
<i>Riccardia floribunda</i>	<i>Lepicolea ochroleuca</i>	<i>Rigodium pseudothuidium</i>
<i>Jamesoniella colorata</i>	<i>Riccardia floribunda</i>	<i>Bazzania peruviana</i>
<i>Lepicolea ochroleuca</i>	<i>Calypogeia sphagnicola</i>	<i>Chiloscyphus horizontalis</i>
<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	<i>Cephalozia skottsbergii</i>	<i>Plagiochila chonotica</i>
<i>Cladonia pycnoclada</i>	<i>Kurzia setiformis</i>	<i>Plagiochila hookeriana</i>
<i>Cladonia squamosa</i>	<i>Cladonia arbuscula</i> subsp. <i>squarrosa</i>	<i>Plagiochila rubescens</i>
<i>Cladia aggregata</i>	<i>Cladonia pycnoclada</i>	<i>Riccardia prehensilis</i>
<i>Cladonia lepidophora</i>		<i>Telaranea blepharostoma</i>
<i>Cladonia macilentata</i>		<i>Pseudocyphellaria faveolata</i>

Tabla 1.1.3. Especies con mayor ocurrencia en los tres tipos de hábitats estudiados.

Turberas

Bryum pseudotriquetrum
Campylopus aureonitens
Chorisodontium aciphyllum
Leptobryum pyriforme
Lepyrodon patagonicus
Racomitrium geronticum
Tayloria stenophysata
Tetraplodon mnioides
Ulota cf. rufula
Zygodon hookeri var. *leptobolax*
Zygodon pentastichus
Acromastigum anisostomum
Anastrophyllum schismoides
Chiloscyphus humilis
Chiloscyphus subviridis
Cryptochila grandiflora
Gackstroemia magellanica
Lepidozia chilensis
Plagiochila stictaeola
Cladonia cenotea

Turberas y Pomponales

Breutelia dumosa
Campylopus acuminatus
Campylopus introflexus
Campylopus pyriformis
Dicranella circinata
Dicranoloma imponens
Dicranoloma robustum
Eucamptodon perichaetialis
Hypnum chrysogaster
Polytrichastrum longisetum
Ptychomnion densifolium
Balantiopsis cancellata
Calyptogea sphagnicola
Cephalozia skottsbergii
Hyalolepidozia bicuspidata
Kurzia setiformis
Leiomitra elegans
Lepidozia laevifolia
Porella subsquarrosa
Cladia aggregata
Cladonia arbuscula subsp. *squarrosa*
Cladonia bellidiflora
Cladonia lepidophora
Cladonia mitis
Cladonia pycnoclada
Hypogymnia subphysodes

Pomponales

Calliergonella cuspidata
Campylopus incrassatus
Conostomum pentastichum
Daltonia gracilis
Kindbergia praelonga
Leptodontium longicaule
Pohlia nutans
Pohlia sp. 1
Sanionia uncinata
Sphagnum capillifolium
Sphagnum centrale
Sphagnum cf. subsecundum
Thuidiopsis furfurosa
Isotachis madida
Nothostrepta bifida
Plagiochila lechleri
Riccardia amnicola
Saccogynidium australe
Cladonia subsubulata
Cladonia scabriuscula
Peltigera didactyla
Peltigera polydactylon
Pseudocypbellaria divulsa

Tepuales y pomponales

Rhaphidorrhynchium callidum
Rigodium pseudothuidium
Balantiopsis asymmetrica
Cheilolejeunea cf. obtruncata
Plagiochila subpectinata
Telaranea blepharostoma
Telaranea plumulosa
Cladonia gracilis subsp. *elongata*
Cladonia macilentia

Turberas y Tepuales

Hypnum cupressiforme
Ptychomniella ptychocarpa
Chiloscyphus magellanicus
Chiloscyphus striatellus
Herbertus runcinatus
Lepidogyna menziesii
Pseudocypbellaria berberina
Pseudocypbellaria flavicans

Tepuales

Acrocladium auriculatum
Campylopus clavatus
Dendrohypopterygium arbuscula
Distichophyllum dicksonii
Hypopterygium didictyon
Pyrrhobryum mnioides
Rigodium brachypodium
Chiloscyphus attenuatus
Chiloscyphus breutelii
Chiloscyphus horizontalis
Lepidozia fuegiensis
Plagiochila chonotica
Plagiochila hookeriana
Plagiochila lophocoleoides
Plagiochila rubescens
Radula decora
Riccardia hyalitricha
Riccardia spinulifera
Schistochila lamellata
Bunodophoron patagonicum
Cladonia chlorophaea
Pseudocypbellaria crocata
Pseudocypbellaria faveolata
Pseudocypbellaria valdiviana
Sticta caulescens
Sticta hypochra

Turberas, Pomponales y Tepuales

Breutelia subplicata
Dicranoloma billardierei
Ptychomnion cygnisetum
Sphagnum falciculatum
Sphagnum fimbriatum
Sphagnum magellanicum
Bazzania peruviana
Frullania cf. Boveana
Jamesoniella colorata
Lepicolea ochroleuca
Lepidozia chordulifera
Leptoscyphus huidobroanus
Riccardia floribunda
Riccardia prehensilis
Riccardia rivularis
Cladonia squamosa

Fig.1.1.4. Cuadro resumen de las especies presentes en cada tipo de hábitat. En los tres cuadros superiores se muestran las especies encontradas exclusivamente en esos hábitats y los cuatro cuadros inferiores indican las especies compartidas entre hábitats.

1.1.4. DISCUSIÓN

Son numerosos los autores que señalan que las turberas son ecosistemas uniformes y que por lo general presentan una baja riqueza de especies si se compara con otros ecosistemas (Vitt & Belland, 1995; Vitt *et al.*, 1995b; Roig & Roig, 2004; Rydin & Jeglum, 2006; Minayeva, 2008; Kleinebecker *et al.*, 2010). No obstante, el número de especies registradas por este estudio, pone en evidencia la relevancia de estos ecosistemas en la conservación de la biodiversidad.

El número acumulado de especies que se presenta en este trabajo se ha visto influenciado por elementos ambientales del paisaje entre los cuales se cuenta la presencia de especies raras, de especies turistas y la heterogeneidad del paisaje.

Sesenta y una de las especies mencionadas fueron documentadas para una sola localidad, en algunos casos fueron nuevos registros provinciales, regionales o nacionales y se observaron poblaciones con pocos individuos. Una de las posibles explicaciones para esto podría estar asociada a la complejidad estructural de las comunidades, como ocurre en los bosques tropicales (Halffter & Moreno, 2005).

Las especies turistas son otro elemento a tener en cuenta, por ejemplo *Tayloria stenophylla* y *Tetraplodon mnioides* son especies que se han encontrado en turberas debido a la presencia de heces de animales. Dichas especies podrían ser consideradas como turistas por estar condicionada su presencia a la aparición de un elemento inusual en el área estudiada.

La heterogeneidad del paisaje, y en particular la heterogeneidad del microhábitat, tienen una repercusión importante en las especies registradas para cada hábitat, sobre todo a lo que a especies de turberas y pomponales respecta. El gradiente vertical, que se traduce en una división microtopográfica o microestructural, que abarca desde pozas y depresiones saturadas de agua hasta montículos secos es uno de los factores más relevantes a la hora de evaluar la riqueza específica y en la composición florística (Andrus *et al.*, 1983; Wheeler, 1993; Wheeler & Proctor, 2000; Rydin & Jeglum, 2006). Lo anterior, no es aplicable a tepuales, donde la carpeta briofítica es homogénea.

En este apartado del trabajo se han considerado todas las especies de briófitos y líquenes encontradas dentro de las localidades muestreadas, tanto en el suelo de la turbera como organismos epífitos de plantas vasculares, este elemento es muy relevante a la hora del recuento final de especies ya que algunas de éstas, las epífitas, no podrían ser consideradas propias de turberas, por lo que en sentido estricto la riqueza de cada tipo de hábitat varía.

Tras comparar los resultados florísticos obtenidos y los resultados publicados para turberas ombrotáficas del hemisferio norte, destaca el bajo número de especies de *Sphagnum*, sólo cinco, cifra considerablemente inferior a las señalados para Canadá (Vitt & Belland, 1995) o Gran Bretaña (Wheeler, 1993).

Otro resultado contrastante es el número de especies de hepáticas presentes en la turberas chilotas; Vitt & Belland (1995) cifran en 20 las especies de hepáticas en turberas canadienses, Wheeler (1993) señala 29 especies de hepáticas en *bogs* británicos. Ambas riquezas específicas son superadas significativamente por los 52 taxones encontrados en Chiloé. Esto podría explicarse en parte por las condiciones oceánicas de la isla, que favorecen el crecimiento de estos organismos, pero mayoritariamente se podría deber al desconoci-

miento generalizado que se tiene de las hepáticas. Aun cuando las turberas boreales están muy bien caracterizadas, los estudios que incluyen la flora hepaticológica son escasos (Kleinebecker *et al.*, 2008).

Vitt & Belland (1995) señalan que en turberas canadienses existe un alto porcentaje de especies que tienen una alta fidelidad a un tipo de turberas, los autores señalan la utilidad de los briófitos como especies indicadoras para la clasificación de turberas. En el caso de Chiloé, si bien es cierto se ha observado fidelidad de algunas especies hacia un tipo de hábitats, es necesario realizar un mayor número de estudios para poder identificar con claridad especies que sirvan como indicadoras para la clasificación de turberas.

La flora brio-liquénica de turberas y tepuales muestra como patrón de distribución global dominante el endémico de ecosistemas templado-lluviosos del sur de Sudamérica, lo que sugiere un prolongado aislamiento de la flora (Villagrán *et al.*, 2003). En la zona Neotropical (mayor endemismo en el mundo) el porcentaje de especies endémicas asciende a 48% (Tan & Pócs, 2000), lo que coincide con el 48% de taxones endémicos de nuestro estudio, por consiguiente los ecosistemas estudiados se sitúan en un rango de alta endemividad.

La mayoría de las especies estudiadas tiene una amplia distribución en la zona sur y austral de Chile, en su gran mayoría se distribuyen entre las regiones X y XII, y en algunos casos puede llegar hasta la VIII región por el norte. Este patrón distribucional se repite para toda la flora briofítica del archipiélago de Chiloé (Villagrán *et al.*, 2005).

Este rango de distribución asociado a los ecosistemas templado-lluviosos del sur de Sudamérica, es considerado propicio para el desarrollo de grupos de plantas criptógamas como las estudiadas, debido a las condiciones favorables que allí existen, como el clima oceánico muy húmedo, la diversidad de hábitats y las temperaturas moderadas por la influencia marina (Barrera & Osorio, 2008).

Otro punto relevante a destacar es el importante número de especies que exhiben discontinuidad en sus rangos distribucionales nacionales. Un número importante de especies disyuntas muestra un hiato entre Chiloé y los bosques de Fray Jorge, ubicados en la costa semi-árida del norte de Chile. Este patrón distribucional está asociado a los eventos tectónicos y climáticos que afectaron al territorio chileno durante el Terciario y Cuaternario, que transformaron a Fray Jorge en un refugio glaciar (Villagrán *et al.*, 2004).

Finalmente, el medir la diversidad biológica, junto con aportar conocimientos a la teoría ecológica, permite contar con parámetros para tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxones o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente (Moreno, 2001).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica exige que las naciones firmantes se comprometan a establecer un inventario de su biodiversidad, monitorear los cambios en la biodiversidad y hacer planes de cómo la biodiversidad puede ser conservada (CDB, 1992). Sin embargo, Chile está lejos de alcanzar estos objetivos, especialmente en grupos como briófitos y líquenes, en los que existe una gran carencia de investigación básica y descriptiva, que urge subsanar para la real gestión del patrimonio natural.

INFORMACIÓN ADICIONAL

MUSGOS

Acrocladium auriculatum (Mont.) Mitt.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (148564SGO).

Breutelia dumosa Mitt.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, 41°52'52" S Long. 73°40'00" W (CONC 23353, 25550F); Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00" S 74°05'50" W (CONC 25763); Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W.

Breutelia subplicata Broth.: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Bryum pseudotriquetrum (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Caulin, 41°49'0,14" S 73°35'58,99" W.

Campylopus acuminatus Mitt.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 23049A, 23056B, 23056A, 23049B, 27305, 25528); Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23802).

Campylopus aureonitens subsp. recurvifolius (Dusén) J.-P. Frahm.: Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W.

Campylopus clavatus (R. Br.) Wilson.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Campylopus incrassatus Müll. Hal.: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W.

Campylopus introflexus (Hedw.) Brid.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23823).

Campylopus pyriformis (Schultz) Brid.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Chorisodontium aciphyllum (Hook. f. & Wilson) Broth.: Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W CONC 23827, 23817); Comuna de Quellón, Yaldad, laguna Chaiguata 42°41' S 73°56' W (CONC 25785).

Conostomum pentastichum (Brid.) Lindb.: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W.

Daltonia gracilis Mitt.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 25550A).

Dendrohypopterygium arbuscula (Brid.) Kruijer.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W, Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (SGO 148601).

Dicranella circinata Herzog.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W.

Dicranoloma billardierei (Brid. ex Anon.) Paris.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42' S 73°49' W (CONC 23915); Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23821, 23803, 23816); Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Dicranoloma imponens (Mont.) Renaud.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 25547, 23348, 23347); Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00" S 74°05'50" W (CONC 25764); Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42' S 73°49' W (CONC 23929, 23922, 23915, 23917); Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23820, 23809, 23828).

Dicranoloma robustum (Hook. f. & Wilson) Paris.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Distichophyllum dicksonii (Hook. & Grev.) Mitt.: Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Eucamptodon perichaetialis (Mont.) Mont.: Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC23814).

Hypnum chrysogaster Müll. Hal.: Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Hypnum cupressiforme* var. *mossmanianum* (Müll. Hal.) Ando:** Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Hypopterygium didictyon* Müll. Hal.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson:** Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Leptodontium longicaule* var. *microruncinatum* (Dusén) R.H.Zander:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 27310).

***Lepyrodon patagonicus* (Cardot & Broth.) B.H. Allen:** Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W (CONC 23859).

***Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. :** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Pohlia* sp. 1:** Comuna de Ancud, sector Leca, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W.

***Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L. Sm.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Ptychomiella ptychocarpon* (Schwägr.) W.R. Buck et al.:** Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Ptychomnion cygnisetum* (Müll. Hal.) Kindb.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Ptychomnion densifolium* (Brid.) A. Jaeger:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 25102, 23355); Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41'S 73°56'W (CONC 23804); Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00"S 74°05'50"W (CONC 25762).

***Pyrrobryum mnioides* (Hook.) Manuel:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Racomitrium geronticum* Müll. Hal.:** Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W.

***Rhaphidorrhynchium callidum* (Mont.) Broth.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Rigodium brachypodium* (Müll. Hal.) Paris:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Rigodium pseudothuidium* Dusén:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W; Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (SGO 148621).

***Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske:** Comuna de Ancud, sector Caulin, 41°49'0,14"S 73°35'58,99"O.

***Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.:** Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00"S 74°05'50"W (CONC 25660, 25652, 25640).

***Sphagnum centrale* C.E.O. Jensen:** Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W.

***Sphagnum* cf. *subsecundum*:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Sphagnum falcatulum* Besch.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00"S 74°05'50"W (CONC 25760); Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41'S 73°56'W (CONC 23801); Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (SGO 148626).

***Sphagnum fimbriatum* Wilson:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W ; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (SGO 148627 148628), Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W (CONC 23869); Comuna de Quellón, Caleta Inífo, 43°21'00"S 74°05'50"W (CONC 25759).

***Sphagnum magellanicum* Brid.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de

Quellón, Caleta Inío, 43°21'00"S 74°05'50"W (CONC 25765); Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41'S 73°56'W (CONC 23811, 23806); Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Tayloria stenophysata (Herzog) A.K. Kop.: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W (CONC 23861, 23862A).

Tetraplodon mnioides (Sw. ex Hedw.) Bruch & Schimp.: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W (CONC 23862B).

HEPÁTICAS

Acromastigum anisostomum (Lehm. & Lindenb.) A. Evans: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42'S 73°49'W (CONC 23923).

Anastrophyllum schismoides (Mont.) Stephani: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Balantiopsis asymmetrica (Herzog) J.J. Engel: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Balantiopsis cancellata (Nees) Stephani: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Bazzania peruviana (Nees) Trevis.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Calypogeia sphagnicola (Arnell & J. Perss.) Warnst. & Loeske: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Cephalozia skottsbergii Steph.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W ; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Thuidiopsis furfurosa (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Ulota cf. rufula (Mitt.) A. Jaeger: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Zygodon hookeri Hampe: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Zygodon pentastichus (Mont.) Müll. Hal.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 25549); Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna Queilen, Desembocadura Laguna Tahui (SGO 148605).

Cheilolejeunea cf. obtruncata (Mont.) Solari: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Chiloscyphus attenuatus (Stephani) J.J. Engel & R.M. Schust.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Chiloscyphus breutelii (Gott.) Engel & Schust.: Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Chiloscyphus horizontalis (Hook.) Nees : Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Chiloscyphus humilis (Hook. f. & Taylor) Hässel de Menéndez: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Chiloscyphus magellanicus Stephani: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W .

Chiloscyphus striatellus C. Massal.: Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W ; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Chiloscyphus subviridis (Hook. f. & Taylor) J.J. Engel & R.M. Schust.: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Cryptochila grandiflora (Lindenb. & Gottsche) Grolle: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W.

Frullania cf. boveana C. Massal.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 23060, 23054), Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41'S 73°56'W (CONC 23807, 23822); Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Gackstroemia magellanica (Lam.) Trevis.: Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W.

Herbertus runcinatus (Taylor) Kuhnem.: Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Hyalolepidozia bicuspidata (C. Massal.) S.W. Arnell ex Grolle: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Isotachis madida (Hook. f. & Taylor) Mitt.: Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 31112); Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W.

Jamesoniella colorata (Lehm.) Stephani: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42' S 73°49' W (CONC 23926); Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23818, 23813, 23812, 23815); Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Kurzia setiformis (De Not.) J.J. Engel & R.M. Schust.: Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80" S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Leiomitra elegans (Lehm.) Hässel de Menéndez: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Lepicolea ochroleuca (L. f. ex Spreng.) Spruce: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42' S 73°49' W (CONC 23924); Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23810); Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Lepidogyna menziesii (Hook.) R.M. Schust.: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Lepidozia chiloensis Stephani: Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal, 42°42' S 73°49' W (CONC 23928).

Lepidozia chordulifera Taylor: Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, 42°45'24,6" S

73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Lepidozia fuegiensis Stephani: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Lepidozia laevifolia (Hook. f. & Taylor) Gottsche, Lindenb. & Nees: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 23359, 25101), Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Leptoscyphus huidobroanus (Mont.) Gottsche: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Nothostrepta bifida (Stephani) R.M. Schust.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W (CONC 23052).

Plagiochila chontica Tayl.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Plagiochila hookeriana Lindenb.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Plagiochila lechleri Gottsche: Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W.

Plagiochila lophocoleoides Mont.: Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Plagiochila rubescens (Lehm. & Lindenb.) Lindenb.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Plagiochila stictaeola Mont. & Gottsche: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Plagiochila subpectinata Besch. & C. Massal.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Porella subsquarrosa (Nees & Mont.) Trevis.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Radula decora Gottsche ex Stephani: Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Riccardia alcornis (Hook. f. & Tayl.) Trev.: Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W.

Riccardia amnicola Hässel: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W.

***Riccardia floribunda* (Stephani) A. Evans:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Chonchi, sector Romazal (CONC 23914), 42°42' S 73°49' W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23826, 23824); Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Riccardia hyalitricha* Hässel:** Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Riccardia prehensilis* (Hook. & Tayl.) C. Massal.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Riccardia rivularis* Hässel:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W;

LÍQUENES

***Bunodophoron patagonicum* (C.W. Dodge) Wedin:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Cladia aggregata* (Sw.) Nyl.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Cladonia arbuscula* subsp. *squarrosa* (Wallr.) Ruoss:** Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Cladonia subsubulata* Nyl. – Räsänen:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Cladonia bellidiflora* (Ach.) Schaer.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer.:** Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng.:** Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Comuna de Ancud, sector Lecam, 41°56'22,80" S 73°34'31,75" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Riccardia spinulifera* A. Massal.:** Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Saccogynidium australe* (Mitt.) Grolle:** Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W.

***Schistochila lamellata* (Hook.) Dumort.:** Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Telaranea blepharostoma* (Stephani) Fulford:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Sector Cahuala, 42°41' S 73°56' W (CONC 23805); Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Telaranea plumulosa* (Lehm. & Lindenb.) Fulford:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Cladonia gracilis* subsp. *elongata* (Wulfen) Vain:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

***Cladonia lepidophora* Ahti & Kashiw.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6" S 73°47'06,6" W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

***Cladonia macilenta* Hoffm.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1" S 73°37'58,1" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

***Cladonia mitis* Sandst.:** Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5" S 73°43'58,5" W.

***Cladonia pycnoclada* (Pers.) Nyl.:** Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano,

41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Cladonia scabriuscula (Delise) Leight.: Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W.

Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Chonchi, Sector Pulpito, 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Hypogymnia subphysodes (Kremp.) Filson: Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; Comuna de Ancud, sector Río Negro, 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W.

Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Peltigera didactyla (With.) J. R. Laundon: Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W.

Peltigera polydactylon (Neck.) Hoffm.: Comuna de Ancud, sector Pumanzano, 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W.

Pseudocyphellaria berberina (G. Forst.) D.J. Galloway & P. James: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Pseudocyphellaria crocata (L.) Vain.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Pseudocyphellaria divulsa (Taylor) Imshaug: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Pseudocyphellaria faveolata (Delise) Malme: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W.

Pseudocyphellaria flavicans (Hook. f. & Taylor) Vain.: Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Pseudocyphellaria valdiviana (Nyl.) Follmann: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Sticta caulescens De Not: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

Sticta hypochra Vain.: Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W.

1.2. NUEVOS REGISTROS PARA LA FLORA BRIO-LIQUÉNICA DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ Y DE CHILE.

1.2.1. INTRODUCCIÓN

En el marco de los estudios florísticos y ecológicos realizados en las turberas de la Isla Grande de Chiloé, se han registrado novedades provinciales, regionales y nacionales para la flora brio-liquénica. En algunos casos se ha ampliado el rango de distribución de las especies.

A continuación se provee información de cuatro nuevas citas de musgos, tres de hepáticas y cuatro de líquenes. Se indican las localidades donde fueron encontrados, el microhábitat, y el rango de distribución nacional y mundial de las especies. También se da una breve diagnosis con los caracteres más relevantes para su determinación y observaciones de similitudes con otras especies.

1.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material recolectado provino de las comunas de Ancud, Dalcahue y Chonchi ubicadas en la provincia de Chiloé de la Decima región de Los Lagos.

Las especies fueron determinadas por sus características morfológicas y en el caso de los líquenes se realizaron caracterizaciones químicas empleando cromatografía de capa fina (TLC) según el protocolo descrito por White & James (1985). Las determinaciones se realizaron con la ayuda de monografías y claves citadas en la tabla 1.1.1. La nomenclatura siguió a Müller (2009) para los musgos, Hässel de Menéndez & Rubies (2009) para hepáticas y Feuerer (2012) para líquenes. Las familias siguieron los criterios de Goffinet *et al.* (2008) y Goffinet *et al.* (2011) para musgos, Crandall-Stotler *et al.* (2009) y Stotler & Crandall-Stotler (2011) en el caso de las hepáticas e Index Fungorum (2012) para líquenes.

El material recolectado fue depositado en el herbario MACB de la Fac. Cs. Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid con duplicados en los herbarios CONC del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción, Chile; SGO del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile y MA del Real Jardín Botánico de Madrid.

1.2.3. RESULTADOS

MUSGOS

SPHAGNACEAE

***Sphagnum centrale* C.E.O. Jensen**

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, sector Lecam, turbera antropogénica (pomponal); 41°56'22,80"S 73°34'31,75" W; 60 msnm; en suelo anegado de la turbera, mezclado con *Sphagnum magellanicum* en el borde pomponal del pomponal; 28/03/2010, Leg. C. León & A. Benítez (MACB 102975); 12/11/2011, Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102974).

Esta especie está ampliamente distribuida en Norteamérica y Europa (Anderson *et al.*, 2009), también ha sido citada para Australia, pero este reporte ha sido considerado como una identificación errónea de *Sphagnum cristatum* (Seppelt, 2006a). En Chile no existían reportes de esta especie, por lo que ésta es la primera cita para el país y la primera confirmación para el hemisferio sur.

La característica más destacada para reconocer a esta especie es la forma y disposición de los clorocistos de los filidios rameales; en la sección transversal estas células tienen una forma elíptica, están expuestas en ambas caras y presentan las paredes externas engrosadas. Si bien el material estudiado pudiese recordar a *S. cristatum*, en los ejemplares recolectados no se observó la superficie abaxial cercana al ápice con fuertes rugosidades por la resorción de la pared celular y se vieron numerosos poros por la cara adaxial.

BARTRAMIACEAE

***Conostomum pentastichum* (Brid.) Lindb.**

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, sector Pumanzano, turbera antropogénica (pomponal); 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; 92 msnm; en suelo de turbera, mezclado con *Isotachis madida* en el borde pomponal del pomponal; 02/02/2009, Leg. C. León & A. Benítez (MACB 102972).

Esta especie circumsubantártica (Seki, 1974), se distribuye en Chile entre la IX Región de la Araucanía y la XII Región de Magallanes (Müller, 2009). En la Región de Los Lagos sólo había sido recolectada en la localidad de Antillanca, Provincia de Osorno (Deguchi, 1991). Este es el primer reporte para la provincia de Chiloé.

C. pentastichum se reconoce fácilmente por su filidios lanceolados a ovado lanceolado dispuestos en forma claramente pentámera; células foliares apicales engrosadas y con gruesa mamilas en los ángulos distales, y cápsula subglobosa.

BRYACEAE

***Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.**

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, turbera antropogénica (pomponal); 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; 24 msnm; en suelo de turbera, sobre turba expuesta; 30/01/2009; Leg. C. León & A. Benítez (MACB 101577).

Esta especie de distribución bipolar (Seki, 1974), está presente en Chile entre la Región del Biobío y la Región de Magallanes (Müller, 2009), sin embargo, no había sido registrada para la Región de Los Lagos, por lo que este registro es el primer reporte para la región.

P. nutans es una especie muy variable morfológicamente, tal como señalan Suárez (2008) y Shaw (1983). No obstante, en el material recolectado se pudieron observar caracteres diagnósticos importantes como: filidios oval-lanceolados con margen aserrado o aserrado cercana al ápice y costa percurrente; cápsula roja-anaranjada con cuello bien diferenciado, dientes del exostoma libres en la base, y yemas ausentes.

***Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson**

Provincia de Chiloé, Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, turbera de origen glaciario; 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; 153 msnm; en suelo de turbera, sobre turba expuesta y restos de una fogata; 12/04/2011; Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102973).

L. pyriforme es una especie cosmopolita, que ha sido citada en 12 provincias de Chile entre la Cuarta y la Décima Segunda región y está presente también en la Isla de Pascua (Müller, 2009), pero no habían sido registrada para la Región de Los Lagos, siendo entonces ésta la primera cita para la región.

Esta especie se distingue por su cápsula marcadamente piriforme de color castaño-marrón brillante con una seta de entre 0,8 a 3,5 cm, que la hace muy característica cuando está presente el esporófito. Otros caracteres diagnósticos son sus filidios largos y estrechos de color amarillo-verdoso con una costa ancha que alcanza la punta del filidio.

HEPÁTICAS

LOPHOCOLEACEAE

***Chiloscyphus breutelii* (Gott.) Engel & Schust.**

Provincia de Chiloé, Comuna de Chonchi, Parque Nacional Chiloé, bosque de *Tepualia stipularis*; 42°37'02,9" S 74°06'07,3" W; 153 msnm; en suelo formando una carpeta briofítica, mezclada con otras hepáticas; 04/04/2010, Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102970).

Esta especie está ampliamente distribuida en zonas tropicales y subtropicales de Latinoamérica (Gradstein & Pinheiro da Costa, 2003). En Chile sólo había sido citada por Fulford (1976) como *Lophocolea trapezoides* para la zona norte del país, sin especificar una localidad concreta. En consecuencia ésta es la confirmación de la presencia de *C. breutelii* en Chile.

Los caracteres diagnósticos más destacados de *C. breutelii* son: filidios rectangulares a orbiculares de color amarillo marronáceo, escasamente decurrentes, márgenes foliares largamente ciliados, 4 a 6 cilios; anfigastros connados con las dos filas de filidios, alas estrechas o poco desarrolladas.

Esta especie es muy similar a *Chiloscyphus quadridentata*, pero ésta tiene filidios con sólo 3 ó 4 cilias (Gradstein & Pinheiro da Costa, 2003).

LEPIDOZIACEAE

***Lepidozia fuegiensis* Stephani**

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, bosque de *Teupalia stipularis*; 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; 24 msnm; en suelo bosque, mezclada con otros briófitos; 27/03/2010, Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102969).

Esta especie endémica del sur de Sudamérica ha sido citada en el bosque relictico de tipo valdiviano de Fray Jorge ubicado en la Cuarta región (Villagrán *et al.*, 2004) y desde la Región de Aisén a Tierra del Fuego (Hässel de Menéndez & Rubies, 2009), por lo que se observa un extenso hiato en su distribución. *L. fuegiensis* hasta el momento había estado ausente en toda la zona Mediterránea y Valdiviana reapareciendo en la zona Nordpatagónica del país. Con este nuevo registro se reafirma su asociación a la ecorregión Valdiviana y se da la primera cita para la zona sur de Chile.

Dentro de los caracteres diagnósticos más relevante para la identificación de esta especie se considera que son plantas de 0,5-1,5 ancho; tienen ramificación bipinnada; filidios divididos en 4-6 segmentos conspicuos en pares, incurvados ; células foliares grandes, subisodiamétricas en la base del segmento.

ANEURACEAE

***Riccardia alcornis* (Hook. f. & Tayl.) Trev.**

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, desembocadura Río Chepu, turbera antropogénica (pomponal); 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; 5 msnm; suelo de turbera, mezclada con *Sphagnum magellanicum*; 29/03/2010; Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102971).

R. alcornis es una especie endémica del sur de Sudamérica, con una distribución en Chile Valdiviana-Nordpatagónica-Subantártica (Villagrán *et al.*, 2005), abarcando 10 provincias en el país. En la Región de Los Lagos ha sido citada en las provincias de Osorno y Llan-

quihue, pero no para Chiloé (Hassel de Menéndez & Rubies, 2009), por lo que este reporte es una novedad para la flora hepaticológica de esta provincia.

Esta especie es posible reconocerla por sus talos filamentosos (ancho 1- 2,5 veces al espesor), pinnados o bipinnados y sus células pequeñas con paredes engrosadas y papilas dorsales.

LÍQUENES

CLADONIACEAE

Cladonia cenotea (Ach.) Schaer.

Provincia de Chiloé, Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, turbera de origen glaciario; 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; 153 msnm; en suelo de turbera, sobre turba oxidada; 12/04/2011; Leg. G. Oliván, C. León, & A. Benítez (MACB 102968).

C. cenotea es una especie bipolar (Stenroos & Ahti, 1990), que hasta el momento sólo había sido registrada en Chile para las provincias de Magallanes, Tierra del Fuego y Antártica Chilena (Stenroos, 1995). Con este nuevo registro se amplía la distribución de esta especie en el país, poniendo como su límite de distribución septentrional la Isla Grande de Chiloé. El hiato distribucional que se produce entre Chiloé y Magallanes, podría explicarse por las escasas recolecciones realizadas en la Región de Aisén.

Se distingue por poseer talos primarios persistentes con escamas pequeñas; podocios poco ramificados con extremos ensanchados en escifos deformados; superficie del podocio con soledios farináceos; podocios con perforaciones apicales y axilares, y apotecios (escasos) con himenio castaño. Química: P- o P + amarillo, K- o K + amarillo, C-; ácido tamnólico.

Las poblaciones del hemisferio norte producen ácido escuamático, en cambio en el sur de Sudamérica (Tierra del Fuego), el tipo químico que produce ácido tamnólico es más común (Stenroos *et al.*, 1992). Esta misma tendencia siguen los ejemplares recolectados en Chiloé.

Cladonia bellidiflora (Ach.) Schaer.

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, turbera antropogénica (pomponal); 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; sobre tronco en putrefacción al borde de la turbera; 27/03/2010; Leg. G. Oliván, C. León, & A. Benítez (MACB 102965). Provincia de Chiloé, Comuna de Dalcahue, Laguna Los Caulles, turbera de origen glaciario; 42°13'25,2" S 73°32'52,9" W; 153 msnm; suelo de turbera, sobre turba oxidada; 12/04/2011; Leg. G. Oliván, C. León, & A. Benítez (MACB 102966).

Esta especie bipolar (Burgaz & Raggio, 2007) había sido hasta el momento citada para las regiones Undécima y Duodécima, en cuatro provincias (Stenroos, 1995); por lo que este nuevo registro para la Décima región, amplía la distribución de esta especie en una región.

Se caracteriza por presentar talos primarios escamosos; podocios poco ramificados subulados con escifos angostos; superficie del podocio discontinuamente corticada con escamas abundantes y apotecios comunes con himenios rojos. Química: P + amarillo o rojo, K- o K + amarillo, C-; ácido tamnólico.

En la Región de Magallanes se han documentado cuatro quimiotipos: a) ácido fumarprotocetrárico; b) ácido fumarprotocetrárico y ácido úsnico; c) ácido fumarprotocetrárico, ácido tamnólico, ácido úsnico; d) ácido tamnólico (Burgaz & Raggio, 2007). En Chiloé sólo se ha encontrado el quimiotipo d.

Cladonia gracilis subsp. elongata (Wulfen) Vain

Provincia de Chiloé, Comuna de Ancud, Estación Biológica Senda Darwin, turbera antropogénica (pomponal), 41°52'47,0" S 73°40'07,9" W; 24 msnm; suelo de turbera, sobre turba oxidada; 30/01/2009; Leg. C. León & A. Benítez (MACB 102961). Comuna de Ancud, Desembocadura Río Chepu, turbera antropogénica (pomponal); 42°03'10,8" S 73°59'56,8" W; 5 msnm; suelo de turbera, sobre turba oxidada; 29/03/2010; Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102958). Comuna de Ancud, sector Pumanzano, turbera antropogénica (pomponal); 41°58'15,1"S 73°37'58,1"W; 92 msnm; suelo de turbera; 02/02/2009; Leg. C. León & A. Benítez (MACB 102963). Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Teguel, turbera antropogénica (pomponal); 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; 167 msnm; suelo de turbera, sobre turba oxidada; 01/04/2010; Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102959). Comuna de Chonchi, Sector Púlpito, turbera de origen glaciar; 42°45'24,6"S 73°47'06,6"W; 110 msnm; suelo de turbera; 03/02/2009; Leg. C. León & A. Benítez (MACB 102960); 03/04/2010 Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102962).

Esta especie de distribución global bipolar (Stenroos *et al.*, 1992) se ha citado en Chile continental desde la Región de Los Lagos a la Región de Magallanes y en Chile insular en el archipiélago de Juan Fernández (Stenroos, 1995). En la Región de los Lagos sólo había sido mencionada la subespecie *elongata* para la provincia de Osorno, en consecuencia el registro de la subespecie es una novedad para la flora liquenológica de la provincia de Chiloé.

Se caracteriza por un talo primario con escamas de lóbulos cortos y redondeados; podocios simples o poco ramificados, subulados o con escifos anchos o en ocasiones angostos; escifos con proyecciones cortas y apotecios comunes de himenio castaño. Química: P + rojo, K- o K + amarillo, C-; ácido fumarprotocetrárico y atranorina.

En ejemplares encontrados en la Región de Magallanes se ha documentado que presentan complejo del ácido fumarprotocetrárico, ácido escuaesítico y raramente atranorina (Burgaz & Raggio, 2007). Mientras que en los ejemplares recolectados en Chiloé sólo se han encontrado dos de las tres sustancias liquénicas mencionados para Magallanes.

***Cladonia mitis* Sandst.**

Provincia de Chiloé, Comuna de Dalcahue, Predio Municipal Tegel, turbera antropogénica (pomponal); 42°20'43,8" S 73°38'17,5" W; 167 msnm; suelo de turbera, sobre *Sphagnum magellanicum*; 01/04/2010; Leg. C. León, G. Oliván & A. Benítez (MACB 102964). Comuna de Ancud, sector Cogomó junto al Río Negro, turbera de origen glaciario; 41°58'31,5"S 73°43'58,5"W; 15 msnm; suelo de turbera, sobre *Sphagnum magellanicum*; 01/02/2009; C. León & A. Benítez (MACB 102967).

C. mitis es una especie bipolar que habita entre la VIII y XII Región de Chile. Dentro de la Decima región ha sido dada para las provincias de Osorno y Llanquihue (Stenroos, 1995), este es el primer registro para la provincia de Chiloé.

Esta especie se reconoce por su talo primario crustáceo y podocios blanquecinos muy ramificados, con ramificaciones principalmente tricotómicas o tetracotómicas. Química: P-, K-, C-; ácido úsnico.

En ejemplares recolectados en Tierra del Fuego (Stenroos *et al.*, 1992) e Isla Navarino (Burgaz & Raggio, 2007) se han encontrado sustancias liquénicas como: ácido úsnico, ácido rangifórmico, norrangifórmico e isousneico de forma inconstante, sin embargo, en Chiloé sólo se ha encontrado ácido úsnico.

C. mitis es muy similar a *C. arbuscula*, siendo esta última mucho más frecuente en la zona, tendencia contraria a lo indicado para Tierra del Fuego donde ésta es menos frecuente (Stenroos *et al.*, 1992). Estas especies no fue posible distinguirlas en campo, sólo el análisis de la química permitió la correcta determinación.

1.3. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE BRIÓFITOS DE TURBERAS Y TEPUALES DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

1.3.1. INTRODUCCIÓN

En Chile el conocimiento sobre la flora briofítica es muy limitado y la falta de esta información ha provocado que normalmente no se tenga en cuenta a este grupo en los estudios de flora y vegetación en el país. Prueba de ello es que en Chile los briófitos no están contemplados en el Libro Rojo de la Flora Terrestre (Benoit, 1989) y no existen trabajos formales sobre el estado de conservación de las especies de este grupo.

A la hora de la determinación, las identificaciones en campo generalmente son difíciles de realizar, por lo que se requiere una cantidad importante de tiempo en el laboratorio analizando caracteres microscópicos. No obstante, para poder realizar identificaciones certeras es esencial contar con literatura adecuada, como monografías y claves. Este es un punto clave en el desconocimiento de los briófitos chilenos, ya que la escasa información está muy dispersa. El país no cuenta aún con una obra recopilatoria con el total de las especies. Los trabajos más cercanos han sido los volúmenes publicados de la Flora Criptogámica de Tierra del Fuego, pero que lamentablemente están disponible para unos pocos órdenes o familias como: Polytrichinales (Schiafone, 1993), Bartramiaceae (Matteri, 1985), Hookeariales (Matteri, 1975), Amblystegiaceae (Ochyra & Matteri, 2001) para musgos; y Calobryales, Jungermanniales, Vetaformaceae, Balantiopsaceae (Hässel de Menéndez & Solari, 1976) en el caso de las hepáticas. Motivo por el cual es necesario recurrir a floras extranjeras afines que contemplen especies presentes en Chile, como por ejemplo floras australianas (Scott & Stone, 1976; McCarthy, 2006), neozelandesas (Beever *et al.*, 1992; Engel & Glenn, 2008) o latinoamericanas (Allen, 1994; Schuster, 2000; Gradstein *et al.*, 2001; Allen, 2002; Schuster, 2002; Gradstein & Pinheiro da Costa, 2003). Pero la limitante no sólo considera obras completas, sino que existe una carencia de revisiones para numerosos géneros.

En lo que respecta a las claves generales se sigue la misma tendencia, en el caso de musgos únicamente el archipiélago de Juan Fernández (Robinson, 1975), la Estación Biológica Senda Darwin en Chiloé (Larraín, 2007) e Isla Navarino (Buck & Goffinet, 2010) cuentan con una. Para las hepáticas sólo la península de Brunswick tiene una. Las claves restantes publicadas son a nivel de familia o género.

A continuación se entregan dos claves, una para la determinación de musgos y otra para hepáticas, restringidas a los hábitats de turberas y bosques de *Tepualia stipularis* de la Isla Grande de Chiloé. El objeto de este trabajo es contribuir en una pequeña medida con el conocimiento de la flora briofítica local y facilitar la identificación de estos organismos.

1.3.2. RESULTADOS

Clave para especies de musgos presentes en turberas y tepuales de la Isla Grande de Chiloé/ Key to moss species of peatland and *Tepualia* forests of Isla Grande de Chiloé

1. Plantas con ramas dispuestas en fascículos. Células laminares dimórficas, la lamina formada por una red de células hialinas, infladas y de gran tamaño que son rodeadas por células estrechas, verdes y de menor tamaño, clorocistos/ plants with branches in fascicles. Laminal cells dimorphic, leaf lamina consisting of narrow green cells in a network enclosing large, inflated hyaline cells.....***Sphagnum*** (Grupo A)
- 1'. Plantas sin los caracteres anteriores/plants lacking above combination of characters...2
2. Filidios con lamelas en la cara interna; seta 4,5 -7,0 cm de longitud/ leaves with lamellae on the inner surface; seta 4.5 -7.0 cm long.....***Polytrichastrum longisetum*** (Sw. ex Brid.) G.L. Sm.
- 2'. Filidios sin lamelas, seta de menor tamaño/ leaves without lamellae; seta smaller.....3
3. Células basales de la lámina estrechas y elongadas; células fuertemente sinuosas/ basal leaf-cells narrow and elongated; leaf-cell strongly sinuous***Racomitrium geronticum*** Müll. Hal.
- 3'. Células no como el anterior/ cells not as above4
4. Caulidios erectos, simples o escasamente ramificados; esporófitos terminales (en ocasiones pueden aparentemente ser laterales debido a la existencia de brotes subapicales); generalmente forman matas o cojines; plantas acrocárpicas/ stem erect, simple or sparsely branched; sporophytes terminal (on occasions can apparently be lateral due to subapical shoots); forming mats or cushions; plants acrocarpous.....5
- 4' Caulidios usualmente postrados, rastreros y libremente ramificados; esporófitos laterales a partir de una yema periquecual o una rama corta especializada; normalmente forman tapices; plantas pleurocárpicas/ stems usually prostrate, creeping and freely branched; sporophytes lateral from a perichetial bud or a short specialized branch, forming carpets; plants pleurocarpous.....10
5. Filidios con costa estrecha, ausente en el tercio superior; cápsula con el anillo y los dientes del peristoma rojos/ leaves with narrow costa, absent in the upper third; capsule with red annulus and teeth of peristome....***Eucamptodon perichaetialis*** (Mont.) Mont.
- 5'. Filidios con costa bien definida; anillo y dientes del peristoma nunca rojos/ leaves with well defined costa; never with red annulus and teeth.....6
6. Células de la lámina foliar laxas, superficie lisa y paredes delgadas/ leaf cells lax, smooth and thin-walled.....Grupo B

- 6'. Células de la lámina foliar densas, lisas a papilosas y paredes engrosadas/ leaf cells dense, smooth to papillose and thick-walled.....7
7. Costa ancha (más de 1/3 del ancho en la base del filidio), que alcanza la parte superior del filidio/ costa broad (more than 1/3 the width at the base of leaf), nearly getting up-per part.....Grupo C
- 7'. Costa estrecha (menos que 1/3 del ancho en la base del filidio) y no alcanza la parte distal/ costa narrow (less than 1/3 the width at the base of leaf) and not getting most of upper lamina.....8
8. Células alares claramente diferenciadas/ alar cells clearly distinctGrupo D
- 8' Células alares débilmente diferenciadas o no diferenciadas/ alar cells weakly differentiated or undifferentiated.....9
9. Células de la parte superior del filidio elongadas-rectangulares/ upper leaf cells elongated-rectangularGrupo E
- 9'. Células de la parte superior del filidio cuadradas, romboidales o redondeadas/ upper leaf cells square, rhomboid or roundedGrupo F
10. Filidios con costa corta, doble o ausente/ leaves without a costa or costa short and double11
- 10'. Filidios con costa única, bien definida y alcanza al menos la mitad de la lamina/ leaves with a well defined single costa getting at least midleaf.....12
11. Filidios con células alares diferenciadas/ leaves with alar cells distinct.....Grupo G
- 11'. Filidios con células alares no diferenciadas/ leaves with alar cells undifferentiated.....Grupo H
12. Filidios dispuestos de forma complanada/ leaves complanate..... Grupo I
- 12'. Filidios no complanados/ leaves not complanate..... 13
13. Plantas regularmente pinnadas/ plants regularly pinnate.....Grupo J
- 13'. Plantas moderadamente ramificadas/ plants moderately branched.....Grupo K

GRUPO A***Sphagnum* L.**

1. Células corticales del caulidio y de las ramas con fibrillas helicoidales. Filidios rameales anchos, con el ápice obtuso, cuculado. Planta robusta/ cortical cells of stem and branches with spiral fibrils. Branch leaves with blunt, cuculate apices. Plants robust.....2 (sect. *Sphagnum*)
- 1'. Células corticales del caulidio y de las ramas sin fibrillas helicoidales; filidios rameales normalmente estrechos, con el ápice agudo, truncado, no cuculado; plantas robustas o

- no/ cortical cells of stem and branches without spiral fibrils; branch leaves with acute or truncate apices, never cuculate; plants robust or not.....3
2. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal redondeada, localizados en la parte central y totalmente incluidos entre los hialocistos; plantas generalmente rojizas/ branch leaf green cells in cross section rounded, centrally located, completely enclosed by hyaline cells; plants commonly red.....***Sphagnum magellanicum* Brid.**
- 2'. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal elíptica, expuestos en ambas caras y con las paredes externas engrosadas; plantas verdes/ branch leaf green cells in cross section elliptic, exposed on both surfaces and with thickened outer walls, plants green.....***Sphagnum centrale* C.E.O. Jensen**
3. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal ovalados y expuestos igualmente en ambas caras; hialodermis caulinar formado por una capa de células; plantas verde-parduscas/ branch leaf green cells in cross section oval with equal exposure on both surfaces; stem hyalodermis in 1 layer; brownish green plants.....***Sphagnum subsecundum* Nees**
- 3'. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal triangular y expuestos desigualmente hacia una de las caras/ branch leaf green cells in cross section triangular with unequal exposure towards one side.....4
4. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal triangular, expuestos hacia la cara externa/ branch leaf green cells in cross section triangular with more exposure on the outer surface.....***Sphagnum falcatulum* Besch.**
- 4'. Clorocistos de los filidios rameales de sección transversal triangular, expuestos hacia la cara interna/ branch leaf green cells in cross section triangular with more exposure on the inner surface.....5(sect. *Acutifolia*)
5. Filidios caulinares espatulados con los márgenes fimbriados al menos en la mitad apical; plantas delgadas y verde-amarillentas/ stem leaves spatulate, fimbriate around the whole upper part; plants slender and yellowish-green...***Sphagnum fimbriatum* Wilson**
- 5'. Filidios caulinares triangulares, de ápice agudo; plantas delicadas y de color rosa/stem leaves triangular and acute apex; plants delicate and pink.....***Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.**

GRUPO B

Acrocápicos, células laxas, lisas y de paredes delgadas.

7. Filidios marcadamente bordeados; costa excurrente/ Leaves distinctly bordered; excurrent costa.....***Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.**
- 7'. Filidios no bordeados; costa percurrente o subpercurrente/ Leaves not bordered; percurrent costa.....8

- 8 Longitud del caulidio 4-30 mm; filidios lanceolados; yemas ausentes; paroicos/ stem 4-30 mm long; leaves shape lanceolate; gemma lacking; paroicous.....
..... ***Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.**
- 8'. Longitud del caulidio 26-123 mm; filidios oval-lanceolados; yemas infrecuentes, una por axila, ovoides, 170-310 µm de longitud, con tres primordios foliares laminares; sinoicos/ stem 26-123 mm long; leaves shape oval lanceolate; infrequent gemmae, 1 per axil, ovoid, 170-310 µm long, with 3 laminate leaf primordial; synoicous....***Pohlia* sp. 1**

GRUPO C**Acrocárpicas, células densas y costa ancha.**

1. Costa homogénea y más delgada; cápsula marcadamente piriforme; peristoma doble/ homogeneous costa; capsule pyriform; peristome double.....
.....***Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson**
- 1'. Costa heterogénea y más gruesa; cápsula ovoide a oblonga-cilíndrica; peristoma simple/ heterogeneous costa; capsule ovoid to obloid-cylindrical; peristome single.....2 (*Campylopus*)
2. Filidios sin punta hialina, angostos y notoriamente acanalados; sección transversal de la costa con hialocistos ventrales; células foliares superiores rectangulares/ leaves without hairpoints, narrow and very canelated; transverse section of costa with ventral hyalocysts; upper laminal cells rectangular.....***Campylopus pyriformis* (Schultz) Brid.**
- 2'. Filidios con punta hialina / leaves ending in a hyaline hairpoint.....3
3. Puntas hialinas reflexas o recurvadas/ hairpoints reflexed or recurved.....4
- 3'. Puntas hialinas rectas/ hairpoints straight.....5
4. Puntas hialinas reflexas; costa con o sin lamelas dorsales/ hairpoints reflexed; costa with or without dorsal lamellae.....***Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid.**
- 4'. Puntas hialinas recurvadas en ángulos menores a 90°; costa sin lamelas dorsales/ hairpoints recurved less than 90°; costa without dorsal lamellae.....
.....***Campylopus aureonitens* subsp. *recurvifolius* (Dusén) J.-P. Frahm**
5. Células laminares distales cuadradas; filidios estrechamente lanceolados; costa excurrenente en una larga arista/ upper laminal cells quadrate; leaves narrowly lanceolate; costa excurrent in a long awn.....***Campylopus incrassatus* Müll. Hal.**
- 5'. Células laminares distales ovaladas/ upper laminal cells oval.....6
6. Sección transversal de la costa con estereidas ventrales la costa ocupa más de la mitad de la base de la lamina; plantas pequeñas/ transverse section of costa with ventral stereids; costa filling more than 1/2 of leaf width at base; small plants
.....***Campylopus clavatus* (R. Br.) Wilson**

- 6'. Sección transversal de la costa con hialocistos ventrales, la costa ocupa menos de la mitad de la base de la lámina; plantas robustas/ transverse section of costa with ventral hyalocysts; costa filling less than 1/2 of leaf width at base; plants robust.....
*Campylopus acuminatus* Mitt.

GRUPO D

Acrocárpicas, células densas, costa estrecha y células alares diferenciadas.

1. Costa mamilosa en la cara ventral del filidio, caulidios cubiertos por un denso tomento rojo-marronáceo/ ventral surface of leaf costa mamillate, stems densely covered with a red brownish tomentum.....*Chorisodontium aciphyllum* (Hook. f. & Wilson) Broth.
- 1'. Costa lisa en la cara ventral del filidio, caulidios sin tomento rojo-marronáceo/ ventral surface of leaf costa smooth, stems without red brownish tomentum.....2
2. Filidios lanceolados con un largo acumen (igual o más largo que la lamina); costa con 6-12 estereidas visibles en la sección transversal/ leaves lanceolate with long acumen (equal or longer than lamina); costa with 6-12 stereids visible in cross-section..... *Dicranoloma robustum* (Hook. f. & Wilson) Paris
- 2'. Filidios lanceolados con acumen corto; costa con 3-5 estereidas visibles en la sección transversal/ Leaves lanceolate with short acumen; costa with 3-5 stereids visible in cross-section3
3. Filidios falcados, de color verde a amarillo-verdoso/ leaves falcate, green to yellow-green*Dicranoloma billardierei* (Brid. ex Anon.) Paris
- 3'. Filidios fuertemente rectos, de color amarillo-brillante/ leaves strongly straight, bright yellow*Dicranoloma imponens* (Mont.) Renaud

GRUPO E

Acrocárpicas, células densas, costa estrecha, células alares débiles o no diferenciados y células de la parte superior del filidio elongadas-rectangulares.

1. Filidios no bordeados, con estrías longitudinales sólo en la base/ leaves not bordered, with longitudinal striations at base only.....*Breutelia dumosa* Mitt.
- 1'. Filidios bordeados en la base, con estrías longitudinales en toda la superficie/ leaves bordered at base, with longitudinal striations along all the surface.....
*Breutelia subplicata* Broth.

GRUPO F

Acrocárpicas, células densas; costa estrecha, células alares débiles o no diferenciados y células de la parte superior del filidio cuadradas, romboidales o redondeadas.

1. Filidios dispuestos claramente en filas/ leaves clearly ranked.....2

- 1'. Filidios no dispuestos en filas/ Leaves not conspicuously ranked.....4
2. Costa excurrente; células foliares apicales engrosadas y con gruesas mamilas en los ángulos distales; cápsula subglobosa/ costa excurrent; apical leaf cells thickened and with thick mamillae in the distal angles; capsule subglobose.....
.....***Conostomum pentastichum* (Brid.) Lindb.**
- 2'. Costa subpercurrente; células foliares apicales papilosas; cápsula cilíndrica/ costa subpercurrent; apical leaf cells papillose; capsule cylindrical3 (*Zygodon*)
3. Caulidios rastreros con ramas erectas; filidios de más de 2 mm de longitud, con disposición de los claramente pentámera; células basales de la lamina definidas en bandas amarillo-naranjas alternando con bandas hialinas/ stem prostrate with erect branches; leaves more than 2 mm long, clearly 5-ranked; basal leaf cells dimorphic in definite yellow-orange bands alternating with hyaline bands.....
.....***Zygodon pentastichus* (Mont.) Müll. Hal**
- 3' Caulidios erectos; disposición de los filidios difusamente pentámera, nunca mayores de 1 mm; células basales de la lamina sin bandas de colores/ stem erect; diffusely 5-ranked, leaves never more than 1 mm; basal leaf cells without colour bands
.....***Zygodon hookeri* var. *leptobolax* (Müll. Hal.) Calabrese**
4. Filidios con margen dentado, al menos en el tercio superior/ leaves with dentate margin, at least in the upper third.....5
- 4'. Filidios con margen entero/ leaves with entire margin6
5. Margen de los filidios biestratificado, con espinas dobles en la costa, sin papilas en la lamina/ leaf margin bistratificated with double spines on the costa, without papillae.....***Pyrrhobryum mnioides* (Hook.) Manuel**
- 5'. Margen monoestratificado, sin espinas dobles en la costa, con numerosas papilas en toda la lamina/ margin monostratificated without double spines on the costa; numerous papillae throughout the lamina.....
.....***Leptodontium longicaule* var. *microruncinatum* (Dusén) R.H.Zander**
6. Células marginales de la base del filidio con paredes engrosadas en las caras transversales y delgadas en las caras longitudinales. Filidios sin base vaginante/ marginal cells of the base leaf with thickened transverse and thin longitudinal walls; leaves without wide sheathing base.....***Ulota rufula* (Mitt.) A. Jaeger**
- 6'. Células marginales de la base del filidio con paredes delgadas. Filidios subulados con una ancha base vaginante/ marginal leaf cells with thin walls; leaves subulate with wide sheathing base***Dicranella circinata* Herzog**

GRUPO G

Pleurocárpicas, costa no conspicua y células alares no diferenciadas.

1. Costa simple, ocupa casi un tercio del ancho de la lámina; cápsulas lisas/ costa simple, covering almost a third of the lamina width; capsules smooth
.....*Lepyrodon patagonicus* (Cardot & Broth.) B.H. Allen
- 1'. Costa doble y corta o ausente; cápsula no lisa/ costa double and short or absent; capsule not smooth.....2
2. Filidios pequeños (1-2,5 mm de largo), laxamente insertadas, extendidos desde la base y profundamente plegados longitudinalmente/ leaves small (1-2.5 mm long), loosely inserted, spreading from base and deeply longitudinally plicate.....
.....*Ptychomniella ptychocarpa* (Schwägr.) W.R. Buck *et al.*
2. Filidios medianos a grandes, densamente imbricados, escuarrosos o recurvados y plegados sólo en la base/Leaves medium or large size, densely imbricate, squarrose or recurved and plicate only at base3
3. Filidios medianos (2-4,1 mm), fuertemente escuarrosos desde la mitad de la lámina, ápice abruptamente acuminado/ leaves medium size (2-4.1 mm), strongly squarrose, from midleaf apex abruptly acuminate..... *Ptychomnion densifolium* (Brid.) A. Jaeger
- 3'. Filidios grandes (4-6,8 mm), moderadamente recurvados, ápice gradualmente acuminado/ Leaves long (4-6,8 mm), recurved, apex gradually acuminate.....
.....*Ptychomnion cygnisetum* (Müll. Hal.) Kindb.

GRUPO H

Pleurocárpicas, costa no conspicua y células alares diferenciadas.

1. Células alares débilmente diferenciadas/ alar cells weakly differentiated.....2
- 1'. Células alares fuertemente diferenciadas/ alar cells strongly differentiated.....3
2. Filidios con las células alares pigmentadas de color amarillo-marronáceo y marcadamente excavadas; ramas flageliformes usualmente presentes/ alar cells excavated, yellowish-brown pigmented; flagelliform branches usually present
.....*Hypnum cupressiforme* var. *mossmanianum* (Müll. Hal.) Ando
- 2'. Filidios con las células alares hialinas fuerte o débilmente excavadas; ramas flageliformes ausentes/ alar cells hyaline, slightly or strongly excavated; flagelliform branches lacking.....*Hypnum chrysogaster* Müll. Hal.
3. Filidios anchamente lanceolados, gradualmente angostada en un acumen largo y delgado/ leaves broadly lanceolate, gradually narrowed into a long slender acumen
..... *Rhaphidorrhynchium callidum* (Mont.) Broth.
- 3'. Filidios anchamente ovado-oblongos, de ápice obtuso o abruptamente acuminado/ leaves broadly ovate-oblong, apex obtuse or abruptly acuminate.....4

4. Filidios caulinares oblongos a cordado-ovados con ápice redondeado u obtuso; las células alares forman un grupo bien definido redondeado a anchamente ovado/ stem leaves oblong to cordate-ovate, apex rounded or obtuse, alar cells forming a well defined rounded to broadly ovate group.....***Acrocladium auriculatum* (Mont.) Mitt.**
- 4'. Filidios caulinares oblongo-ovados con ápice abruptamente acuminado; células alares forman un grupo bien definido triangular o subcuadrado; ramas agudas con las puntas rígidas/ stem leaves oblong-ovate, with abruptly acuminate apex; alar cells forming a very well delimited group, triangular or ± quadrate; branches acute with stiff tips.....***Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske**

GRUPO I**Pleurocárpicas, costa conspicua y complanados.**

1. Plantas pequeñas (1,5-2,5 cm); filidios laterales simétricos, oblongos, de base angosta/
Plants small (1.5-2.5 cm); lateral leaves symmetrical, oblong, with a narrow base
.....***Distichophyllum dicksonii* (Hook. & Grev.) Mitt.**
- 1'. Plantas medianas a grandes (3- 10 cm); filidios laterales asimétricos, ancho-ovados/
Plants medium to large (3 - 10 cm); lateral leaves asymmetrical, broad-ovate2
2. Plantas medianas (3-6 cm), anfigastros rameales sub-orbiculares, con margen entero/
Plants medium-sized (3-6 cm), stem underleaves suborbicular, with entire margins
.....***Hypopterygium didictyon* Müll. Hal.**
- 2'. Plantas robustas (4-10 cm), anfigastros rameales ovados, con márgenes dentados/
plants robust (4-10 cm), stem underleaves ovate, with dentate margins.....
.....***Dendrohypopterygium arbuscula* (Brid.) Kruijer**

GRUPO J**Pleurocárpicas, costa conspicua, NO complanados y regularmente pinnados.**

1. Filidios dimórficos, filidios caulinares acuminados y filidios rameales linear-lanceolados/
leaves dimorphic, stem leaves acuminate and branch leaves linear-lanceolate.....***Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra**
- 1'. Filidios monomórficos/ leaves monomorphic.....2
2. Caulidios con numerosos parafilos; células de la lámina papilosas/ stems with numerous paraphyllia; leaf cells papillose...***Thuidiopsis furfurosa* (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch.**
- 2'. Caulidios sin parafilos; células de la lámina lisas/ stems without paraphyllia; leaf cells smooth.....3
3. Hábito claramente diferenciado en un caulidio principal a modo de estipete, caulidios secundarios y ramificaciones; ramas primarias dispuestas muy próximas a lo largo del caulidio; costa de los filidios caulinares bien desarrollada; células medias de la lámina

marcadamente proradas/ habit clearly differentiated with a stipe, stem, and branch system; primary branches closely spaced along stem; costa of stem leaves well-developed; median leaf cells extremely prorate.....

..... ***Rigodium brachypodium* (Müll. Hal.) Paris**

3'. Hábito no diferenciado en estipete y ramificaciones; ramas primarias dispuestas separadamente a lo largo del caulidio; costa puede ser corta, débil, doble o estar ausente; células medias de la lámina sin papilas/ habit without clearly differentiated stipe and stem, usually with very little secondary and essentially no tertiary branching; primary branches widespread, remote; stem leaves often ecostate or with short, double, or weak costa; median leaf cells prorulose without dorsally projecting papillae

.....***Rigodium pseudothuidium* Dusén**

Grupo K

Pleurocárpicas, costa conspicua, no complanados y no regularmente pinnados.

1. Filidios ovado-lanceolados, fuertemente falcado-secundos; células alares que forman un claro grupo triangular; células del margen foliar sin paredes porosas; seta lisa/ leaves ovate-lanceolate, strongly falcate-secund; alar cells forming a clear triangular group; leaf margin cells without porose walls; seta smooth...***Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske**

1'. Filidios linear-lanceolados, rectos; sin grupo alar definido; células del margen foliar con paredes porosas; seta escabrosa en la parte superior/ Leaves linear-lanceolate, straight, without defined alar group; leaf margin cells with porose walls; seta rough at the top ***Daltonia gracilis* Mitt.**

Lista alfabética de los taxones incluidos en la clave

Acrocladium auriculatum

Breutelia dumosa

Breutelia subplicata

Bryum pseudotriquetrum

Calliergonella cuspidata

Campylopus acuminatus

Campylopus aureonitens subsp. *recurvifolius*

Campylopus clavatus

Campylopus incrassatus

Campylopus introflexus

Campylopus pyriformis

Chorisodontium aciphyllum

Conostomum pentastichum

Daltonia gracilis

Dendrohypopterygium arbuscula

Dicranella circinata

Dicranoloma billardierei

Dicranoloma imponens

Dicranoloma robustum

Distichophyllum dicksonii

Eucamptodon perichaetialis

Hypnum chrysogaster

Hypnum cupressiforme var. *mossmanianum*

Hypopterygium didictyon

Kindbergia praelonga

Leptobryum pyriforme

Leptodontium longicaule var. *microruncinatum*

Lepyrodion patagonicus

Pohlia nutans

Pohlia sp. 1

Polytrichastrum longisetum

Ptychomniella ptychocarpa

Ptychomnion cygnisetum

Ptychomnion densifolium

Pyrrhobryum mnioides

Racomitrium geronticum

Rhaphidorrhynchium callidum

Rigodium brachypodium

Rigodium pseudothuidium

Sanionia uncinata

Sphagnum capillifolium

Sphagnum centrale

Sphagnum falcatulum

Sphagnum fimbriatum

Sphagnum magellanicum

Sphagnum subsecundum

Thuidiopsis furfurosa

Uloa rufula

Zygodon hookeri var. *leptobolax*

Zygodon pentastichus



Fig. 1.3.1. Fotografías a) *Sphagnum magellanicum* Brid., b) *Sphagnum falcatulum* Besch., c) *Sphagnum fimbriatum* Wilson, d) *Eucamptodon perichaetialis* (Mont.) Mont., e) *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., f) *Campylopus acuminatus* Mitt., g) *Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L. Sm., h) *Racomitrium geronticum* Müll. Hal., i) *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.



Fig. 1.3.2. Fotografías a) *Dicranoloma robustum* (Hook. f. & Wilson) Paris, b) *Dicranoloma billardierei* (Brid. ex Anon.) Paris, c) *Dicranoloma imponens* (Mont.) Renauld, d) *Ulota rufula* (Mitt.) A. Jaeger, e) *Breutelia subplicata* Broth., f) *Conostomum pentastichum* (Brid.) Lindb., g) *Ptychomnion cygnisetum* (Müll. Hal.) Kindb., h) *Zygodon pentastichus* (Mont.) Müll. Hal., i) *Dicranella circinata* Herzog, j) *Ptychomniella ptychocarpa* (Schwägr.) W.R. Buck *et al.*

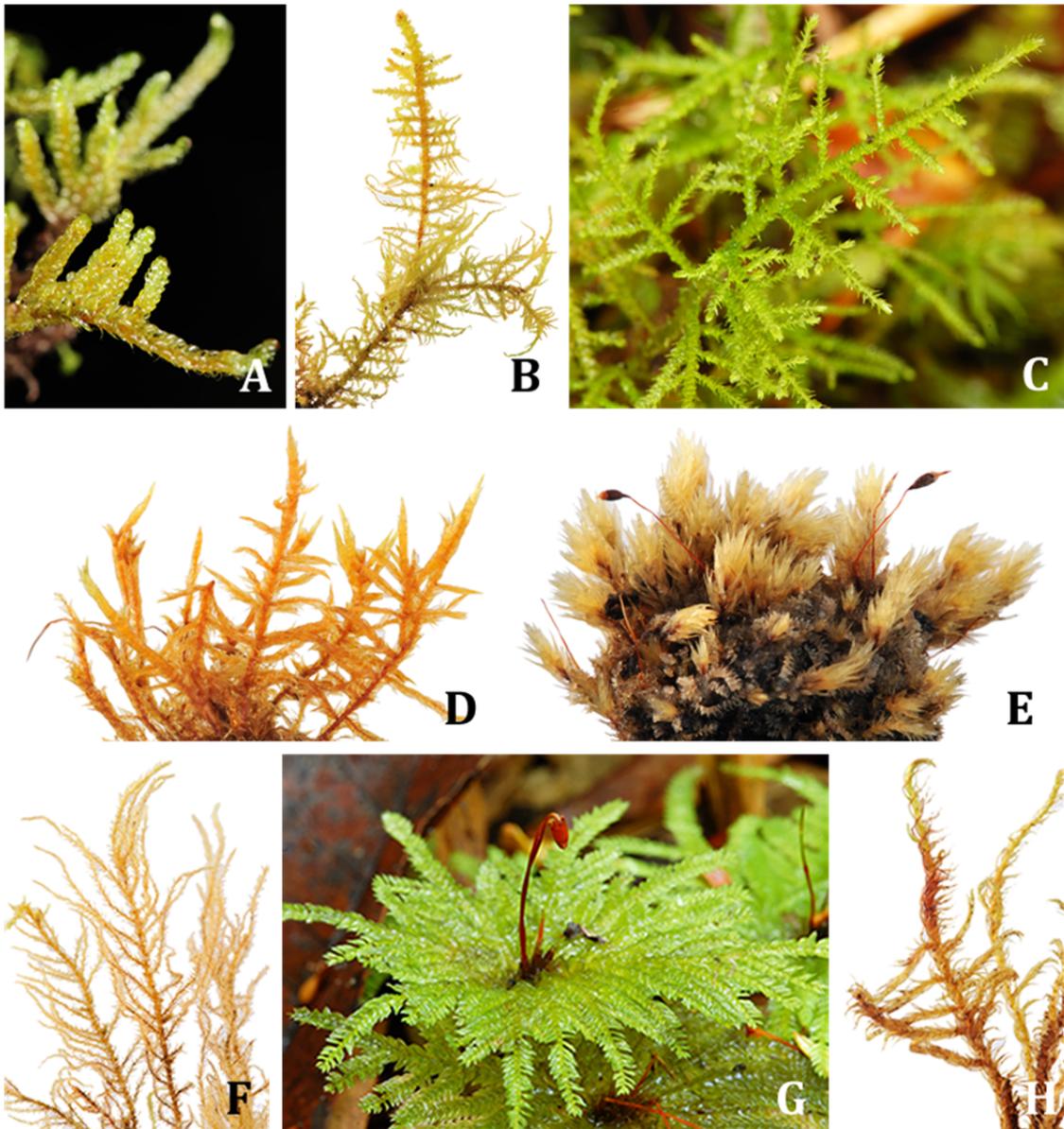


Fig. 1.3.3. Fotografías a) *Hypnum chrysogaster* Müll. Hal., b) *Thuidiopsis furfurosa* (Hook. f. & Wilson) M. Fleisch., c) *Rigodium pseudothuidium* Dusén, d) *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, e) *Daltonia gracilis* Mitt., f) *Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra, g) *Dendrohypopterygium arbuscula* (Brid.) Kruijer, h) *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske.

Clave para especies de hepáticas presentes en turberas y tepuales de la Isla de Chiloé/ Key to liverwort species of peatland and *Tepualia* forests of Isla Grande de Chiloé

- 1. Plantas talosas/ plants thalloid.....Grupo A
- 1'. Plantas foliosas/ plants leafy.....2
- 2. Filidios conduplicados/ leaves conduplicate.....Grupo B
- 2'. Filidios no conduplicados / leaves not conduplicate3
- 3. Filidios profundamente divididos en segmentos filiformes de no más de dos células de ancho en la base/ leaves deeply dissected into hair like segments which are not more than 1-2 cells wide at base.....Grupo C
- 3'. Filidios enteros o divididos en segmentos de más de dos células de ancho en la base/ leaves undivided or divided into segments which are more than 2 cells wide at base....4
- 4. Filidios del caulidio con 3-10 lóbulos/ Leaves of mature stems always 3-10 lobed.....Grupo D
- 4'. Filidios del caulidio sin lóbulos o con 2 lóbulos; margen de los filidios entero, dentado o ciliado/ Leaves of mature stems non-lobed or 2-lobed; leaf margins entire, dentate or ciliate.....5
- 5. Inserción de los filidios claramente íncuba/ leaf insertion clearly incubous.....Grupo E
- 5'. Inserción de los filidios transversa o súcuba/ leaf insertion transverse or succubous....6
- 6. Anfigastros ausentes o reducidos/ underleaves lacking or minute.....7
- 6'. Anfigastros presentes/ underleaves distinct.....8
- 7. Inserción de los filidios claramente súcuba/ leaf insertion clearly succubous.....Grupo F
- 7'. Inserción de los filidios transversa o ligeramente súcuba / leaf insertion transverse or slightly succubousGrupo G
- 8. Cutícula estriada a papilosa/ cuticle striate to papillose.....Grupo H
- 8'. Cutícula lisa/ cuticle smooth..... Grupo I

GRUPO A

Talosas/thallose

- 1. Talos con proyecciones pluricelulares/ thallus with multicellular projections2
- 1'. Talos sin proyecciones pluricelulares/ thallus without multicellular projections.....4

2. Talos con un estrato de células cónicas vacías imbricadas/ thallus with a layer of overlapping empty cone cells***Riccardia prehensilis* (Hook. & Tayl.) C. Massal.**
- 2'. Talos sin estrato de células periféricas vacías/ thallus without a layer of overlapping empty cone cells3
3. Proyecciones pluricelulares escuamiformes/ multicellular projections squamiform.....***Riccardia spinulifera* A. Massal.**
3. Proyecciones pluricelulares filiformes/ multicellular projections filiform.....
.....***Riccardia hyalitricha* Hässel**
4. Talos filamentosos, ancho 1-2,5 veces el espesor; células pequeñas con paredes engrosadas/ thallus filamentous, wide 1 to 2.5 times the thickness; small cells with thickened walls***Riccardia alcicornis* (Hook. f. & Tayl.) Trev.**
- 4'. Talos acintados, el ancho del eje más de 2,5 veces el espesor/ Thallus ribbon-shaped, wide more than 2.5 times the thickness5
5. Diámetro de las células periféricas aproximadamente igual a las células internas, las células periféricas no forman una capa bien definida; ramas pinnadas a pluripinnadas; células epidérmicas con paredes engrosada/ diameter of the peripheral cells approximately equal to inner cells, peripheral cells do not form a well-defined layer; branches pinnate to pluripinnate; epidermal cells with thickened walls.....
.....***Riccardia amnicola* Hässel**
- 5'. Diámetro de las células periféricas menor que el de las células internas; las células periféricas forman una o dos capas bien definidas/ diameter of the peripheral cells smaller than the inner cells; peripheral cells forming one or two well-defined layers.....6
6. Plantas que forman tapices densos, ápices de los ejes dirigidos en el mismo sentido; ramas muy cortas; diámetro de la células internas similares; talo craso/ plants forming dense carpets; apices of the axes directed along the same lines; branches very short; diameter of the inner cells similar; thallus gross.....
.....***Riccardia floribunda* (Stephani) A. Evans**
- 6'. Plantas rastreras, se mezclan con otros briófitos; ramas simples a pinnadas; diámetro de las células internas laterales mayor a las centrales; talo laminar/ plants creeping, mixed with other bryophytes; branches simple to pinnate; diameter of the inner cells larger than the central cells; thallus laminar
.....***Riccardia rivularis* Hässel**

GRUPO B

Foliosas y conduplicadas/ leafy and conduplicate.

1. Inserción de los filidios transversa o súbica/ leaf insertion transverse or succubous.....2
- 1'. Inserción de los filidios incuba/ leaf insertion inccubous3

2. Filidios con lamelas dentadas; línea de inserción simple/ leaves with dentate lamellae; insertion line single.....***Schistochila lamellata* (Hook.) Dumort.**
 Anfigastros bífidos desde 4/5 de su longitud; células foliares alargadas paralelamente a las lamelas, con paredes hialinas delgadas/ underleaves bifid from 4/5 its length; leaf cells elongated parallel to the lamellae, with thin hyaline walls.
- 2'. Filidios sin lamelas dentadas; línea de inserción compleja/ leaves without dentate lamellae; insertion line complex.....***Balantiopsis cancellata* (Nees) Stephani**
 Lóbulo dorsal fuertemente aplastado sobre el lóbulo ventral; plantas frecuentemente con una pigmentación de color rojo oscuro; lóbulos dorsales dentado-laciniada, estrechados hacia el ápice/ dorsal lobes strongly flattened over the ventral lobes; plants frequently with a deep red pigmentation; dorsal lobes dentate-laciniate, narrowed to the apex.
3. Anfigastros ausentes/ underleaves absent..... ***Radula***
 Lóbulo dorsal ovado, cóncavo; lóbulo ventral ½ del tamaño del lóbulo dorsal/ Dorsal lobe ovate, concave; ventral lobe half the size of dorsal lobe
***Radula decora* Gottsche ex Stephani**
- 3'. Anfigastros presentes/ underleaves present.....4
4. Anfigastros enteros y sin dientes/ underleaves entire and toothless.....***Porella***
 Trígonos bien desarrollados con forma de nudo; boca del perianto estrecha, cortamente ciliada, cilios de 1 a 3 células de paredes gruesas; ápices de los anfigastros redondeados y recurvados; lóbulos y anfigastros de tamaños similares/ trigones large, knot-like; perianth mouth narrow, shorth-ciliate, the cilia of 1 to 3 thick-walled cells; underleaves rounded and recurved at apex; lobes and underleaves usually of similar size.
***Porella subsquarrosa* (Nees & Mont.) Trevis.**
- 4'. Anfigastros bilobulados o con margen irregular/ underleaves bilobed or with irregular margin.....5
5. Lóbulo ventral unido casi totalmente con el lóbulo dorsal a lo largo de una quilla alargada; perianto usualmente pentagonal; papila hialina distal al diente del lóbulo ventral; plantas verdes a verde-amarillento/ ventral lobe united for most of their length with dorsal lobe along an elongated keel; perianth usually pentagonal; hyaline papilla distal to ventral lobe tooth; plants green to yellow-green.....
***Cheilolejeunea***
- 5'. Lóbulo ventral casi libre del lóbulo; plantas normalmente rojizas, marronáceas o verde oscuro/ ventral lobe nearly free from the dorsal lobe; plants often with reddish, brownish, or dark green coloration.....6
6. Márgenes de los lóbulos enteros/ Leaf margins entire..... ***Frullania***
 Lóbulos ventrales inflados, insertos oblicuamente; estilo agudo, inconspicuo, de sólo unas pocas células/ ventral lobes inflated, obliquely inserted; stylus acute, inconspicuous, of only a few cells. ***Frullania boveana* C. Massal.**
- 6'. Márgenes de los lóbulos ciliados/ Leaf margins ciliate.....7
7. Anfigastros del eje principal bífidos/ Underleaves of main axis bifid.....***Gackstroemia***
 Lóbulos dorsales del eje principal armados y auriculados en la base dorsal; cilios de los lóbulos dorsales de los filidios rameales y lóbulos ventrales galeados siempre presentes/ dorsal

lobes of main axis armed and auriculate; cilia of dorsal lobes of branch leaves and helmets consistently present. *Gackstroemia magellanica* (Lam.) Trevis.

- 7'. Anfigastros del eje principal cuadrífidos/ underleaves of main axis quadrifid.....
*Lepidogyna*
 Parafilos presentes; lóbulo dorsal cordado; lóbulo ventral lanceolado o cilíndrico con un diente unciforme; trígonos pequeños/ paraphyllia present; dorsal lobe cordate; ventral lobe lanceolate or cylindrical with a unciform tooth; trigones small.
Lepidogyna menziesii (Hook.) R.M. Schust.

GRUPO C

Foliasas, filidios con segmentos filiformes/ leafy, leaves with hair like segments.

1. Lamina obtrapezoidal, 5 segmentos, cada segmento con varios cilios opuestos; hialoderma ausente/ lamina obtrapezoidal, 5 segments, segments with several cilia opposite; hyaloderm absent..... *Leiomitra*
 Caulidios sin parafilos; lamina sin cilios superficiales; algunas de las divisiones de los segmentos de los filidios recurvadas/ stems without paraphyllia; lamina of leaf without superficial cilia; some of the divisions of leaf segments recurved
Leiomitra elegans (Lehm.) Hässel de Menéndez
- 1'. Lamina rectangular, (2)4-6 segmentos, uniseriados, sin cilias opuestas; hialoderma presentes/ lamina rectangular, (2)4-6 segments, uniseriate, without opposite cilia; hyaloderm present.....2 (*Telaranea*)
2. Lamina de los filidios caulinares con 3 ó 4 células de alto; segmentos con 4 a 6 células de largo; perianto con boca crenulada/ stem leaves with a lamina of 3 or 4 rows of cells high; segments 4 or 6 cells long; perianth mouth crenulate.....
*Telaranea plumulosa* (Lehm. & Lindenb.) Fulford
- 2'. Lamina de los filidios caulinares con 1 ó 2 células de alto; segmentos rectos y rígidos con 5 a 6 células de largo; perianto con boca ciliada/ stem leaves with a lamina 1 or 2 rows of cells high; segments straight and stiff, 5 or 6 cells long; perianth mouth ciliate.....*Telaranea blepharostoma* (Stephani) Fulford

GRUPO D

Foliasas, filidios caulinares con 3-10 lóbulos/ leafy and stem leaves 3-10 lobed.

1. Isófilos (anfigastros y filidios laterales del mismo tamaño y forma)/ isophyllous (underleaves similar to lateral leaves in size and shape).....2
- 1'. Anisófilos (anfigastros y filidios laterales de tamaño y forma diferente)/ anisophyllous (underleaves differing in form and size from lateral leaves).....3
2. Plantas robustas (5-8 mm ancho); filidios laterales y anfigastros lacinados/ plants robust (5-8 mm wide); stem leaves and underleaves laciniate.....*Lepicolea*
 Segmentos terminados en una hilera de largas células hialinas, persistentes; vitta ausente/ leaf-segments ending in a hyaline tip of a few to several long cells; vitta absent.

Lepicolea ochroleuca (L. f. ex Spreng.) Spruce

- 2'. Plantas pequeñas (0,3-0,6 mm ancho); filidios laterales y anfigastros enteros/ plants minute (0.3-0.6 mm wide); stem leaves and underleaves entire.....***Kurzia***
 Base de los segmentos de los filidios con 5 a 10 células de ancho; filidios erecto-extendidos; sólo los segmentos ligeramente incurvados; caulidio con una capa de 12 células corticales grandes/ base of leaf segments 5 to 10 cells wide; leaves erect-spreading, segments only slightly incurved; stem with a layer of 12 large cortical cells.
***Kurzia setiformis* (De Not.) J.J. Engel & R.M. Schust.**
3. Filidios con 2-3 dientes en el ápice; ramificación bifurcada; plantas 1-6 mm ancho/ Leaves with 2-3 teeth at apex; branching forked; plants 1-6 mm wide.....***Bazzania***
 Filidios con 3 dientes en el ápice, sin vita; anfigastros con margen dentado- aserrado, borde hialino y connado con un par de filidios laterals/ Leaves 3-thoothed, without vitta; underleaves with margin dentate- aserrate, hyaline border and connate with a pair of lateral leaves.
***Bazzania peruviana* (Nees) Trevis.**
- 3'. Filidios divididos en 4-6 segmentos; ramificación bippinada; plantas 0,5-1,5 ancho/ Leaves divided into 4-6 segments; branching bipinnate; plants 0.5-1.5 wide.....4(***Lepidozia***)
4. Margen de los filidios y los anfigastros sin dientes o cilios/ margin of leaves and underleaves without teeth or cilia.....5
- 4'. Margen de los filidios y los anfigastros con uno o varios dientes o cilios/ margin of leaves and underleaves with one to several teeth or cilia.....6
5. Segmentos de los filidios conspicuous en pares, incurvados; células foliares grandes, usualmente 16-25 X 16-20 µm en la base del segmento; cuticula lisa/ leaf segments in conspicuous pairs, incurved; leaf-cells large, usually 16-25 X 16-20 µm at base of a segment; cuticule smooth.....***Lepidozia fuegiensis* Stephani**
- 5'. Segmentos de los filidios no conspicuous en pares, 4 a 6 células de ancho en la base; células foliares 17-20 X 20 µm en la base del segmento; cutícula papilosa/ leaf segments not conspicuous in pairs, 4 to 6 cells wide at base; leaf-cells 17-20 X 20 µm at the base of a segment; cuticule papillose.....
***Lepidozia laevifolia* (Hook. f. & Taylor) Gottsche, Lindenb. & Nees**
6. Margen dorsal de los filidios con un diente afilado; lamina del anfigastro con al menos un diente grande en la base/ dorsal margin of the leaf with a sharp tooth; underleaf lamina with at least one large tooth at either base..... ***Lepidozia chordulifera* Taylor**
- 6'. Margen dorsal de los filidios denticulado y cortamente ciliado o con algunos dientes cercanos a la base; lamina del anfigastro con dientes laterales en cada lado/ dorsal margin of the leaf denticulate, and short-ciliate or with several teeth near the base; underleaf lamina usually with a lateral tooth on either side.....
***Lepidozia chiloensis* Stephani**

GRUPO E

Foliosas, filidios caulinares sin lóbulos o con 2 lóbulos, íncuba/ leafy, leaves of mature stems 0-lobed or 2-lobed, incubous.

1. Isófilos o subisófilos (anfigastros y filidios laterales del mismo tamaño y forma)/ isophyllous or subisophyllous (underleaves similar to lateral leaves in size and form).....2
- 1'. Anisófilos (anfigastros y filidios laterales de tamaño y forma diferente)/ anisophyllous (underleaves differing in form and size from lateral leaves).....3
2. Filidios claramente vitados, vita con células elongadas extendidas en cada lóbulo, filidios falcado- lanceolados, profundamente bífidos (50-70% del filidio); lóbulos lanceolados a acuminados/ leaves distinctly vittate, vitta of elongate cells extended into each lobe; leaves falcate-lanceolate, deeply bifid (50-70% of the leaf), lobes lanceolate to acuminate.....**Herbertus**
 Filidios y anfigastros dos veces más largos que anchos; lóbulos de filidios y anfigastros acuminados por sólo 2 ó 3 células; vita que cubre la mitad del ancho de la base, terminada muy por debajo del ápice; trígonos trirradiados y paredes gruesas/ leaves and underleaves more than twice as long as wide; lobe of leaves and underleaves acuminate by only 2 or 3 cells; vitta covering about half the width of the base, ending well below the apex; triradiate trigones and thick walls. **Herbertus runcinatus (Taylor) Kuhnem.**
- 2'. Filidios nunca vitados, bilobulados (5-50% del filidio); lóbulos nunca lanceolados o acuminados/ Leaves never vittate, bilobed (5-50% of the leaf); lobes never lanceolate or acuminate.....**Isotachis**
 Filidios con numerosos dientes marginales; márgenes de anfigastros con 4 o varios dientes anchos; células medias de los filidios sin engrosamientos intermedios; trígonos conspicuos; cutícula ligeramente papilosa/ leaves with numerous marginal teeth; margins of underleaves with 4 to many broad teeth; median leaf cells without intermediate thickenings; trigones conspicuous; cuticle slightly papillose. **Isotachis madida (Hook. f. & Taylor) Mitt.**
3. Filidios no lobulados, ápice entero o bidentado; células corticales con paredes gruesas/ leaves unlobed, apices entire or bidentate; cortical cells with thick wall.....**Calypogeia**
 Anfigastros bilobulados con rizoides en la base/ underleaves bilobed with rhizoids at base. **Calypogeia sphagnicola (Arnell & J. Perss.) Warnst. & Loeske**
- 3'. Filidios profundamente bífidos o trífidos; lóbulos lanceolados a acuminados; células corticales con paredes finas/ leaves deeply bifid or trifid, lobes lanceolate to acuminate; cortical cells with thin wall.....**Acromastigum**
 Lóbulo ventral de casi el doble de largo que el lóbulo dorsal; paredes celulares claramente pigmentadas de amarillo o marrón, especialmente en células corticales/ ventral segment of nearly twice as long as dorsal segment; cell walls distinctly pigmented with yellow or brown, specially cortical cells. **Acromastigum anisostomum (Lehm. & Lindenb.) A. Evans**

GRUPO F

Foliosas, filidios caulinares sin lóbulos o con 2 lóbulos, anfigastros ausentes o reducidos, claramente súcubas / leafy, leaves of mature stems un-lobed or 2-lobed, underleaves lacking or minute, clearly succubous.

1. Ramificaciones predominantemente ventral-intercalares, plantas muy pequeñas (0,5-1 mm de ancho); filidios bilobulados/ branching predominantly ventral-intercalary, irregular; plants very small (0.5-1 mm wide); leaves bilobed.....
.....*Cephalozia skottsbergii* Steph.
- 1'. Ramificaciones predominantemente lateral-intercalares, plantas medianas a robustas (4-8 mm de ancho); filidios enteros a dentados/ Branching predominantly lateral-intercalary; plants medium to robust (4-8 mm wide); leaves entire to dentate.....2
2. Filidios largo trapezoidal a rectangular/ leaves long trapezoidal to rectangular.....
.....3
- 2'. Filidios ovalados a obcuneados/ leaves oval to obcuneate.....5
3. Filidios rectangulares curvados, márgenes ventrales y dorsales sin dientes/ leaves curved rectangular, ventral and dorsal margin without teeth.....
.....*Plagiochila lophocoleoides* Mont.
- 3'. Filidios trapezoidales, márgenes ventrales y dorsales con dientes/ leaves trapezoidal, ventral and dorsal margin with teeth.....4
4. Plantas lateralmente comprimidas en condiciones secas; filidios trapezoidales; ápice de los filidios con 2-3 dientes desiguales y fuertes; células medianas isodiamétricas/ plants laterally compressed in dry condition; leaves trapezoidal; leaf apex with 2-3 strong unequal teeth; median cells isodiametric.....
.....*Plagiochila stictaecola* Mont. & Gottsche
- 4'. Plantas planas en condiciones secas; filidios largamente trapezoidales; ápice de los filidios con 2-5 dientes desiguales y fuertes; células medianas longitudinalmente elongadas/ plants flat in dry condition; leaves long trapezoidal; leaf apex with 2-5 unequal strong teeth; median cells longitudinally enlarged
.....*Plagiochila rubescens* (Lehm. & Lindenb.) Lindenb.
5. Plantas arborescentes/ plants arborescent.....6
5. Plantas no arborescentes/ plants not arborescent.....7
6. Plantas dendroides (5-8 cm de largo); filidios bastante distantes; margen dorsal del filidio entero, 3-4 dientes cortos cercanos al ápice de 1 célula de largo; margen ventral del filidio con 6-7 dientes de 3-4 células de longitud/ plants dendroid (5-8 cm long); leaves quite distant; dorsal leaf margin entire, 3-4 short teeth with 1 cell long near the apex of leaf; ventral leaf margin with 6-7 teeth with 3-4 cells long.....
.....*Plagiochila subpectinata* Besch. & C. Massal.
- 6'. Plantas cortamente arborescentes (1-1,8 cm de largo), originadas a partir de un vigoroso sistema rastrero con ramas estoloníferas con micrófilos; filidios imbricados con los

dientes de diferente tamaño alrededor de todo el margen (20-30 dientes)/ plants short arborescent (1-1,8 cm long), originated from a vigorous creeping system with stoloniferous microphyllous branches; leaves imbricate; teeth of different size , all around leaves (20-30 teeth).....***Plagiochila lechleri* Gottsche**

7. Filidios imbricados; dientes del margen con 1-2 células de largo/ leaves imbricate; teeth margin with 1-2 cells long.....***Plagiochila hookeriana* Lindenb.**
- 7'. Filidios distantes; dientes del margen con 1-5 células de largo/leaves distant; teeth margin with 1-5 cells long.....***Plagiochila chonotica* Tayl.**

GRUPO G

Foliosas, filidios caulinares sin lóbulos o con 2 lóbulos, anfigastros ausentes o reducidos, inserción transversa o ligeramente súcuba/ leafy, leaves of mature stems unlobed or 2-lobed, underleaves lacking or minute, transverse or slightly succubous.

1. Filidios insertados y orientados transversalmente; filidios bífidios/ leaves inserted and oriented transversely; leaves bifid.....***Anastrophyllum***
 Filidios fuertemente falcado-secundos, asimétricos, en general superpuestos dorsalmente; margen de los filidios liso y entero, en ocasiones débilmente crenulado/ leaves strongly falcate-secund, asymmetric, broadly overlapping dorsally; leaf margins smooth and entire, sometimes weakly crenulate. ***Anastrophyllum schismoides* (Mont.) Stephani**
- 1'. Filidios oblicuamente insertos y orientación ligeramente súcuba, al menos la mitad de la inserción casi horizontal/ leaves obliquely inserted and slightly succubously oriented, at least half of the insertion nearly horizontal.....2
2. Ramificación terminal completamente ausente; flagelos regularmente producidos/ terminal branching completely absent; flagellae regularly produced.....***Cryptochila***
 Superficie de las células lisa; trígonos ausentes; cortex caulinar con 3 (4) capas de células de paredes fuertemente engrosadas/ leaf surface smooth; trigones lacking; stem cortex in 3 (4) cell layers with strongly thickened walls. ***Cryptochila grandiflora* (Lindenb. & Gottsche) Grolle**
2. Ramificación terminal presente; flagelos producidos sólo en raras ocasiones y de forma esporádica, normalmente ausentes/ terminal branching present; flagellae only rarely and sporadically produced, mostly absent ***Jamesoniella***
 Superficie de las células con gruesas papilas; trígonos medianos a abultados; córtex caulinar pobremente diferenciado en una capa de células engrosadas/ leaf surface coarsely papillose; trigones medium to bulging; stem cortex poorly differentiated in 1 layer of thickened cells. ***Jamesoniella colorata* (Lehm.) Stephani**

GRUPO H

Foliosas, filidios caulinares sin lóbulos o con 2 lóbulos, anfigastros presentes, cutícula estriada a papilosa/ leafy, leaves of mature stems un-lobed or 2-lobed, underleaves distinct, cuticle striate a papillose.

2. Filidios ovado, no dividido; perianto ausente/ Leaves ovate, undivided; perianth absent.....*Saccogynidium australe* (Mitt.) Grolle
- 2'. Filidios bífidos; perianto presente/ leaves bifid; perianths present3
3. Filidios ovoides a oblongos; márgenes foliares enteros/ leaves ovoid to oblong; leaf margins entire.....*Nothostrepta*
 Filidios siempre más largos que anchos; anfigastros lanceolados, connados en la base de uno de los filidios laterales, siempre presentes hacia el ápice del caulidio/ leaves always longer than wide; underleaves lanceolate, connate at the base with one leaf, almost always present toward stem apices. *Nothostrepta bifida* (Stephani) R.M. Schust.
- 3'. Filidios obtrapezoidales; márgenes foliares dentado-lacinados/ leaves obtrapezoidal; leaf- margins dentaculate-lacinata..... *Balantiopsis*
 Filidios asimétricos; lóbulo dorsal menor que la mitad del lóbulo ventral; anfigastros aovados y bífidos/ asymmetric leaves; dorsal lobe less than half of ventral lobe; underleaves ovate and bifid. *Balantiopsis asymmetrica* (Herzog) J.J. Engel

GRUPO I

Foliosas, filidios caulinares sin lóbulos o con 2 lóbulos, anfigastros presentes, cutícula lisa/ leafy, leaves of mature stems un-lobed or 2-lobed, underleaves distinct, cuticle smooth.

2. Hialodermis presente; inserción de los filidios transversa/ hyaloderm present; leaf insertion transverse..... *Hyalolepidozia*
 Filidios bífidos con una clara orientación íncuba, más anchos que el caulidio y ± contiguos/ leaves bifid, clearly incubously oriented, wider than stem and ±contiguous. *Hyalolepidozia bicuspidata* (C. Massal.) S.W. Arnell ex Grolle
- 2'. Hialodermis ausente; inserción del filidios súcuba/ hyaloderm absent; leaf insertion succubous.....3
3. Perianto muy comprimido lateralmente, boca truncada, ancha, con 2 labios/ perianth strongly laterally compressed, mouth truncate, wide, 2-lipped.....*Leptoscyphus*
 Filidios enteros; boca del perianto dentada; plantas no comprimidas lateralmente; anfigastros bífidos, segmentos divergentes, sinus obtuso, base de los segmentos con 3 células de ancho/ leaves entire; perianth mouth dentate; plants not laterally compressed; underleaves bifid, segments divergent, sinus obtuse, segments 3 cells wide at base. *Leptoscyphus huidobroanus* (Mont.) Gottsche
- 3'. Perianto trígono a trígono inflado/ perianth trigonous to trigonous inflated.....
4 (*Chiloscyphus*)
4. Ápice de los filidios enteros o con algunos pocos dientes esporádicos/ leaf apices entire or with a few sporadic teeth.....5

- 4'. Ápice de los filidios dentados, lobulados, bífidos/ leaf apices dentate, lobate or bifid.....7
.....7
5. Filidios fuertemente concavos de forma adaxial, orbiculares a reniformes; anfigastros orbicularis a subrectangulares, ápices enteros o cortamente bífidos/ leaves deeply adaxially concave, orbicular to reniform; underleaves orbicular to subrectangular, apices undivided or shorty bifid.....
.....***Chiloscyphus humilis* (Hook. f. & Taylor) Hässel de Menéndez**
- 5'. Filidios planos o convexos, no adaxialmente concavos, ovados; anfigastros bífidos con numerosos dientes laterales/ leaves plane or convex, not adaxially concave, ovate; underleaves bifid with numerous lateral teeth.....6
6. Plantas robustas (4-6 cm de ancho); caulidio 18-22 células de ancho; filidios rojo-marronáceos con los ápices verdes; anfigastros cercanos a un solo filidio; boca del perianto dentada/ plants robust (4-6 cm wide); stem 18-22 cells wide; leaves red brown with green apices; underleaves close to one leaf; perianth mouth dentate
.....***Chiloscyphus horizontalis* (Hook.) Nees**
- 6'. Plantas delicadas (1-4 cm de ancho); caulidio 6-16 células de ancho; filidios marrones o rojo-marronáceos; anfigastros connados a ambos lados de los filidios laterales; boca del perianto lacinada/ plants delicate(1-4 cm wide); stem 6-16 cells wide; leaves brown or red-brown; underleaves connate on both sides to leaves; mouth perianth lacinate.....***Chiloscyphus magellanicus* Stephani**
7. Filidios claramente bífidos, en ocasiones con 3 dientes/ leaf clearly bifid or sometimes 3-teeth.....8
- 7'. Filidios ciliados o con numerosos dientes, no claramente bífidos/ leaf ciliate or with many teeth, not clearly bifid.....9
8. Filidios aovados, bífidos, raramente trífidos, con seno redondeado (forma de U); anfigastros connados a un lado de la base de un de los filidios/ leaves ovate, bifid, rarely trifid, sinus round (U form); underleaves connate on one side to a leaf base.....
.....***Chiloscyphus attenuatus* (Stephani) J.J. Engel & R.M. Schust.**
- 8'. Filidios subrectangulares, bífidos, con seno truncado; anfigastros connados a los filidios por ambos lados, alas conspicuas/ leaves subrectangular, bifid, sinus truncate; underleaves connate with leaves on both sides, wings conspicuous.....
.....***Chiloscyphus subviridis* (Hook. f. & Taylor) J.J. Engel & R.M. Schust.**
9. Filidios anchamente aovados, largamente decurrentes; anfigastros profundamente insertos en el caulidio y largamente decurrentes por una estrecha banda, libres de los filidios/ leaves broadly ovate, long decurrent; underleaves deeply inserted on the stem and long decurrent by a narrow band, free from the leaves.....
.....***Chiloscyphus striatellus* C. Massal.**

9'. Filidios rectangulares a orbiculares, escasamente decurrentes; anfigastros connados con las dos filas de filidios, alas estrechas o poco desarrolladas/ leaves rectangular to orbicular, scarcely decurrent; underleaves connate with both rows of leaves, wings narrow or scarcely developed.....***Chiloscyphus breutelii* (Gott.) Engel & Schust.**

Lista alfabética de los taxones incluidos en la clave

<i>Acromastigum anisostomum</i>	<i>Herbertus runcinatus</i>	<i>Plagiochila rubescens</i>
<i>Anastrophyllum schismoides</i>	<i>Hyalolepidozia bicuspidata</i>	<i>Plagiochila stictaecola</i>
<i>Balantiopsis asymmetrica</i>	<i>Isotachis madida</i>	<i>Plagiochila subpectinata</i>
<i>Balantiopsis cancellata</i>	<i>Jamesoniella colorata</i>	<i>Porella subsquarrosa</i>
<i>Bazzania peruviana</i>	<i>Kurzia setiformis</i>	<i>Radula decora</i>
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	<i>Leiomitra elegans</i>	<i>Riccardia alcicornis</i>
<i>Cephalozia skottsbergii</i>	<i>Lepicolea ochroleuca</i>	<i>Riccardia amnicola</i>
<i>Cheilolejeunea</i> sp.	<i>Lepidogyna menziesii</i>	<i>Riccardia floribunda</i>
<i>Chiloscyphus attenuatus</i>	<i>Lepidozia chiloensis</i>	<i>Riccardia hyalitricha</i>
<i>Chiloscyphus breutelii</i>	<i>Lepidozia chordulifera</i>	<i>Riccardia prehensilis</i>
<i>Chiloscyphus horizontalis</i>	<i>Lepidozia fuegiensis</i>	<i>Riccardia rivularis</i>
<i>Chiloscyphus humilis</i>	<i>Lepidozia laevifolia</i>	<i>Riccardia spinulifera</i>
<i>Chiloscyphus magellanicus</i>	<i>Leptoscyphus huidobroanus</i>	<i>Saccogynidium australe</i>
<i>Chiloscyphus striatellus</i>	<i>Nothostrepta bifida</i>	<i>Schistochila lamellata</i>
<i>Chiloscyphus subviridis</i>	<i>Plagiochila chonotica</i>	<i>Telaranea blepharostoma</i>
<i>Cryptochila grandiflora</i>	<i>Plagiochila hookeriana</i>	<i>Telaranea plumulosa</i>
<i>Frullania boveana</i>	<i>Plagiochila lechleri</i>	
<i>Gackstroemia magellanica</i>	<i>Plagiochila lophocoleoides</i>	



Fig. 1.3.4. Fotografías a) *Riccardia prehensilis* (Hook. & Tayl.) C. Massal., b) *Riccardia rivularis* Hässel, c) *Porella subsquarrosa* (Nees & Mont.) Trevis., d) *Balantiopsis cancellata* (Nees) Stephani, e) *Radula decora* Gottsche ex Stephani, f) *Schistochila lamellata* (Hook.) Dumort., g) *Frullania boveana* C. Massal., h) *Gackstroemia magellanica* (Lam.) Trevis., i) *Lepidogyna menziesii* (Hook.) R.M. Schust., j) *Leiomitra elegans* (Lehm.) Hässel de Menéndez.

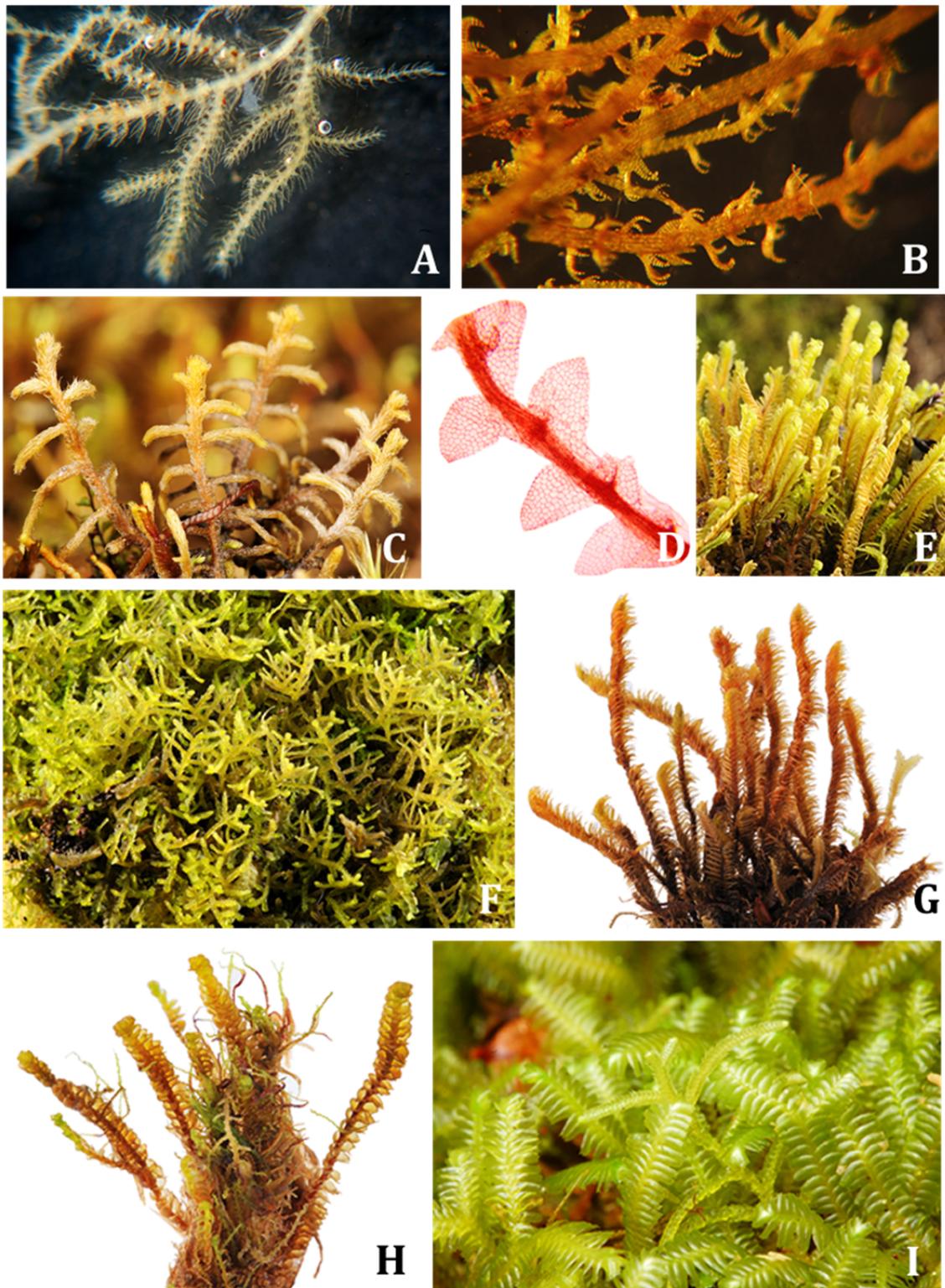


Fig. 1.3.5. Fotografías a) *Telaranea blepharostoma* (Stephani) Fulford, b) *Kurzia setiformis* (De Not.) J.J. Engel & R.M. Schust., c) *Lepicolea ochroleuca* (L. f. ex Spreng.) Spruce, d) *Calypogeia sphagnicola* (Arnell & J. Perss.) Warnst. & Loeske, e) *Plagiochila stictaecola* Mont.& Gottsche, f) *Lepidozia chordulifera* Taylor, g) *Herbertus runcinatus* (Taylor) Kuhnem., h) *Anastrophyllum schismoides* (Mont.) Stephani, i) *Bazzania peruviana* (Nees) Trevis.

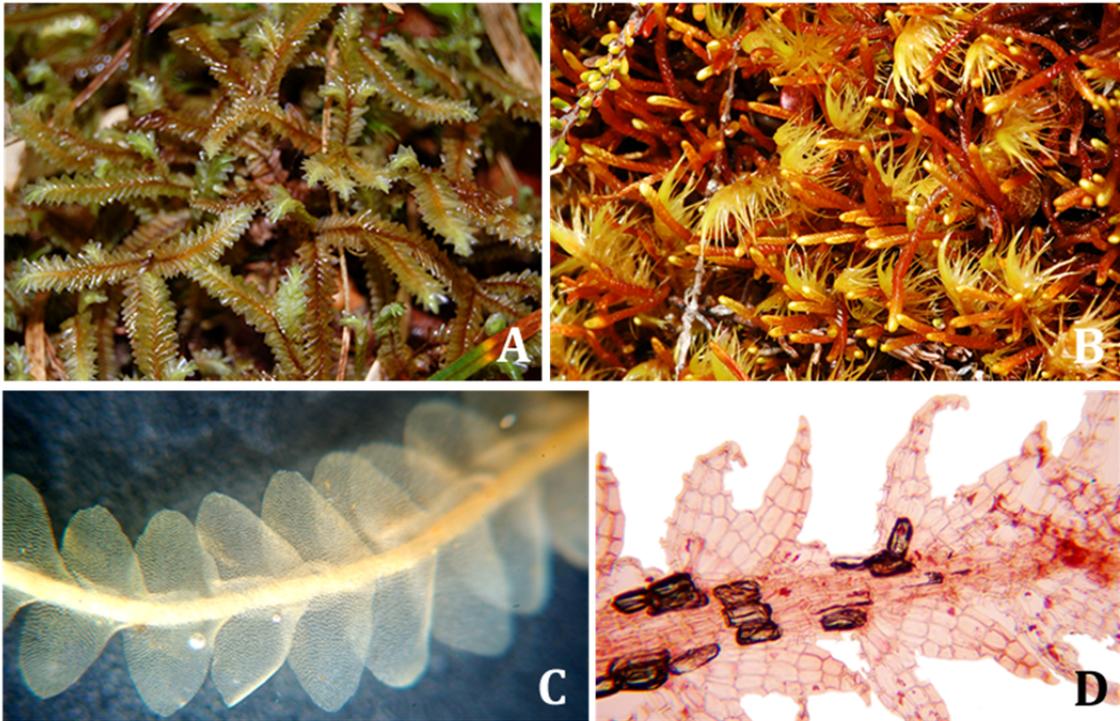


Fig. 1.3.6. Fotografías a) *Chiloscyphus horizontalis* (Hook.) Nees, b) *Jamesoniella colorata* (Lehm.) Stephani, c) *Saccogynidium australe* (Mitt.) Grolle, d) *Hyalolepidozia bicuspidata* (C. Massal.) S.W. Arnell ex Grolle.

1.4. PATRONES DE DIVERSIDAD DE BRIÓFITOS Y LÍQUENES EN ECOSISTEMAS TURBOSOS DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ: EVIDENCIAS DE UN ECOSISTEMA EMERGENTE PARA EL SUR DEL HEMISFERIO SUR

1.4.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la biodiversidad cumple una función primordial en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre los sistemas ecológicos, y se ha utilizado como un "barómetro" del estado general de los ecosistemas (Leitner & Turner, 2001; González-Oreja *et al.*, 2010). Estos estudios se han centrado generalmente en la búsqueda de parámetros para caracterizar la biodiversidad como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas, sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro (Moreno, 2001). Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972) y la evaluación a distintas escalas (Gray, 2000) puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998).

Un gran número de trabajos confinan la biodiversidad al número de especies en una determinada área, no obstante, este número por si solo no describe la estructura del ensamblaje de especies de un sitio. Por esto, es conveniente emplear también índices de abundancia proporcional de especies. Estos índices consideran la riqueza de especies y cómo los individuos se distribuyen entre las especies de forma igualitaria (Gray, 2000).

Los briófitos son un importante componente en la biodiversidad, sin embargo, rara vez son incluidos en estudios de biodiversidad (Pharo *et al.*, 1999), lo mismo ocurre con los líquenes. Esto se puede deber a que las identificaciones en campo generalmente son difíciles de realizar y requieren una gran cantidad de tiempo en el laboratorio para la determinación (Mandl *et al.*, 2010).

Las turberas, hábitats dominados por briófitos y líquenes, desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad mundial porque son el refugio de algunas de las especies más raras e inusuales de la flora y la fauna dependiente de los humedales (Ramsar, 2004).

En la Isla Grande de Chiloé, ubicada en la Patagonia insular de Chile, se pueden encontrar grandes extensiones de turberas de distintos tipos. Es posible encontrar turberas que se originaron tras el retroceso de los glaciares y también otras áreas dominadas por *Sphagnum*, que corresponden a lugares anegados, colonizados por este musgo y que han sido llamados turberas antropogénicas o localmente, "pomponales" (Zegers *et al.*, 2006). Estas últimas formaciones han sido originadas tras la quema o tala de bosques característicos de sitios con drenaje pobre, como tepuales, y que por tratarse de formaciones jóvenes no presentan una capa profunda de turba. A este tipo de turberas se les ha concedido un origen antrópico, asociado a los eventos de intensa degradación del bosque nativo, producida principalmente después de 1850 hasta el día de hoy (Armesto *et al.*, 1994).

Los tepuales son bosques de *Tepualia stipularis* (H. et A.) Griseb. (tepú) como único dominante, o están mezclados con *Pilgerodendron uviferum* (D. Don.) Florin. y con *Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst. Estos bosquecillos impenetrables se forman con ramas entrelazadas y profundamente ramificadas desde la base, constituyen normalmente una densa

maraña de 5 a 8 m de altura encima de la superficie negra de agua estancada, rica en materia orgánica. Esta vegetación que se asemeja mucho a la vegetación de los manglares, solamente se puede atravesar desplazándose sobre los troncos cercanamente horizontales (Veblen & Schlegel, 1982). Normalmente se desarrollan en áreas pantanosas y anegadas (García & Ormazabal, 2008). En teoría estos bosques son uno de los ecosistemas originarios de los pomponales, a partir de ellos mediante, perturbaciones antropogénicas se han ido formando estos nuevos ecosistemas.

Milton (2003) señala la existencia de nuevos ecosistemas, los cuales tienen una composición de especies y abundancias relativas que no han ocurrido previamente en ese bioma. A estos ecosistemas se les ha denominado emergente o noveles y una de sus características clave es que han sido el resultado deliberado o involuntario de la acción humana, pero no dependen de la intervención del hombre para su mantenimiento. A la luz de esta teoría surge la duda de si estamos ante un ecosistema de este tipo en el caso de los pomponales.

Son escasos los estudios en el sur de Sudamérica que hayan estudiado la diversidad florística de turberas (San Martín *et al.*, 1999; Teneb & Dollenz, 2004; Teneb *et al.*, 2008; Kleinebecker *et al.*, 2010) y más escasos son aún los trabajos que traten a grupos como briófitos y líquenes (Díaz *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2008; Villagra *et al.*, 2009).

Es por ello que este estudio busca contribuir al conocimiento de la diversidad de la flora brio-liquénica a través de un estudio comparativo entre las diversidades alfa y beta en turberas, pomponales y tepuales de la Isla Grande de Chiloé, especialmente dirigido a responder las siguientes preguntas: i) ¿Existe variación significativa en la composición florística entre los tipos de hábitats estudiados?, ii) ¿Cuáles son las especies principalmente responsables en esta variación?, iii) ¿Son los pomponales más cercanos florísticamente a los tepuales, ecosistemas a partir de los que se habrían originado?, iv) ¿Son las turberas de origen glacial puntos de alta diversidad brio-liquénica?, v) ¿Es posible considerar a los pomponales como un ecosistema emergente?.

Finalmente cabe destacar que las turberas de Chiloé han cobrado gran relevancia en este último tiempo, debido al interés que ha generado la extracción y comercialización de turba y del musgo *Sphagnum*, por lo que medir la diversidad biológica, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, puede permitir contar con parámetros que nos permitan monitorear el efecto de las perturbaciones ambientales y poder entregar información a los tomadores de decisiones para la conservación y uso sostenible de estas áreas.

1.4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

Para realizar este estudio se seleccionaron diez localidades distribuidas en las zonas norte y centro de la Isla Grande de Chiloé (Fig. 6), tres de estas localidades corresponden a turberas de origen glacial: Rio Negro (RN), Los Caulles (CA) y Púlpito (PL); cinco son turberas de origen antrópico: Senda Darwin (SD), Lecam (LC), Pumanzano (PM), Río Chepu (CH) y Teguel (TG), y las dos restantes pertenecen a tepuales: Parque Nacional Chiloé (CU) y otra área de Senda Darwin (SDB).

Muestreo y análisis de laboratorio

En cada una de las localidades de muestreo se delimitaron tres transectos lineales de 50 m de longitud, separados entre 20 y 30 m. En cada uno de los transectos, se marcaron tres puntos a lo largo de éste, dos en los extremos y uno en el centro. En cada punto marcado se extrajo un bloque de la capa superficial de 20 cm largo x 20 cm ancho y 10 cm de profundidad con la ayuda de un molde metálico, dichos bloques se utilizaron para cuantificar el nº de especies y abundancia de cada taxón expresado en biomasa seca de las mismas siguiendo el método de cosecha de Bullock (1997). Los bloques extraídos fueron secados en estufas a 40°C durante dos días y fueron trasladados a las dependencias del departamento de Biología Vegetal I de la UCM.

Una vez en el laboratorio cada bloque fue rehidratado, separado por especies o grupos, que fueron identificadas, y finalmente el material de cada especie o grupo fue secado durante 2 días a temperatura ambiente y 12 horas en estufa a 105°. El material seco fue pesado para obtener la biomasa de cada especie, que se usó como medida de abundancia relativa en el análisis.

Las determinaciones se realizaron con la ayuda de monografías y claves citadas en el apartado 1.1. La nomenclatura siguió a Müller (2009) para los musgos excepto para *Racomitrium geronticum* (Larraín, 2011), para hepáticas a Hässel de Menéndez & Rubies (2009) y Feuerer (2012) para líquenes. Las especies fueron determinadas por sus características morfológicas y en el caso de los líquenes se realizaron también caracterizaciones químicas empleando cromatografía de capa fina (TLC) según el protocolo descrito por White & James (1985).

El material recolectado ha sido depositado en el herbario MACB (UCM- España) con duplicados en CONC (UdeC-Chile); SGO (MNHN-Chile) y MA (RJB-España).

Debido a la importancia como especie indicadora se ha considerado dentro de las especies estudiadas la planta insectívora *Drosera uniflora* Willd. *Calyptogeia sphagnicola*, *Cephalozia skottsbergii* y *Hyalolepidozia bicuspidata* por su minúsculo tamaño y dificultad para separarlas fueron consideradas como un grupo funcional. Del mismo modo *Cladonia pycnoclada*, *Cladonia mitis* y *Cladonia arbuscula* subsp. *squarrosa* fueron consideradas como subgénero *Cladina* debido a la dificultad de separarlas a través de caracteres morfológicos o anatómicos.

Análisis de datos

En el análisis numérico la biomasa de cada especie expresada en gramos fue transformada a porcentaje relativo para cada muestra.

Para estimar lo completo del muestreo respecto al número posible de especies, se emplearon cuatro estimadores no-paramétricos de riqueza: Chao-2, Jackknife-1 (de primer orden), Jackknife-2 (de segundo orden) y Bootstrap. Estas herramientas permiten estimar el número máximo de riqueza a partir del esfuerzo de muestreo realizado y de la acumulación de nuevos taxones que van apareciendo en las muestras (Moreno, 2001).

El estudio de la diversidad de la flora brio-liquénica se realizó bajo el concepto general que diversidad alfa es el número de especies que se encuentran dentro de un área de un tamaño determinado (Hengeveld *et al.*, 1997) y considerando la diversidad beta como el grado de diferencia en la composición de las comunidades (Whittaker, 1972; Whittaker, 1975), asumiendo que esta diversidad no es simplemente una medida de la riqueza de especies a una escala mayor que la diversidad alfa o una escala de la diversidad (Gray, 2000; Magurran, 2004).

La diversidad alfa fue evaluada a través de la riqueza de especies e índices de abundancia proporcional en dos escalas diferentes: puntual, que hace referencia a una sola unidad de muestreo y muestral, basado en un número determinado de unidades de muestreo de un sitio definido (Gray, 2000).

Las riquezas medidas fueron expresadas como: riqueza de especies puntual (SR_p) que corresponde al número de especies por cuadrante y la riqueza de especies muestral (SR_s) que contabiliza el número total de especies por localidad.

Se calcularon tres índices de abundancia proporcional que combinan el efecto de la riqueza y la abundancia: Simpson (S'), este índice de dominancia toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia; Shannon (H'), que expresa la uniformidad de las abundancias de las especies de la muestra y el índice de equitatividad de Pielou (J') que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

La diversidad beta fue medida a través del índice de disimilitud de Bray Curtis, el cual expresó la diferencia o recambio de especies entre dos localidades (Magurran, 2004).

La similitud entre sitios muestreados fue explorada además por un análisis de conglomerados (*cluster*) empleando el algoritmo UPGMA (*unweighted pair group metric averaging*) y una matriz de distancias de Bray-Curtis con datos de presencia/ausencia.

Se realizó un análisis de ordenación NMDS (*Non-metric multidimensional scaling*) empleando una matriz de similitud de Bray-Curtis con el objeto de comparar las comunidades de organismos entre pomponales, turberas y tepuales, empleando las abundancias relativas de los taxones (Beilman, 2001).

La significancia de las diferencias en la composición florística entre los tres tipos de hábitats, se evaluó con el análisis no paramétrico de similitudes ANOSIM con 9999 permutaciones. Los taxones responsables primariamente de las diferencias entre los tipos de hábitat fueron estudiados mediante el análisis SIMPER (*Similarity Percentage*) (Clarke, 1993).

Para comparar las medias de las riquezas e índices entre los tres tipos de comunidades y entre las distintas localidades muestreadas se aplicaron análisis de varianza no paramétricos de Kruskal-Wallis.

Las comparaciones de medias y los gráficos se realizaron con el paquete STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2004). Para el cálculo de índices de abundancia proporcional, matrices de similitud, análisis de conglomerado, NMDS, ANOSIM y SIMPER se utilizó el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

1.4.3. RESULTADOS

Diversidad α

En total se han determinado 86 especies: 42 hepáticas, 29 musgos, 14 líquenes y 1 planta insectívora. Esta última a pesar de ser una planta vascular ha sido considerada por su gran relevancia ecológica en las turberas.

Los pomponales son los hábitats que presentan la mayor riqueza específica, con 52 especies (18 musgos, 21 hepáticas y 13 líquenes), en segundo lugar se ubican los tepuales con 45 especies (15 musgos, 29 hepáticas y 1 liquen) y en tercer lugar las turberas con 21 especies (4 musgos, 13 hepáticas y 3 líquenes) (Fig. 1.4.1).

Del total de las especies 29 sólo se encontraron en tepuales, 27 exclusivamente en pomponales, 5 únicamente en turberas, 9 compartidas entre pomponales y turberas, 9 comunes entre pomponales y tepuales y 7 especies fueron comunes para los tipos de hábitats Tabla 1.4.1.

El 53,5% de las especies fueron encontradas en una sola localidad, de estas especies localmente raras 16 fueron musgos, 21 fueron hepáticas y 9 fueron líquenes.

Los cuatro estimadores de riqueza indican que para todos los sitios se observaron sobre el 50% del número de especies estimado, el índice más ajustado Chao-2 señala entre 60 y 100% del número de especies estimado con excepción de la localidad SD, donde las especies observadas fueron 34 y las estimadas fueron 90 (Tabla 1.4.2).

Se evidenciaron diferencias significativas entre los tres tipos de hábitats, tanto en la riqueza media puntual total, como en los distintos índices de abundancia proporcional. Los tepuales son el tipo de hábitat que posee una mayor riqueza media puntual, al igual que todos los índices de abundancia, sin embargo, los pomponales, que ocupan el segundo lugar en los parámetros comunitarios antes mencionados, experimentan una mayor riqueza muestral total (Tabla 1.4.3.).

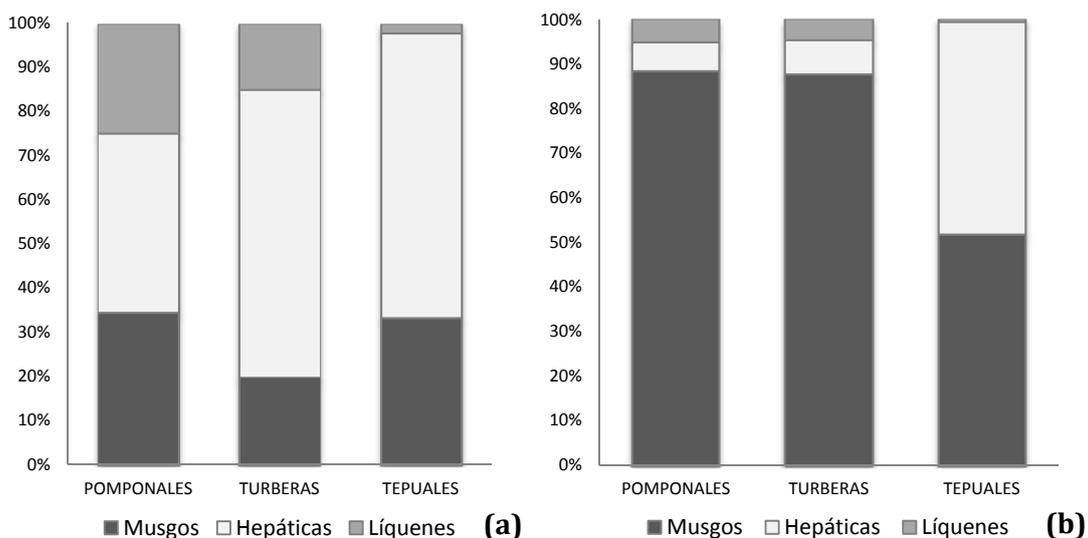


Fig. 1.4.1. Riquezas de especies (a) y abundancias relativas (b) de musgos, hepática y líquenes en los tres tipos de hábitats estudiados.

CAPÍTULO I DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA

ESPECIES	POMPONALES	TURBERAS	TEPUALES
Musgos			
<i>Acrocladium auriculatum</i>			X
<i>Breutelia subplicata</i>			X
<i>Campylopus acuminatus</i>		X	
<i>Campylopus introflexus</i>	X		
<i>Campylopus pyriformis</i>	X		
<i>Dicranella circinata</i>	X		
<i>Dicranoloma billardierei</i>	X	X	X
<i>Dicranoloma imponens</i>	X	X	
<i>Dicranoloma robustum</i>	X		
<i>Distichophyllum dicksonii</i>			X
<i>Eucamptodon perichaetialis</i>	X		
<i>Hypopterygium arbuscula</i>			X
<i>Hypopterygium didictyon</i>			X
<i>Hypnum chrysogaster</i>	X		
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>mossmanianum</i>			X
<i>Pohlia nutans</i>	X		
<i>Pohlia</i> sp.1	X		
<i>Polytrichastrum longisetum</i>	X		
<i>Ptychomniella ptychocarpon</i>			X
<i>Ptychomnion cygnisetum</i>	X		X
<i>Pyrrhobryum mnioides</i>			X
<i>Rhaphidorrhynchium callidum</i>	X		X
<i>Rigodium brachypodium</i>			X
<i>Rigodium pseudothuidium</i>			X
<i>Sphagnum falcatulum</i>	X		X
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	X		X
<i>Sphagnum magellanicum</i>	X	X	
<i>Sphagnum capillifolium</i>	X		
<i>Sphagnum sect. subsecunda</i>	X		
Hepáticas			
<i>Anastrophyllum schismoides</i>		X	
<i>Balantiopsis asymmetrica</i>			X
<i>Balantiopsis cancellata</i>	X		
<i>Bazzania peruviana</i>	X	X	X
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	X	X	
<i>Cephalozia skottsbergii</i>	X	X	
<i>Cheilolejeunea</i> cf. <i>obtruncata</i>	X		X
<i>Chiloscyphus attenuatus</i>			X
<i>Chiloscyphus horizontalis</i>			X
<i>Chiloscyphus magellanicus</i>			X
<i>Chiloscyphus striatellus</i>			X
<i>Cryptochila grandiflora</i>		X	
<i>Frullania</i> cf. <i>boveana</i>	X	X	X
<i>Herbertus runcinatus</i>		X	
<i>Hyalolepidozia bicuspidata</i>	X		
<i>Jamesoniella colorata</i>	X	X	X
<i>Kurzia setiformis</i>	X	X	
<i>Lepicolea ochroleuca</i>	X	X	X
<i>Lepidogyna menziesii</i>			X
<i>Lepidozia chordulifera</i>			X
<i>Lepidozia fuegiensis</i>			X
<i>Leptoscyphus huidobroanus</i>	X		X
<i>Chiloscyphus breutelii</i>			X
<i>Plagiochila chonotica</i>			X
<i>Plagiochila hookeriana</i>			X
<i>Plagiochila lechleri</i>	X		
<i>Plagiochila lophocoleoides</i>			X
<i>Plagiochila rubescens</i>			X
<i>Plagiochila subpectinata</i>	X		X
<i>Porella subsquarrosa</i>	X		
<i>Radula decora</i>			X
<i>Riccardia amnicola</i>	X		
<i>Riccardia alpicornis</i>			X
<i>Riccardia floribunda</i>	X	X	X
<i>Riccardia hyalitricha</i>			X
<i>Riccardia prehensilis</i>	X	X	X

<i>Riccardia rivularis</i>	X	X	
<i>Riccardia spinulifera</i>			X
<i>Saccogynidium australe</i>	X		
<i>Schistochila lamellata</i>			X
<i>Telaranea plumulosa</i>	X		X
<i>Telaranea blepharostoma</i>	X		X
Líquenes			
<i>Cladia aggregata</i>	X		
<i>Cladonia subsubulata</i>	X		
<i>Cladonia bellidiflora</i>	X		
<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	X	X	
<i>Cladonia scabriuscula</i>	X		
<i>Cladonia squamosa</i>	X	X	
<i>Cladonia</i> subgen. <i>Cladina</i>	X	X	
<i>Cladonia lepidophora</i>	X		
<i>Hypogymnia subphysodes</i>	X		
<i>Usnea</i> sp.	X		
Liquen sp.1	X		
Liquen sp.2	X		
Liquen sp.3	X		
<i>Pseudocyphellaria faveolata</i>			X
Insectívora			
<i>Drosera uniflora</i>		X	

Tabla 1.4.1. Especies registradas en cada tipo de hábitat estudiado. X: presencia de la especie en el tipo de hábitat.

Localidad	S _{Obs}	S _{est Chao 2}	% ₁	S _{est Jackknife 1}	% ₂	S _{est Jackknife 2}	% ₃	S _{est Bootstrap}	% ₄
SD	34	90,2	37,7	54,4	62,4	70,3	48,4	42,3	80,3
LC	7	7,9	88,7	9,7	72,4	10,6	65,8	8,3	84,6
RN	9	9,0	100,0	9,9	91,0	7,3	123,9	9,9	91,2
PM	10	18,9	52,9	14,4	69,2	18,3	54,5	11,8	85,0
PL	16	18,9	84,7	14,4	110,8	18,3	87,3	11,8	136,1
SDB	27	44,3	60,9	38,6	70,0	46,6	57,9	31,9	84,6
CH	14	23,3	60,0	20,2	69,2	25,0	56,0	16,6	84,4
TG	22	25,6	86,1	29,1	75,6	31,3	70,4	25,5	86,3
CA	15	15,4	97,1	17,7	84,9	16,6	90,4	16,6	90,2
CU	32	40,3	79,4	39,1	81,8	44,0	72,8	35,1	91,3

Tabla 1.4.2 Resumen de los resultados de los estimadores no-paramétricos de riqueza para cada una de las localidades muestreadas. S_{Obs}: riqueza de especies observada; S_{est Chao 2}: riqueza estimada por Chao 2, %₁: porcentaje de muestreo completado; S_{est Jackknife-1}: riqueza estimada por Jackknife-1, %₂: porcentaje de muestreo completado; S_{est Jackknife-2}: riqueza estimada por Jackknife-2, %₃: porcentaje de muestreo completado; S_{est Bootstrap}: riqueza estimada por Bootstrap, %₄: porcentaje de muestreo completado.

	Pomponales	Turberas	Tepuales	p
SRP _{total}	5	4,6	10,6	<0,001
SR _{s total}	52	21	45	
Índice de Simpson \bar{P}	0,32	0,27	0,60	<0,001
Índice de Simpson s	0,61	0,36	0,92	
Índice de Shannon \bar{P}	0,62	0,49	1,28	<0,001
Índice de Shannon s	1,64	0,89	2,86	
Índice de Pielou \bar{P}	0,39	0,32	0,57	<0,001
Índice de Pielou d s	0,41	0,29	0,75	

Tabla 1.4.3. Riquezas de especies e índices de abundancia proporcional a escala puntual y muestral para los tres tipos de hábitats estudiados. SRP_{total}: riqueza de especies media puntual; SR_{s total}: riqueza de especies muestral; índice de Simpson \bar{P} : índice 1-D medio puntual; índice de Simpson s: índice 1-D muestral; índice de Shannon \bar{P} : índice H' medio puntual; índice de Shannon s: índice H' muestral; índice de equidad \bar{P} : índice J' medio puntual; índice de equidad s: índice J' muestral; p: significancia tests Kruskal-Wallis.

La riqueza y abundancia de especies varían notoriamente entre localidades (Tabla 1.4.3.). Las riquezas muestrales fluctuaron entre 7 y 34 especies, siendo SD y CU las más altas y LC y RN, las más bajas. La riqueza media por punto de muestreo varió entre 2 y 14 especies por cuadrante. Los índices de abundancia proporcional muestrales siguieron las mismas tendencias de la riqueza de especies en las localidades con los mayores valores (SD, SDB y CU), pero variaron en las localidades con los valores inferiores. Las localidades con menor valor en los índices Simpson, Shannon y Pielou muestral fueron PM y PL.

Al analizar las riquezas muestrales por grupos botánicos estudiados se ve que las localidades con mayor número de musgos fueron SD y SDB, para las hepáticas CU y para líquenes fue TG y SD.

	SD	LC	RN	PM	PL	SDB	CH	TG	CA	CU
$SR\bar{P}_{total}$	7,3	2,1	3,7	4,3	4,6	7,4	4,7	6,4	5,6	13,8
SR_S_{total}	34	7	9	10	16	27	14	22	15	32
$SR\bar{P}_{musgos}$	3,9	1,8	1,4	1,6	1,3	3,7	2,7	2,2	1,8	3,2
SR_S_{musgos}	13	4	3	2	2	14	6	7	4	7
$SR\bar{P}_{Hepáticas}$	2,2	0,3	1,8	2,2	2,2	3,8	1,7	1,8	2,4	10,1
$SR_S_{Hepáticas}$	14	3	4	5	11	13	5	6	8	24
$SR\bar{P}_{Líquenes}$	1,2	0	0,4	0,6	1	0	0,3	2,4	1,3	0,4
$SR_S_{Líquenes}$	7	0	1	3	2	0	3	9	2	1
$SR_S_{Insectívora}$	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Índice de Simpson \bar{P}	0,53	0,21	0,27	0,14	0,19	0,54	0,31	0,39	0,35	0,66
Índice de Simpson s	0,80	0,32	0,36	0,18	0,24	0,86	0,64	0,67	0,46	0,86
Índice de Shannon \bar{P}	1,07	0,35	0,47	0,30	0,37	1,07	0,61	0,78	0,63	1,50
Índice de Shannon s	2,00	0,74	0,82	0,42	0,59	2,45	1,26	1,61	1,03	2,43
Índice de Pielou \bar{P}	0,55	0,42	0,36	0,20	0,22	0,57	0,37	0,41	0,37	0,57
Índice de Pielou s	0,57	0,38	0,37	0,18	0,21	0,74	0,48	0,52	0,38	0,7

Tabla 1.4.4. Riquezas de especies e índices de abundancia proporcional a escala puntual y muestral para las diferentes localidades estudiadas. $SR\bar{P}_{total}$: riqueza de especies media puntual; SR_S_{total} : riqueza de especies muestral; $SR\bar{P}_{musgos}$: riqueza media puntual de musgos; SR_S_{musgos} : riqueza muestral de musgos; $SR\bar{P}_{Hepáticas}$: riqueza media puntual de hepáticas; $SR_S_{Hepáticas}$: riqueza muestral de hepáticas; $SR\bar{P}_{Líquenes}$: riqueza media puntual de líquenes; $SR_S_{Líquenes}$: riqueza muestral de líquenes; $SR_S_{Insectívora}$: riqueza muestral de insectívora; índice de Simpson \bar{P} : índice 1-D medio puntual; índice de Simpson s : índice 1-D muestral; índice de Shannon \bar{P} : índice H' medio puntual; índice de Shannon s : índice H' muestral; índice de equidad \bar{P} : índice J' medio puntual; índice de equidad s : índice J' muestral.

En la figura 1.4.2 se muestran los resultados de las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis donde se observa que en la riqueza media puntual total, las riquezas medias puntuales de musgos, hepáticas y líquenes; el índice de Simpson medio puntual y en el índice de Shannon medio puntual, existen diferencias altamente significativas entre las localidades estudiadas. CU es la localidad que presentó los mayores valores en riqueza puntual total, riqueza puntual de hepáticas y en los índices 1-D y H'. La mayor riqueza de líquenes se observó en TG y el mayor número de especies de musgos se registró en SD y SDB.

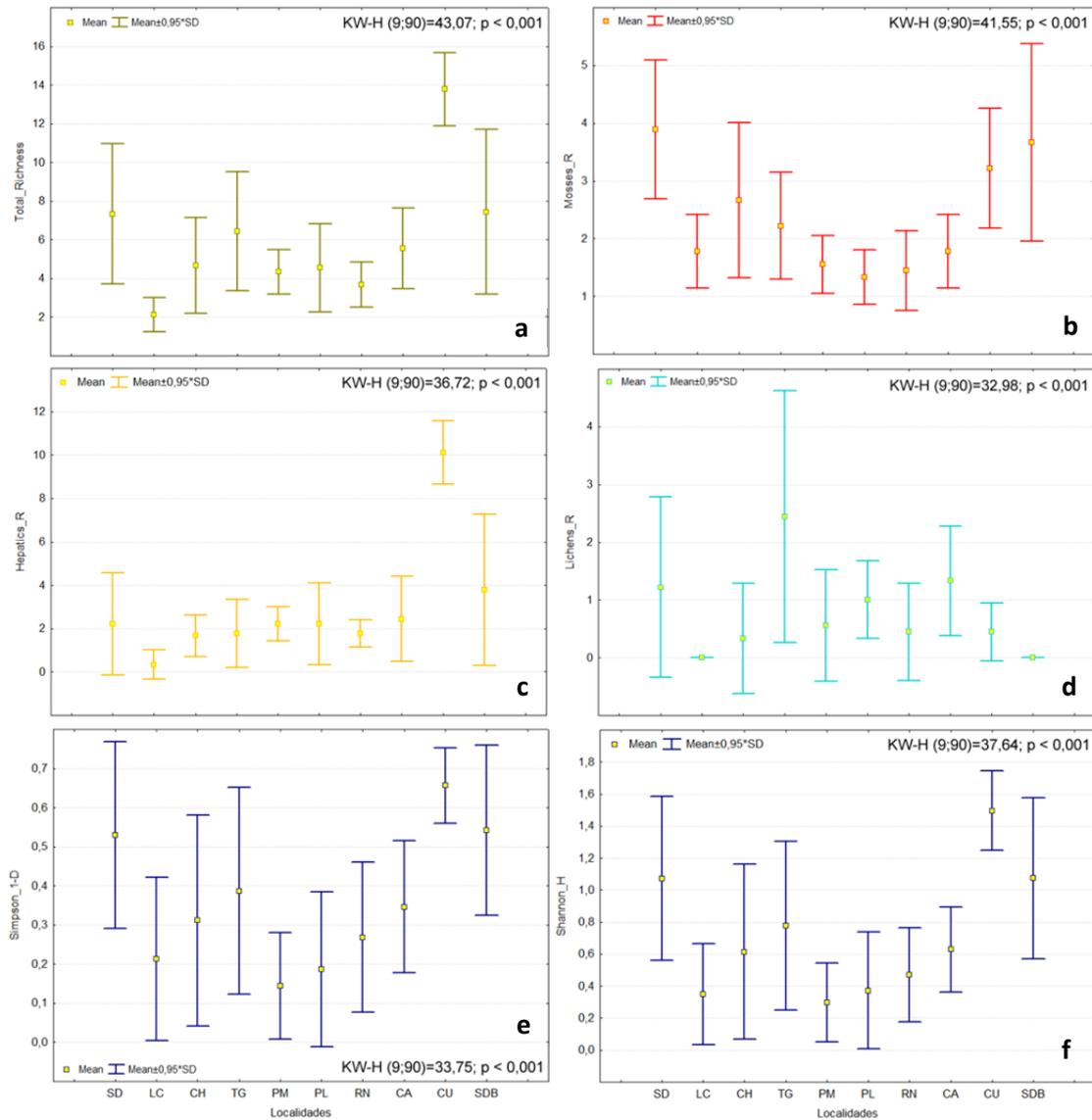


Fig. 1.4.2. Resultados de análisis de varianza no paramétricos de Kruskal-Wallis de: a) riqueza de especies media puntual, b) riqueza media puntual de musgos, c) riqueza media puntual de hepáticas, d) riqueza media puntual de líquenes, e) índice de Simpson medio puntual, f) índice de Shannon medio puntual.

En el análisis donde se relacionó la riqueza total de especies presentes en la totalidad de las localidades y la riqueza de los distintos grupos botánicos estudiados, se observó una correlación positiva y altamente significativa entre la riqueza total y la riqueza de hepáticas ($r=0,77$; $p<0,001$); menor entre la riqueza total y la riqueza de musgos ($r=0,67$; $p<0,001$) y mucho más baja entre la riqueza total y la riqueza de líquenes ($r=0,44$; $p<0,001$) (Fig. 1.4.3.).

Para el caso de las especies presentes en pomponales las riquezas de musgos, hepáticas y líquenes mostraron correlaciones positivas y altamente significativas ($p<0,001$) con la riqueza total de especies (Fig. 1.4.4.). En las turberas, la riqueza de musgos y líquenes se correlacionaron positivamente con la riqueza total, mientras que para hepáticas la correlación no fue significativa (Fig. 1.4.5.). La riqueza total en tepuales únicamente mostró una correlación positiva alta y significativa para las hepáticas, siendo no significativas para musgos y líquenes (Fig. 1.4.6.).

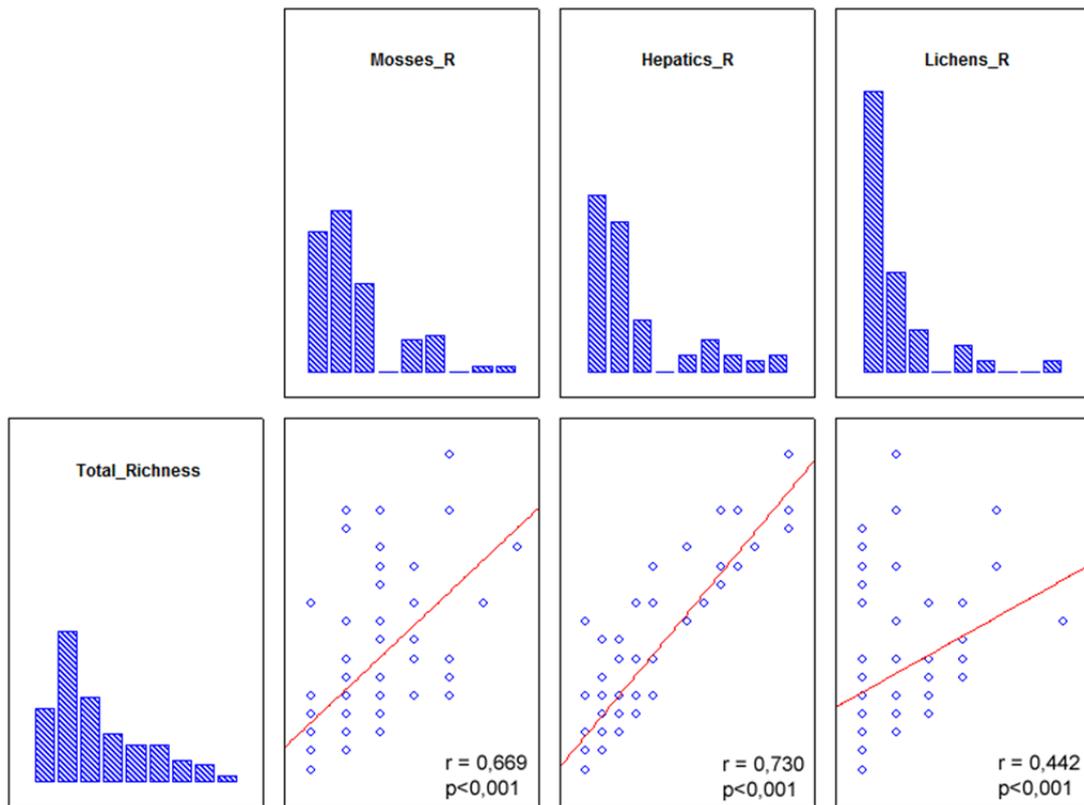


Fig. 1.4.3. Correlaciones de Spearman entre riqueza total y riquezas de musgos, hepáticas y líquenes para la totalidad de los datos.

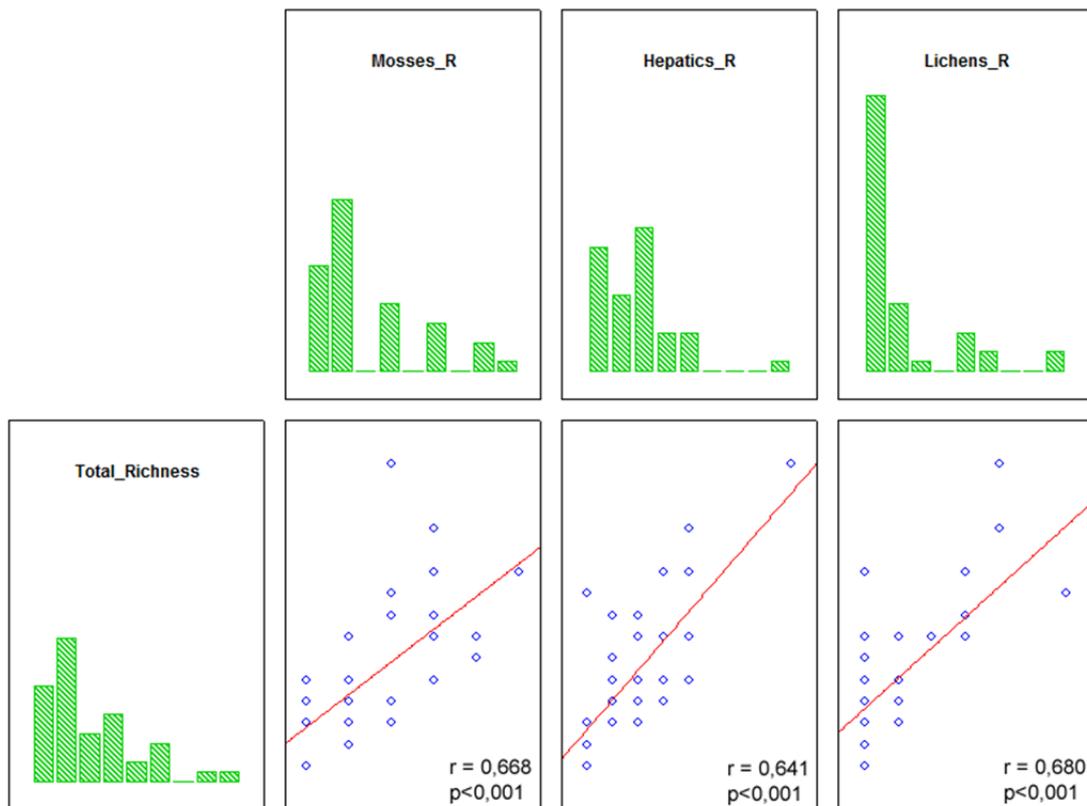


Fig. 1.4.4. Correlaciones de Spearman entre riqueza total y riquezas de musgos, hepáticas y líquenes en pomponales.

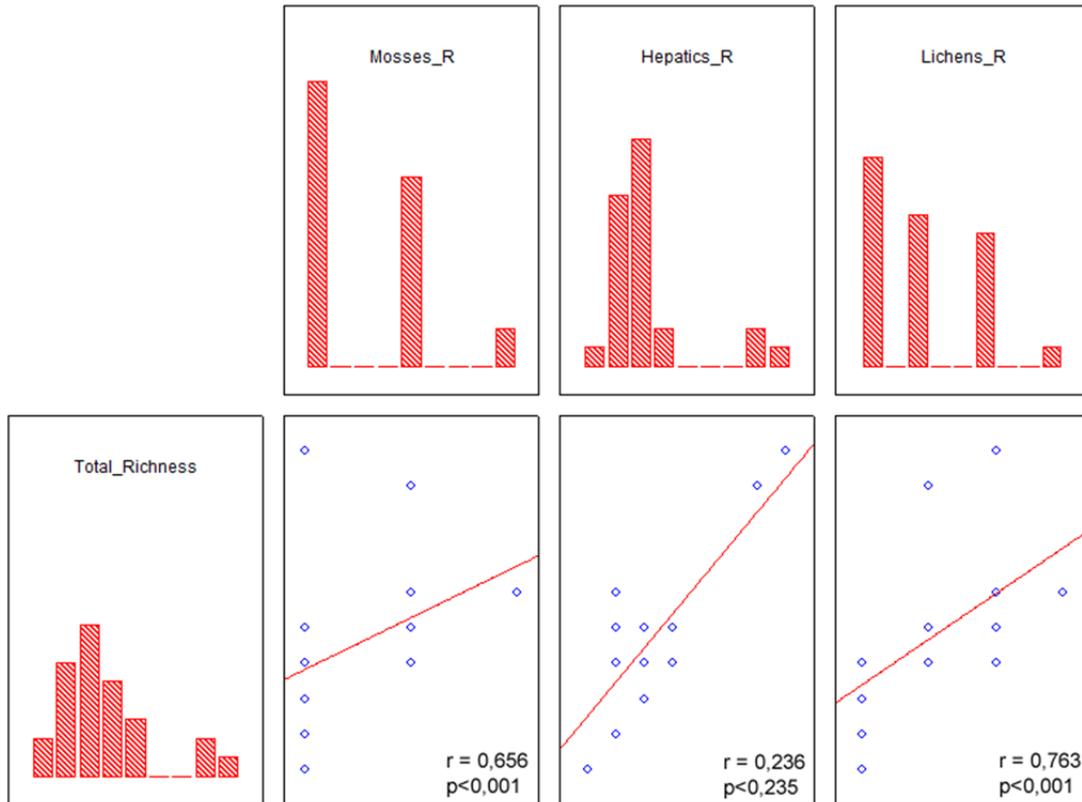


Fig. 1.4.5. Correlaciones de Spearman entre riqueza total y riquezas de musgos, hepáticas y líquenes en turberas.

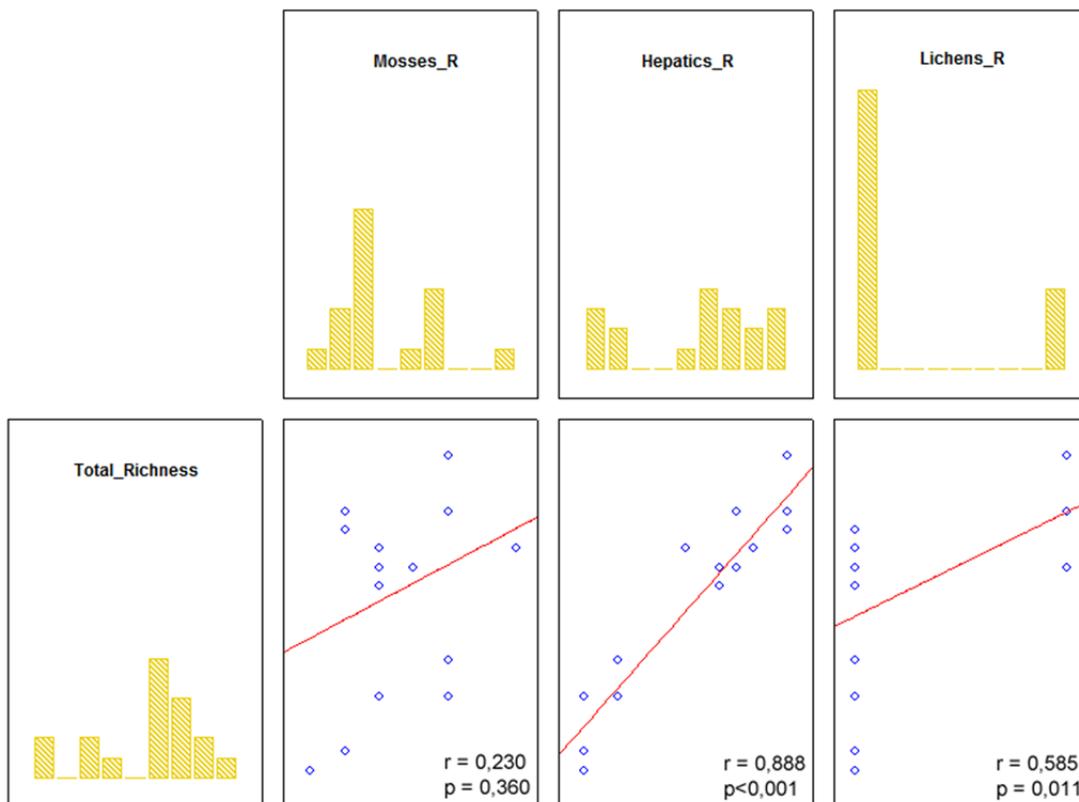


Fig. 1.4.6. Correlaciones de Spearman entre riqueza total y riquezas de musgos, hepáticas y líquenes en tepuales.

Diversidad β

El dendrograma de similitud florística (Fig. 1.4.7) muestra una segregación de dos grandes grupos con una similitud superior a 30%. El primero reúne a tres localidades, SDB y CU, ambos tepuales, que tienen una similitud del 48% y SD que queda fuera de este subgrupo. El segundo conglomerado reúne a las 7 localidades restantes, dentro de este grupo LC y TG se van separando individualmente de un subgrupo que tiene un 45% de similitud. Este subgrupo a su vez se dividió en dos grupos más pequeños, el primero constituido por RN, PL y CA, las tres turberas, con una similitud cercana al 60% y el segundo agrupa a PM y CH con una cercanía del 58%.

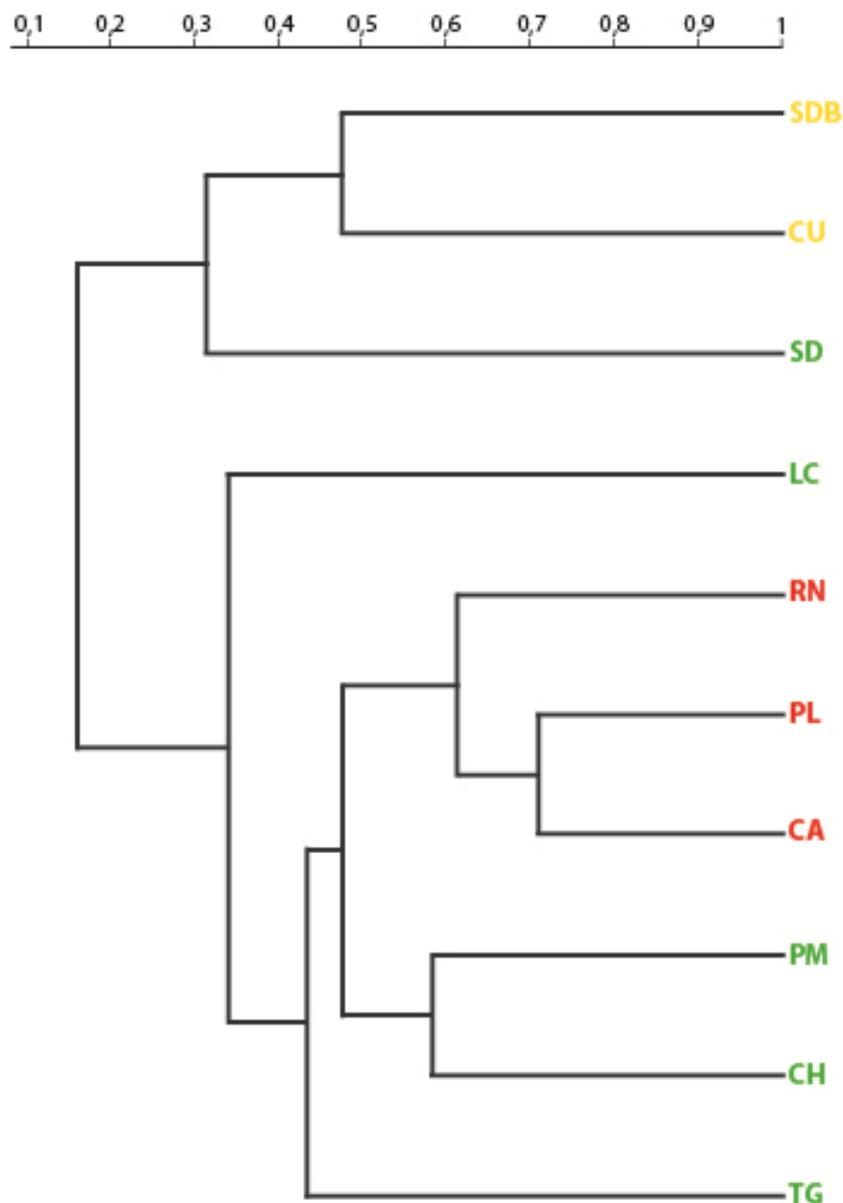


Fig. 1.4.7. Dendrograma de similitud florística entre las localidades estudiadas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis.

La Figura 1.4.8 muestra el diagrama NMDS bidimensional que incluye todos los puntos muestreados, en ella se puede ver una clara separación de los triángulos que representan a los tepuales del resto de las muestras. Los pomponales (rombos) se disponen de una forma dispersa en el plano y no se separan de una forma importante de las turberas. Estas últimas se muestran relativamente próximas entre ellas. La muestras de pomponales y turberas de muestran más próximas por cercanía en comparación a las muestras de tepuales.

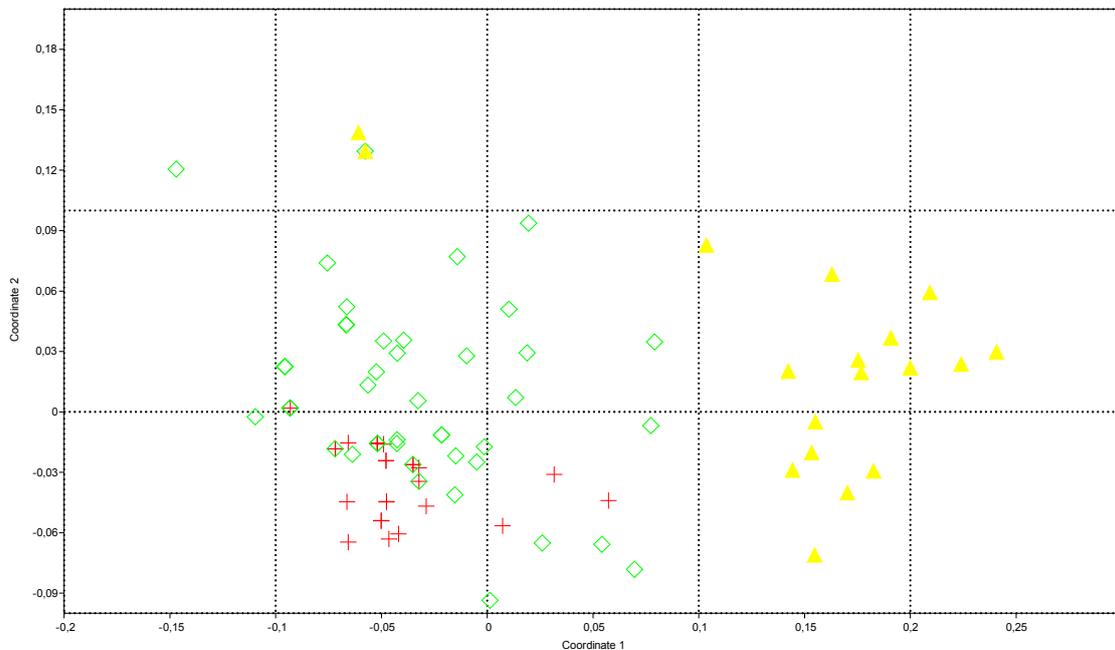


Fig. 1.4.8. Diagrama de ordenación bidimensional NMDS. Los triángulos representan tepuales, las cruces son las turberas y los rombos corresponden a pomponales.

Los resultados del análisis de similitud (ANOSIM) ($r_{\text{global}} = 0,4116$; $p = 0,0001$) muestran que la composición y abundancia de especies fue significativamente diferente entre los tres grupos de forma global, esto implica que en general las muestras de un mismo tipo de ambiente son más parecidas entre sí que con las otras muestras de otros ambientes (Fig. 1.4.9). La tabla 1.4.5 muestra los resultados del ANOSIM pareado, aquí se observa que la comparación de tepuales vs. pomponales y turberas vs. tepuales, son significativamente diferentes en composición ($p < 0,001$), sin embargo, cuando se comparan turberas y pomponales las composiciones son más próximas.

Todos estos antecedentes refuerzan los resultados obtenidos por la representación gráfica del NMDS y se condicen también con los resultados del análisis de conglomerado.

	p	R
Pomponales vs. Turberas	0,3453	0,012
Tepuales vs. Pomponales	0,0001	0,770
Turberas vs. Tepuales	0,0001	0,930

Tabla 1.4.5. Resultados del análisis de similitudes (ANOSIM). R: grado de separación de los grupos comparados en base a su composición de especies, p: significancia del análisis, los p menores a 0,05 se muestran en negrita.

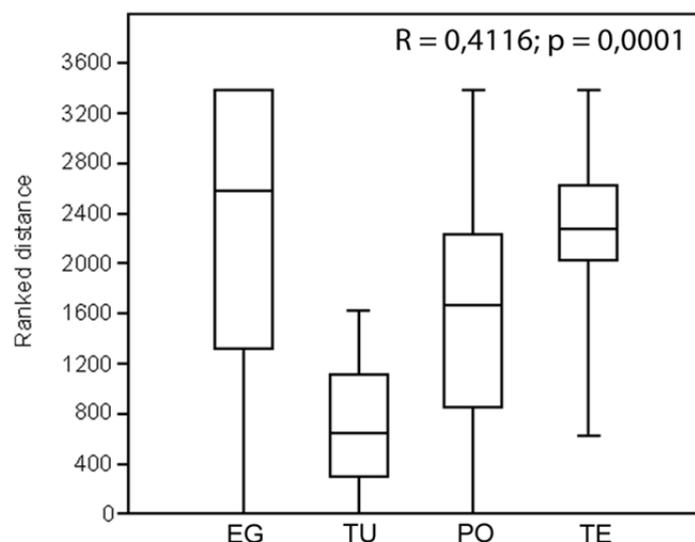


Fig. 1.4.9. Comparación de grupos de análisis de similitud ANOSIM. EG: entre grupo, TU: turberas, PO: pomponales, TE: tepuales.

En el análisis SIMPER realizado para cuantificar la contribución de las especies en las diferencias observadas en el análisis ANOSIM global, se observa que la mayor contribución a las diferencias de los tres tipos de hábitats se debe fundamentalmente a *Sphagnum magellanicum*, luego de forma lejana le sigue *Sphagnum falcatulum* y *Sphagnum fimbriatum*.

ESPECIE	CONTRIBUCIÓN	% ACUMULATIVO
<i>Sphagnum magellanicum</i>	41,38	54,01
<i>Sphagnum falcatulum</i>	5,744	61,51
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	3,121	65,58
<i>Cladonia</i> subgen. <i>Cladina</i>	3,019	69,52
<i>Dicranoloma billardierei</i>	2,779	73,15
<i>Kurzia setiformis</i>	2,045	75,82
<i>Dicranoloma imponens</i>	2,017	78,45
<i>Campylopus acuminatus</i>	1,99	81,05
<i>Riccardia rivularis</i>	1,841	83,45
<i>Polytrichastrum longisetum</i>	1,096	84,88
<i>Chiloscyphus horizontalis</i>	1,09	86,31
<i>Plagiochila hookeriana</i>	1,07	87,7
<i>Riccardia floribunda</i>	0,8586	88,82
<i>Chiloscyphus magellanicus</i>	0,7621	89,82
<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	0,7416	90,79
<i>Lepicolea ochroleuca</i>	0,5827	91,55
<i>Rigodium pseudothuidium</i>	0,5683	92,29
<i>Plagiochila chonotica</i>	0,4635	92,89
<i>Hypopterygium didictyon</i>	0,4352	93,46
<i>Riccardia prehensilis</i>	0,416	94

Tabla 1.4.6. Resultados análisis SIMPER, sólo se muestran las 20 primeras especies, que son las que tienen una mayor contribución.

1.4.4. DISCUSIÓN

Normalmente las turberas son consideradas hábitats con poca diversidad florística, con una riqueza de especies baja si se compara con otros ecosistemas (Vitt *et al.*, 1995b; Roig & Roig, 2004; Minayeva, 2008). Si bien esto es una realidad, en numerosas ocasiones se ha subestimado la diversidad por el desconocimiento que se tiene de grupos como briófitos y líquenes. Como es la tendencia del conocimiento de las turberas en el sur de Sudamérica, los trabajos que tratan la flora brio-liquénica son pocos. Díaz *et al.* (2008) registraron para las turberas de Chiloé 27 especies de briófitos y líquenes. Kleinebecker *et al.* (2010) encontraron 54 especies brio-liquénicas en turberas magallánicas. El presente estudio ha registrado 56 para la flora brio-liquénica de turberas en general (pomponales y turberas), por lo que comparado con los anteriores datos puede interpretarse que las turberas ubicadas en la Región de Los Lagos son tan importantes como reservorio de plantas criptógamas como las turberas magallánicas, las cuales han sido consideradas de mayor importancia al estar ubicadas en la región con la mayor riqueza brio-liquénica del país (Goffinet *et al.*, 2006).

Por otra parte, en un contexto más global si se compara la cantidad de especies registradas por este trabajo con el número de especies encontradas en turberas de características similares en el hemisferio norte, como por ejemplo en Canadá, donde se han registrado 36 especies (Vitt & Belland, 1995) o en Gran Bretaña, donde se han documentado 39 especies de briófitos (Wheeler, 1993), la riqueza total de especies observada en las turberas esfagnosas estudiadas, muestra una gran relevancia, ya que son sitios singulares para el hemisferio sur por su escasa representación en estas latitudes (Joosten & Clarke, 2002).

En los pomponales se observaron las mayores riquezas, índices de abundancia proporcional y el más alto número de especies exclusivas. En contraste, las turberas de origen glaciar mostraron los valores más bajos de estos parámetros comunitarios, lo que concuerda con los autores que sostienen que las turberas son hábitats con baja diversidad.

Los tepuales han mostrado una alta riqueza independiente de la escala (puntual o muestral) y poseen una gran cantidad de especies exclusivas, situación que es posible explicar considerando que estos hábitats forman parte de los bosques templados lluviosos de tipo Valdiviano, los cuales han sido considerados dentro de los 25 *hotspots* de biodiversidad a nivel mundial con prioridad de conservación por su singularidad y alta amenaza (Myers *et al.*, 2000). La mayor riqueza y exuberancia de musgos y hepáticas se manifiesta en estos bosques debido fundamentalmente al extenso aislamiento geográfico, la dinámica geológica y glacial acontecida, el establecimiento de un clima lluvioso, con temperaturas moderadas por la influencia marina, la variedad de hábitat y la heterogeneidad de la composición vegetal (Ardiles *et al.*, 2008).

Tanto en el estudio de las riquezas como en los índices de abundancia proporcional, se observan diferencias entre las localidades, esto cabe esperar dentro de la variabilidad y singularidad de cada sitio. Dicha tendencia se hace mucho más patente en pomponales, tal como se ve en el análisis de conglomerados (Fig. 1.4.7.). En este análisis se observa que tanto las localidades de turberas como las de tepuales son más similares entre sí y forman grupos delimitados, mientras que los pomponales son más heterogéneos. Esto se puede deber al origen de estos sitios y a los diversos procesos sufridos en el establecimiento de las comunidades.

La localidad SD posee mayor similitud con los tepuales, esto puede explicarse ya que en campo se observó que este sitio estaba en una fase inicial de formación, la capa de turba era la más reducida de las localidades muestreadas y está ubicada muy próxima al bosque; se podría señalar que sería una zona ecotonal entre el bosque y un pomponal propiamente dicho. Otra localidad destacada es LC, este sitio forma parte del grupo de pomponales y turberas, pero es el primero en separarse de la agrupación, este lugar presenta características hidrológicas muy particulares, el nivel freático es muy alto y constante durante todo el año, situación que no se repite en ninguno de los sitios estudiados.

En el estudio comparativo entre los grupos se ven claras diferenciaciones en los tres tipos de hábitat, tal como lo muestra el análisis NMDS y ANOSIM (Fig. 1.4.8. y 1.4.9.). Existen diferencias significativas ($p < 0,001$) en la composición florística de turberas, pomponales y tepuales, siendo pomponales y turberas más afines entre sí, situación que se puede entender ya que estos dos tipos de ecosistemas presentan condiciones ambientales muy similares (ver apartado 1.5.) y comparten un número importante de especies. Por el contrario, los tepuales están distanciados de los otros dos grupos, separación que concuerda con lo señalado anteriormente sobre la singularidad que poseen estos bosques.

De acuerdo con nuestros resultados los pomponales destacan de los otros dos ecosistemas por sus altos valores en los parámetros de diversidad florística, pero además en estos ecosistemas se han dado nuevos registros para la flora briofítica de la isla y de Chile (ver apartado 1.2.) y poseen un gran número de especies endémicas del sur de Sudamérica (ver apartado 1.1.). Otro punto a destacar es que dentro de la categoría de pomponales se observa una alta heterogeneidad, que llevan a la formación de subtipos dentro de este mismo grupo.

No obstante a lo anterior, lo más relevante que ha quedado en evidencia en este trabajo es que aun cuando las especies presentes en pomponales en su totalidad pertenecen a la ecoregión valdiviana y no es posible atribuir las a otro bioma, este ecosistema presenta una composición de especies y abundancias relativas que no ha ocurrido en el pasado (en los tepuales). Junto a lo anterior, estas nuevas combinaciones de especies tiene el potencial de cambiar el funcionamiento del ecosistema, y son resultantes de la intervención humana, pero que no dependen del hombre para su mantenimiento, características que según Hobbs *et al.* (2006) son claves y describen a un ecosistema emergente. Por lo tanto, podríamos señalar que los pomponales pueden ser calificados como ecosistemas del tipo antes mencionado.

En el caso de estos ecosistemas la nueva composición de especies ha cambiado profundamente el paisaje de la isla y los servicios ecosistémicos que antes proveían. Díaz & Armesto (2007) señalan que los cojines de *Sphagnum* en matorrales sucesionales de Chiloé, podrían inhibir el establecimiento de especies como *Drimys winteri* y *Baccharis patagonica*, y aunque el musgo podría actuar como especie facilitadora para el establecimiento de especies como *Embothrium coccineum*, la suma de otros factores como la baja disponibilidad de sustratos elevados sobre el suelo anegado podrían ser limitantes en la regeneración del bosque de Chiloé. Por otra parte, la colonización y el establecimiento de extensas poblaciones de *Sphagnum* en sitios donde el bosque fue retirado se ha visto favorecida y tal como se señala en el capítulo 2, los pomponales están acumulando turba y por lo tanto están actuando también como sumideros de carbono y reservorios de agua dulce, ambos servicios ecosistémicos de gran relevancia para la isla.

En Chiloé son extensas las áreas de pomponales y turberas donde se extrae *Sphagnum magellanicum* para ser comercializado, lo que ha transformado esta actividad en una importante fuente de trabajo tras la grave crisis de la salmonicultura en la Decima región. Lamentablemente, debido a la fuerte demanda del musgo, y a que no existe legislación que regule esta actividad, se ha realizado una extracción desmedida y sin protocolos sostenibles. Esto ocurre en numerosas localidades de las provincias de Chiloé y Llanquihue. En dichos sitios se evidencia la sobreexplotación, el musgo no se regenera, sólo crecen algunas plantas vasculares ruderales y las áreas quedan abandonadas, llenas de basura de las faenas (R. Fuentes, comunicación personal (2011)).

Por todo lo anterior, si se piensa en la importancia ecológica y social de las turberas para Chiloé, la conservación y la restauración son ejes claves. En el caso particular de los pomponales, considerando su origen antrópico cabe preguntarse qué pasará con estos ecosistemas en el futuro, cuál será la dirección de una posible restauración, si intentar recobrar el bosque templado lluvioso en un escenario histórico o recuperar el humedal telmático formado tras una perturbación.

En el mundo, la conservación y manejo de los ecosistemas emergentes es un punto de debate. Hobbs *et al.* (2006) señalan que las preguntas claves son cómo podemos desarrollar planes de gestión que maximicen los cambios favorables y reduzcan los aspectos menos beneficiosos. Los autores plantean dudas de cómo guiar un sistema en transición o uno que ya esté estable, partiendo de la base de que es muy difícil, si no imposible, que estos sistemas, vuelvan a un estado natural en términos de tiempo, esfuerzo y dinero, para los cuales hay pocas posibilidades de recuperación a una condición pre-existente.

Tal vez el enfoque que se debería tener en el caso de los pomponales, teniendo en cuenta el alto valor social, sea el planteado por Choi (2007), donde el foco de la restauración debe ser las funciones del ecosistema, en vez de recomposición de las especies o arreglos cosméticos del paisaje, en decir rehabilitar funciones ecológicas que se perdieron por la degradación medioambiental. En este caso, favorecer el crecimiento de *Sphagnum* y restablecer la capacidad de almacenar turba y agua. Todo esto encaminado, por qué no, a la extracción sostenible de *Sphagnum*. Hobbs *et al.* (2009) mencionan que en muchas partes del mundo, las motivaciones principales para la gestión de ecosistemas se relacionan más con la supervivencia humana que con consideraciones de fidelidad histórica.

Finalmente, junto con destacar la necesidad de la rehabilitación de pomponales degradados por la sobreexplotación, es de interés considerar que aunque estos ecosistemas son resultantes de la intervención humana, bajo el enfoque de la conservación de la biodiversidad, aquellos sitios que no han sido explotados cobran gran notoriedad, revalorando estos lugares que hasta el momento habían sido apreciados sólo para extracción y venta de *Sphagnum*.

1.5. FACTORES AMBIENTALES CLAVES QUE EXPLICAN LA VARIACIÓN DE LA DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA EN LAS TURBERAS DE CHILOÉ.

1.5.1. INTRODUCCIÓN

Las turberas son ecosistemas únicos, complejos y de importancia global (Minayeva, 2008), juegan un importante rol en la conservación de la biodiversidad local porque dan refugio a especies inusuales y dependientes de hábitats húmedos (Ramsar, 2004). No obstante, estos sitios han sido considerados por varios autores como ambientes estresados donde las condiciones ambientales limitan fuertemente la vida de los organismos (Vitt *et al.*, 1995b; Rydin & Jeglum, 2006; Kleinebecker *et al.*, 2010), y como consecuencia de ello por lo general presentan una riqueza de especies baja si se compara con otros ecosistemas (Vitt *et al.*, 1995b; Roig & Roig, 2004; Minayeva, 2008).

De forma general se ha establecido que los principales factores que afectan la composición de especies de la vegetación son: la variación de pH, la concentración de cationes metálicos y la variación de nutrientes disponibles (Wheeler & Proctor, 2000). Dichas fluctuaciones en la ocurrencia de especies relacionadas con la variación de los factores ambientales se resumen en el término gradiente ambiental (Økland *et al.*, 2001) o ecológico. Uno de los gradientes más empleados en turberas es el ombrotrofico-minerotrofico, que está basado en el origen del abastecimiento de los iones y elementos. En las ombrotroficas estos derivan enteramente de las precipitaciones, mientras que en las minerotroficas están influenciadas por agua que ha estado en contacto con sustrato mineral (Gignac & Vitt, 1990).

Ligados también a la hidroquímica se encuentran la variación de la concentración de calcio y el pH, que han sido sugeridos como la primera subdivisión natural de las turberas, dejando altos valores de pH y Ca en un extremo del gradiente, y bajos niveles en el otro extremo (Wheeler & Proctor, 2000). La disponibilidad de nutrientes especialmente de nitrógeno, fósforo y potasio también son factores que limitan el crecimiento de las plantas y la productividad de las turberas (Vitt & Chee, 1990; Charman, 2002). Otros elementos citados como determinantes en la ocurrencia de especies son el nivel freático, la microtopografía y la humedad del suelo (Wheeler & Proctor, 2000; Kleinebecker *et al.*, 2010). Del mismo modo un factor como la salinidad, debida a la influencia oceánica, puede tener un importante impacto en la distribución y composición florística (Wheeler & Proctor, 2000; Kleinebecker *et al.*, 2008).

La relación entre la composición florística y los parámetros ambientales ha sido ampliamente estudiada en Europa y Norteamérica (Sjörs, 1950; Vitt *et al.*, 1975; Chee & Vitt, 1989; Gignac & Vitt, 1990; Vitt & Chee, 1990; Vitt *et al.*, 1990; Vitt *et al.*, 1995a; Vitt *et al.*, 1995b; Bridgham *et al.*, 1996; Wheeler & Proctor, 2000; Økland *et al.*, 2001; Hájek *et al.*, 2006). Sin embargo, en Sudamérica los estudios son escasos. Kleinebecker (2007) en el marco de su tesis doctoral realizó una serie de estudios sobre gradientes ecológicos que afectan la composición florística, estos fueron los primeros trabajos exhaustivos para el sur de Sudamérica que combinaron datos de vegetación con características climáticas y geoquímicas de la turba (Kleinebecker *et al.*, 2007; Kleinebecker *et al.*, 2008; Kleinebecker *et al.*, 2010). Pero, no hay registros de estudios que describan gradientes ecológicos empleando la química del agua. Este trabajo presenta por primera vez la relación entre la

composición florística, componentes químicos de las aguas superficiales, microtopografía, entre otros parámetros ambientales para turberas patagónicas. Junto a lo anterior, este es el primer trabajo de estas características para la zona más septentrional de la distribución de las turberas en Chile.

Los principales objetivos de este trabajo son: i) caracterizar la química del agua superficial de las distintas turberas en estudio, ii) identificar los principales gradientes ecológicos que afectan la composición florística de briófitos y líquenes en turberas de la Isla Grande de Chiloé, iii) determinar cuales son los principales factores ambientales que explican la variación de la riqueza de especies y que podrían ser predictores de este parámetro comunitario, y iv) evaluar la respuesta de diferentes especies indicadoras bajo los principales gradientes ambientales.

1.5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

Para realizar este estudio se seleccionaron ocho localidades distribuidas en las zonas norte y centro de la Isla Grande de Chiloé (Fig. 6), tres de estas localidades correspondieron a turberas de origen glaciar: Río Negro (RN), Los Caulles (CA) y Púlpito (PL), y las cinco restante eran turberas de origen antrópico: Senda Darwin (SD), Lecam (LC), Pumanzano (PM), Río Chepu (CH) y Teguel (TG).

Muestreo y análisis de laboratorio

En cada una de las localidades de muestreo se delimitaron tres transectos lineales de 50 m separados entre 20 y 30 m. En cada uno de los transectos, se marcaron tres puntos a lo largo de éste, dos en los extremos y uno en el centro. En cada punto marcado y georreferenciado se realizó una caracterización del lugar y se midieron parámetros ambientales *in situ* como pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua empleando el medidor HI 98129. Luego en cada punto se extrajo una muestra de 500 cc de agua superficial en frascos de polietileno, que fueron refrigerados y enviados al Laboratorio de Suelo de INIA-Chile. Aquí se analizó la concentración de minerales (Ca, Mg, Na, Cl) y nutrientes (N y K), bajo los protocolos establecidos por Sadzawka *et al.* (2006), con el fin de caracterizar el estatus trófico de las turberas y relacionarlo con la diversidad brío-liquénica que en ellas se presenta.

En la tabla 1.5.1 se resumen de los parámetros ambientales utilizados en el estudio.

VARIABLE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Origen de la turbera	S_P	Variable categórica transformada a variable <i>Dummy</i> . S_P1: turbera glaciar (antrópico = 0)
Localidad sometida a cosecha	HAR	Variable categórica transformada a variable <i>Dummy</i> . HAR1: turbera afectada por cosecha (sin cosecha = 0)
Localidad sometida a drenaje	DRA	Variable categórica transformada a variable <i>Dummy</i> . DRA1: turbera drenada (sin drenar = 0)
Distancia a la costa	C_D	Medida en Km.
Latitud	LAT	Coordenadas en grados, minutos y segundos
Longitud	LON	Coordenadas en grados, minutos y segundos
Altitud	ALT	Medida en metros
pH	pH	Medido con HI 98129
EC	EC	Medido con HI 98129. Medida en uS/cm
Ca	Ca	Analizado con Espectroscopía de Absorción Atómica. Medida en mg/L
Mg	Mg	Analizado con Espectroscopía de Absorción Atómica. Medida en mg/L
K	K	Analizado con Espectroscopía de Absorción Atómica. Medida en mg/L
Na	Na	Analizado con Espectroscopía de Absorción Atómica. Medida en mg/L

N-NH₄	NH ₄	Determinación por titulación. Medida en mg/L.
N-NO₂	NO ₂	Determinación por titulación. Medida en mg/L.
N-NO₃	NO ₃	Determinación por titulación. Medida en mg/L.
N-TOTAL	N-T	Determinación por titulación. Medida en mg/L.
Cl	Cl	Titulación Potenciométrica con AgNO ₃ . Medida en mg/L.
Microtopografía	NAN	Variable categórica transformada en variable <i>Dummy</i> . NAN1: montículo (<i>Hummock</i>), NAN2: césped (<i>Lawn</i>), NAN3: tapiz (<i>Carpet</i>), NAN4: base de <i>Tepualia stipularis</i> .
Humedad	MOI	Variable categórica transformada a variable <i>Dummy</i> . MOI1: seco, MOI2: húmedo, MOI3: saturado. Esta medición se consideró como una forma indirecta de evaluar el nivel freático.
Vegetación vascular acompañante en la matriz	TS_R	Variable categórica transformada a variable <i>Dummy</i> . TS_R1: con pequeños árboles y arbustos (con juncos = 0)

Tabla 1.5.1. Resumen de las variables explicativas.

Posteriormente se extrajo un bloque de la capa superficial de 20 cm largo x 20 cm ancho y 10 cm de profundidad con la ayuda de un molde metálico, dichos bloques se utilizaron para cuantificar el número de especies y la abundancia de cada taxón expresada en biomasa seca de las mismas, siguiendo el método de cosecha de Bullock (1997). Los bloques extraídos fueron secados en estufas a 40°C durante dos días y fueron trasladados a las dependencias del departamento de Biología Vegetal I de la UCM.

Una vez en el laboratorio cada bloque fue rehidratado, separado por especies o grupos, que fueron identificadas y finalmente el material de cada especie o grupo fue secado durante 2 días a temperatura ambiente y 12 horas en estufa a 105°. El material seco fue pesado para obtener la biomasa de cada especie que se usó como medida de abundancia relativa en el análisis.

Las determinaciones se realizaron con la ayuda de monografías y claves citadas en el apartado 1.1. La nomenclatura siguió a Müller (2009), para los musgos excepto para *Racomitrium geronticum* (Larraín, 2011), para hepáticas (Hässel de Menéndez & Rubies, 2009) y Feuerer (2012) para líquenes. Las especies fueron determinadas por sus características morfológicas y en el caso de los líquenes se realizaron también caracterizaciones químicas empleando cromatografía de capa fina (TLC) según el protocolo descrito por White & James (1985).

Debido a la importancia como especie indicadora se ha considerado dentro de las especies estudiadas la planta insectívora *Drosera uniflora* Willd. Las especies *Calypogeia sphagnicola*, *Cephalozia skottsbergii* y *Hyalolepidozia bicuspidata* por su minúsculo tamaño y dificultad para separarlas fueron consideradas como un grupo funcional. Del mismo modo *Cladonia pycnoclada*, *Cladonia mitis* y *Cladonia arbuscula* subsp. *squarrosa* fueron consideradas como subgénero *Cladina* debido a la dificultad de separarlas a través de caracteres morfológicos o anatómicos. La tabla 1.5.2. enumera las especies y grupos encontrados al menos en tres localidades y los códigos de las especies.

Especies	Códigos
MUSGOS	
<i>Campylopus acuminatus</i> Mitt.	Cam acu
<i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid.	Cam int
<i>Dicranoloma billardierei</i> (Brid. ex Anon.) Paris	Dic bil
<i>Dicranoloma imponens</i> (Mont.) Renauld	Dic imp
<i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G.L. Sm.	Pol lon
<i>Sphagnum falcatulum</i> Besch.	Sph fal
<i>Sphagnum fimbriatum</i> Wilson	Sph fim
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	Sph mag
<i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	Sph cap
HEPÁTICAS	
<i>Frullania cf. boveana</i> C. Massal.	Fru bov
<i>Herbertus runcinatus</i> (Taylor) Kuhnem.	Her run

CAPÍTULO I DIVERSIDAD BRIO-LIQUÉNICA

<i>Jamesoniella colorata</i> (Lehm.) Stephani	Jam col
<i>Kurzia setiformis</i> (De Not.) J.J. Engel & R.M. Schust.	Kur set
<i>Lepicolea ochroleuca</i> (L. f. ex Spreng.) Spruce	Lep och
<i>Riccardia floribunda</i> (Stephani) A. Evans	Ric flo
<i>Riccardia rivularis</i> Hässel	Ric riv
<i>Saccogynidium australe</i> (Mitt.) Grolle	Sac aus
<i>Telaranea blepharostoma</i> (Stephani) Fulford	Tel ble
<i>Hyalolepidozia bicuspidata</i> (C. Massal.) S.W. Arnell ex Grolle - <i>Calypogeia sphagnicola</i> (Arnell & J. Perss.) Warnst. & Loeske - <i>Cephalozia skottsbergii</i> Steph.	Tyn hep
LIQUENES	
<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i> (Wulfen) Vain	Cla gra
<i>Cladonia squamosa</i> (Scop.) Hoffm.	Cla squ
<i>Cladonia arbuscula</i> subsp. <i>squarrosa</i> (Wallr.) Ruoss - <i>Cladonia mitis</i> Sandst. - <i>Cladonia pycnoclada</i> (Pers.) Nyl.	Cla Cla
<i>Usnea</i> sp.	Usn
INSECTIVORA	
<i>Drosera uniflora</i> Willd.	Dro uni
GRUPOS BOTÁNICOS	
Musgos totales	T_M_A
Hepáticas	H_A
Líquenes	L_A
<i>Sphagna</i>	S_A
Musgos (excepto <i>Sphagnum</i>)	M_NS_A

Tabla 1.5.2. Codificación de las especies

Análisis de datos

En el análisis numérico la biomasa de cada especie expresada en gramos fue transformada a porcentaje relativo para cada muestra.

En los análisis de respuesta y la caracterización química del agua superficial de las turberas se empleó la proporción iónica, que es un indicador del tipo de agua que se calcula como $2 [Ca] / (1 [Ca] + [Cl])$, y toma valores entre 0 y 1, los cuales son interpretados como la similitud del agua subterránea en relación al agua marina y de lluvia. Los valores de referencia para este índice son: valores altos cercanos a 1 indican aguas subterráneas, valores bajos cercanos al 0 corresponden a aguas de lluvia o marinas, debido a la dominancia del Cl, y valores intermedios cercanos a 0,5 representan una mezcla de los dos tipos (Hedenäs, 2003).

Para los estudios de ordenación sólo se consideraron las especies presentes en al menos tres puntos de muestreo, para evitar la influencia de especies raras en el análisis (ter Braak & Šmilauer, 2002). Las variables categóricas fueron transformadas en variables *Dummy*.

Se emplearon dos tipos de técnicas de ordenación para explorar la relación entre las variables explicativas y composición brio-liquénica. Primero, con el objeto de evaluar la estructura de la comunidad se realizó un análisis de ordenación indirecto DCA (*Detrended Correspondence Analysis*), sin transformación de datos. Tras aplicar el análisis, la longitud del primer eje del DCA fue de 4,034, lo que sugiere que la utilización de un modelo unimodal es lo más adecuado para describir los datos (ter Braak & Šmilauer, 2002; Lepš & Šmilauer, 2003).

Posteriormente, se realizó un análisis de ordenación directo CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) con el objeto de explorar los gradientes. La significancia de los ejes canónicos fue contrastada con el test de permutación Monte Carlo con 999 permutaciones. Para determinar la importancia relativa de las variables explicativas se empleó el método de selección *Forward stepwise*. Este proceso testea los efectos individuales de cada una de las variables ambientales (efectos marginales) y los efectos de cada variable junto a las demás variables que ya han sido seleccionadas (efectos condicionales) (Lepš & Šmilauer, 2003). La evaluación de la significancia de las variables incluidas en el modelo final fue realizada mediante el test de Monte Carlo (999 permutaciones).

Para las variables *dummy* microhábitat y humedad se codificaron cada uno de los niveles del factor (K niveles del factor = K variables *dummy*), dicha redundancia se realizó con el objeto de facilitar la visualización de los resultados en la ordenación. Las recién mencionadas variables fueron representadas en los diagramas como centroides.

Para obtener las curvas de respuesta de las especies en relación a los mejores predictores ambientales, basadas en la matriz de abundancia relativa, se usó un modelo aditivo generalizado (GAMs) (Zuur *et al.*, 2007) asumiendo una distribución Poisson. El modelo ajustado fue contrastado con el modelo nulo y sólo las especies con respuesta significativa fueron consideradas (Kleinebecker *et al.*, 2010). Para la simplificación del modelo se utilizó el criterio de información Akaike (AIC) (Lepš & Šmilauer, 2003).

El efecto de las variables ambientales sobre la riqueza de especies se exploró mediante regresiones de mínimos cuadrados parciales (PLSR *Partial Least Squares regressions*) (Tobias, 2003; Carrascal *et al.*, 2009; Abdi, 2010). Esta técnica es una extensión del análisis de regresión múltiple lineal en donde se obtienen factores multivariantes ortogonales entre sí, que son combinaciones lineales de los predictores originales, pero condicionados a maximizar la varianza explicada en la variable respuesta (Carrascal *et al.*, 2008). Esta herramienta ha sido citada como muy útil cuando el número de muestras es reducido, el número de predictores es alto y se ve una alta colinealidad entre ellos (Maestre, 2004; Carrascal *et al.*, 2009). La significancia de las componentes entregadas por el PLSR fue puesta a prueba a través de *cross-validation*. La normalidad de los residuos del modelo fue corroborado a través de los tests Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, junto a una exploración gráfica *normal probability plot*.

Para comparar las medias entre los dos tipos de turberas y entre las distintas localidades muestreadas en relación a los parámetros ambientales se empleó el test no paramétrico Kruskal-Wallis H y el test Mann-Whitney U.

Los análisis de ordenación, test de Monte Carlo y modelos GAM fueron realizándose con el programa CANOCO para Windows versión 4.5 (ter Braak & Šmilauer, 2002). Para los análisis PLSR y test no paramétricos se empleó el paquete STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2004).

1.5.3. RESULTADOS

Caracterización de la química del agua superficial

Los pH de las localidades estudiadas fluctuaron entre 3,79 y 4,85 (Fig. 1.5.1.a); la localidad más ácida fue LC y la menos ácida fue SD. No se observaron diferencias significativas entre turberas y pomponales.

Las medias de EC fluctuaron entre 108,7 y 253,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 6 de las 8 localidades y en las dos restantes se registraron medias inferiores a los 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 1.5.1.b).

Las proporciones iónicas de seis de las localidades estudiadas (tres turberas y tres pomponales) mostraron medias inferiores a 0,3 y sólo dos de ellas (ambas pomponales) presentaron valores superiores (0,41 SD y 0,53 LC) (Fig. 1.5.1.h).

Los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio; así como nitrógeno total y cloro, al igual que los parámetros químicos anteriores, mostraron diferencias significativas entre las localidades ($p < 0,05$) (Fig. 1.5.1.).

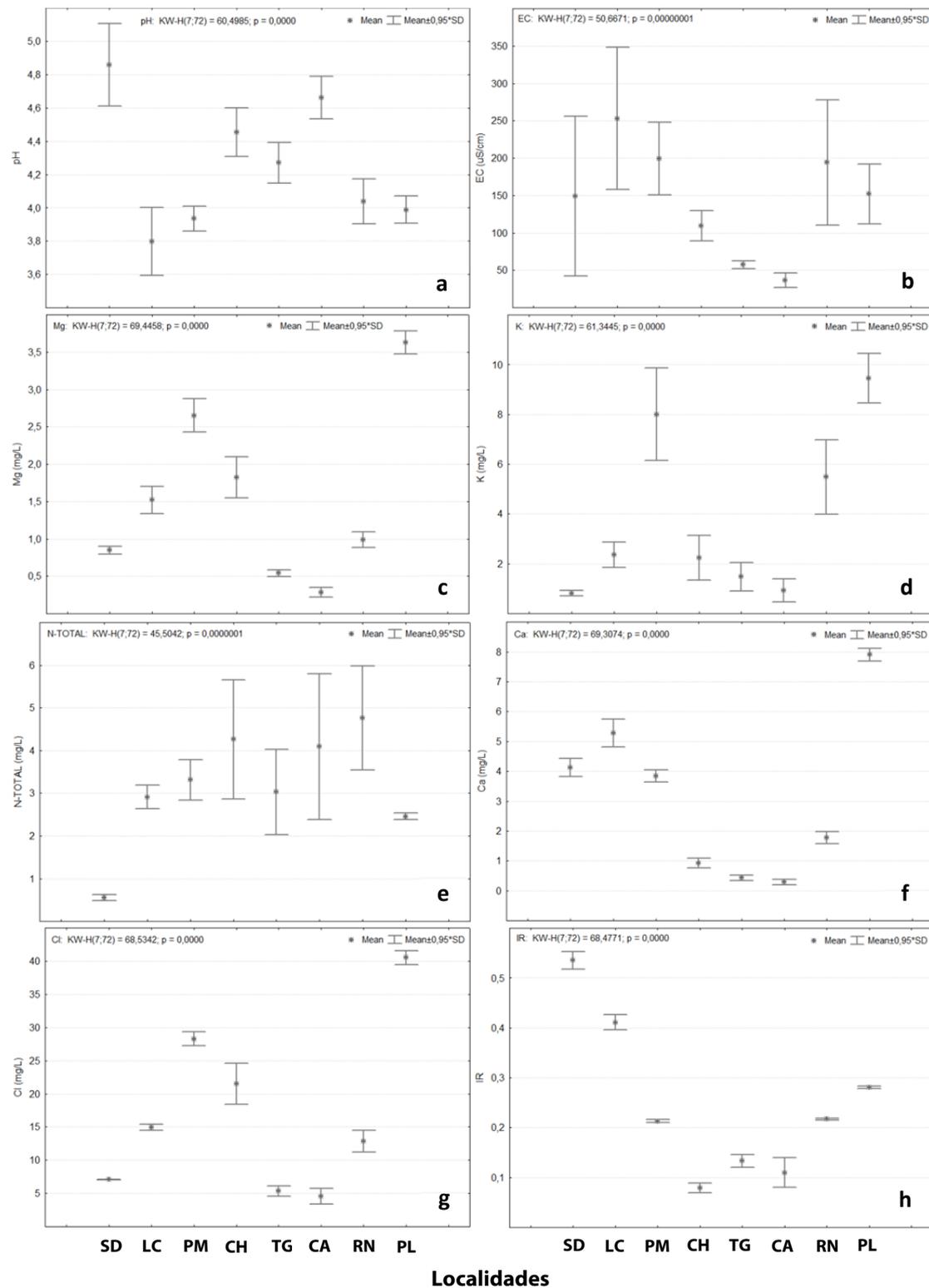


Fig. 1.5.1. Parámetros químicos promedio de las aguas superficiales en las localidades estudiadas: a) pH, b) Conductividad eléctrica, c) Magnesio, d) Potasio, e) Nitrógeno total, f) Calcio, g) Cloro y h) Proporción iónica.

La tabla 1.5.3 muestra los valores medios de los componentes químicos del agua entre pomponales y turberas. En los parámetros K, NH_4 y NH_3 se encontraron diferencias significativas.

	POMPONALES					TURBERAS					p-level
	n	Media	Mín.	Máx.	D.S.	n	Media	Mín.	Máx.	D.S.	
pH	45	4,26	3,48	5,28	0,42	27	4,23	3,85	4,79	0,33	0,866
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	45	153,71	51,00	440	97,26	27	127,48	24,00	323,00	87,11	0,191
Mg (mg/L)	45	1,48	0,45	3,17	0,77	27	1,64	0,16	4,00	1,47	0,588
K (mg/L)*	45	2,98	0,17	11,52	2,78	27	5,29	0,33	11,79	3,71	0,033
Na (mg/L)	45	11,37	3,41	19,94	5,05	27	11,25	2,42	21,17	6,41	0,683
Ca (mg/L)	45	2,92	0,21	6,13	1,94	27	3,32	0,12	8,28	3,36	0,696
Cl (mg/L)	45	15,43	3,60	30,46	8,86	27	19,32	3,11	42,80	15,70	0,949
N-NH ₄ (mg/L)*	45	0,48	0,02	1,54	0,43	27	0,94	0,09	2,10	0,60	0,001
N-NO ₃ (mg/L)*	45	0,04	0,00	0,13	0,04	27	0,09	0,00	0,20	0,07	0,017
N-NO ₂ (mg/L)	45	2,28	0,28	5,73	1,38	27	2,74	0,06	6,76	1,90	0,297
N-TOTAL (mg/L)	45	2,81	0,40	6,20	1,48	27	3,77	0,54	7,33	1,57	0,059
IR	45	0,27	0,07	0,57	0,17	27	0,20	0,06	0,29	0,07	0,596

Tabla 1.5.3. Valores medios y desviaciones estándar de las variables explicativas entre los tipos de turberas según su origen. * indica diferencias significativas aplicando test Mann-Whitney U.

Relación composición de especies y parámetros ambientales

El análisis DCA sugiere emplear un método de ordenación unimodal, debido al alto valor de la longitud del gradiente 4,034 en el eje 1. Éste mide la diversidad beta en la composición de la comunidad a lo largo de gradientes independientes. El autovalor del primer eje es de 0,735 y para el segundo eje es de 0,525. Los dos primeros ejes explican más del 25% de la variabilidad total de las especies y existe una alta correlación entre los factores ambientales y las especies en los dos primeros ejes ($r = 0,744$ y $0,768$). Esto indica que el set de datos no está gobernado por un sólo gradiente dominante.

En el diagrama de ordenación DCA se observa que el primer eje está correlacionado positivamente con el aumento de calcio, magnesio, nitrógeno total y nitrito, mientras que el segundo eje está correlacionado negativamente con el drenaje y la cosecha en las turberas (Fig. 1.5.2. a). Por otra parte la disposición de las especies muestra una clara tendencia a seguir tres parámetros: nitrógeno total, IR y Nan₄, esta misma tendencia es seguida por las muestras (Fig. 1.5.2. b).

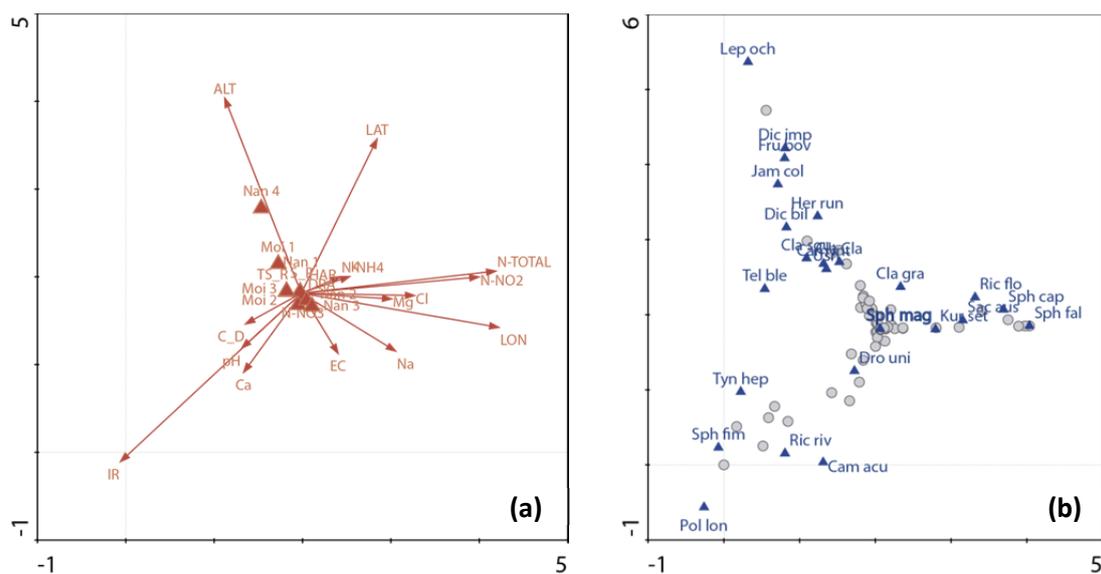


Fig. 1.5.2. Diagramas de ordenación del DCA, a) Variables ambientales estudiadas, b) Especies estudiadas representadas por triángulos azules y muestras marcadas con círculos grises. Para consultar abreviaturas ver tabla 1.5.2.

Los resultados de selección de variables *forward stepwise* se presentan en la tabla 1.5.4, aquí se ve que el modelo simplificado que explica los patrones de la composición de especies considera como significativas cinco de las variables estudiadas: en primer lugar la proporción iónica, seguido de la microtopografía de base de *Tepualia stipularis*, luego la longitud, y en cuarto y quinto lugar la concentración de amonio y la distancia a la costa respectivamente.

Efectos Marginales		Efectos condicionales			
Variable	Lambda 1	Variable	Lambda A	p	F
IR	0.33	IR	0.33	0.001	4.99
Nan 4	0.24	Nan 4	0.24	0.002	3.71
N-TOTAL	0.22	LON	0.18	0.001	2.95
LON	0.22	N-NH4	0.17	0.002	2.78
ALT	0.20	C_D	0.11	0.014	1.79
TS_R	0.18	TS_R	0.10	0.063	1.60
Moi 1	0.17	Nan 1	0.06	0.333	1.16
N-NO2	0.17	N-NO2	0.06	0.540	0.91
S_P	0.16	N-NO3	0.05	0.628	0.83
N-NH4	0.15	ALT	0.06	0.409	1.01
pH	0.14	Nan 2	0.05	0.627	0.86
C_D	0.14	EC	0.05	0.581	0.80
LAT	0.14	pH	0.06	0.416	1.02
K	0.13	HAR	0.04	0.773	0.63
Na	0.11	Ca	0.05	0.531	0.91
Cl	0.11	Cl	0.08	0.258	1.28
Ca	0.11	Mg	0.04	0.648	0.74
HAR	0.10	LAT	0.05	0.675	0.76
Nan 1	0.09	S_P	0.04	0.810	0.60
Mg	0.09	DRA	0.06	0.338	1.13
Nan 3	0.09	K	0.03	0.878	0.50
Moi 3	0.09	Na	0.02	0.994	0.22
N-NO3	0.08	N-TOTAL	0.00	1.000	0.01
EC	0.07				
Nan 2	0.06				
Moi 2	0.06				
DRA	0.06				

Tabla 1.5.4. Resumen de los efectos marginales y condicionales de las variables en la selección *forward stepwise*. λ_1 : cantidad de varianza explicada por la variable; λ_A : cantidad de varianza explicada por cada variable cuando se incluyó en el modelo de análisis; p: significancia del estadístico F. En negrita se destacan las variables significativas.

Junto a lo anterior se evaluó la relación de las variables ambientales con los diferentes grupos botánicos en estudio por separado, dichos resultados se muestran en la fig. 1.5.4. El CCA donde sólo se incluyeron musgos (Fig. 1.5.4.a) arrojó como resultado que los dos primeros ejes del modelo explicaron un 20,3% de variación total de las especies, así mismo estos ejes explicaron el 56,3% del total de la varianza de la relación especies-ambiente. Las correlaciones de los primeros dos ejes fueron de 0,788 y 0,683 respectivamente. Una vez realizada la selección de variables, se presentaron como principales factores que explican la composición parámetros semejantes al análisis general. Se conserva la proporción iónica, la longitud, la concentración de NH_4 , y distancia a la costa, y se añade como factor importante el tipo de vegetación vascular acompañante en la matriz (Tabla 1.5.5.). Por otra parte, el CCA de sólo hepáticas (Fig. 1.5.4.b) mostró en los primeros dos ejes canónicos una altísima correlación de los taxones y las variables explicativas 0,998 y 0,956. Dichos ejes explicaron un 37,8% de variación total de las especies, así mismo estos ejes explicaron el 54,7% del total de la varianza de la relación especies-ambiente. Las hepáticas muestran considerables cambios en la selección de las variables. Como resultado del análisis se presentan nueve variables significativas: microtopografía de base de *Tepualia stipu-*

laris latitud, altitud, microtopografía de montículo, longitud, proporción iónica, nitrógeno total, drenaje y origen de las turberas (Tabla 1.5.5.).

Para líquenes no se obtuvo un modelo significativo.

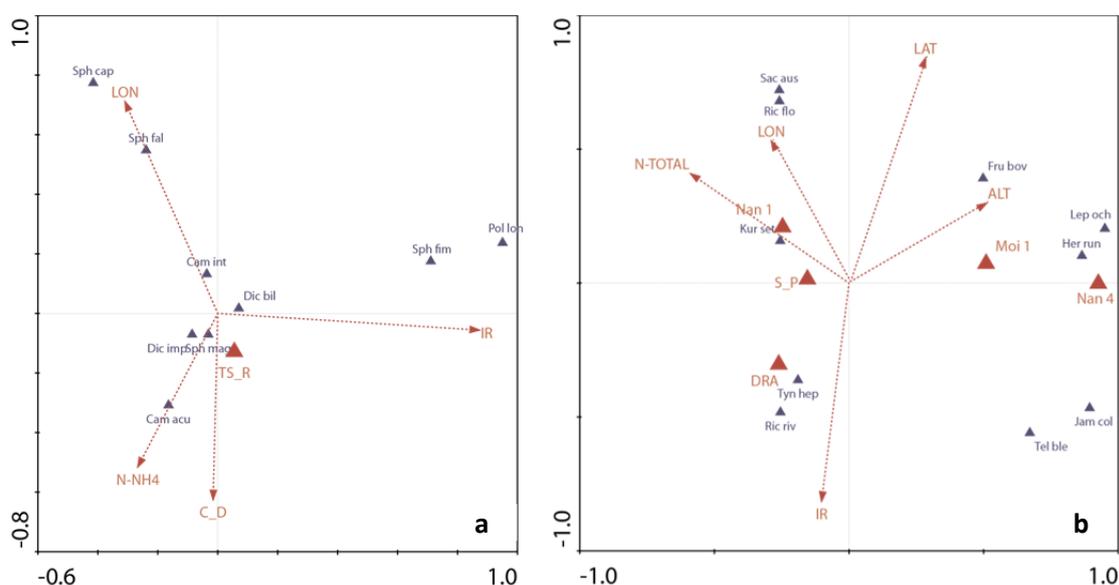


Fig. 1.5.4. Diagramas de ordenación de CCA realizados con selección de variables *forward stepwise* para: a) sólo musgos y b) sólo hepáticas. Las especies están representadas por triángulos, las variables ambientales seleccionadas están dibujadas con líneas discontinuas y las variables *dummy* están representadas por los triángulos grandes. Para consultar abreviaturas ver Tabla 1.5.2.

MUSGOS			
Variable	LambdaA	P	F
IR	0.31	0.001	5.96
LON	0.17	0.001	3.49
N-NH4	0.16	0.001	3.36
C_D	0.10	0.016	2.04
TS_R	0.09	0.042	1.88
Moi 1	0.06	0.193	1.38
N-NO3	0.05	0.462	0.98
Nan 2	0.04	0.659	0.80
EC	0.03	0.676	0.67
Nan 1	0.02	0.728	0.58
N-NO2	0.04	0.653	0.66
pH	0.02	0.868	0.47
ALT	0.04	0.646	0.77
HAR	0.02	0.731	0.57
Ca	0.04	0.616	0.76
Mg	0.06	0.270	1.30
LAT	0.03	0.696	0.61
S_P	0.04	0.654	0.70
DRA	0.05	0.466	0.97
Cl	0.02	0.671	0.59
K	0.02	0.968	0.22
Na	0.01	0.974	0.21

HÉPATICAS			
Variable	LambdaA	P	F
Nan 4	0.97	0.001	14.87
LAT	0.58	0.001	10.17
ALT	0.39	0.001	7.94
Nan 1	0.19	0.001	3.97
LON	0.18	0.001	4.14
IR	0.16	0.001	3.52
N-TOTAL	0.14	0.001	3.46
DRA	0.10	0.005	2.76
S_P	0.13	0.007	3.22
Nan 2	0.05	0.130	1.58
pH	0.07	0.083	1.94
Cl	0.07	0.108	1.74
HAR	0.04	0.293	1.17
Na	0.06	0.140	1.66
Mg	0.05	0.176	1.45
EC	0.02	0.505	0.78
N-NO3	0.03	0.647	0.65
N-NH4	0.03	0.436	0.94
TS_R	0.03	0.441	0.93
Ca	0.03	0.601	0.71
K	0.03	0.333	1.02
C_D	0.03	0.655	0.57

Tabla 1.5.5. Resumen de los efectos condicionales de las variables en la selección *forward stepwise* en CCA sólo musgos y sólo hepáticas. λ_1 : cantidad de varianza explicada por la variable; λ_A : cantidad de varianza explicada por cada variable cuando se incluyó en el modelo de análisis; p : significancia del estadístico F. En negrita se destacan las variables significativas.

Tras comparar entre las ordenaciones obtenidas con una técnica directa(CCA) y una indirecta (DCA) se observan resultados similares, por lo que cabe pensar que las variables ambientales elegidas para explicar las pautas de variación en la composición de la comunidad son efectivamente las que explican dicha variación (ter Braak & Šmilauer, 2002).

Respuesta de especies a los principales factores ambientales

Las curvas de respuestas en cada uno de los grupos botánicos muestran importantes diferencias ecológicas de las especies involucradas, tanto en IR, principal factor ambiental que interviene en la composición de las especies, como en pH, parámetro ampliamente estudiado, que ha sido uno de los principales factores de clasificación de las turberas en el mundo.

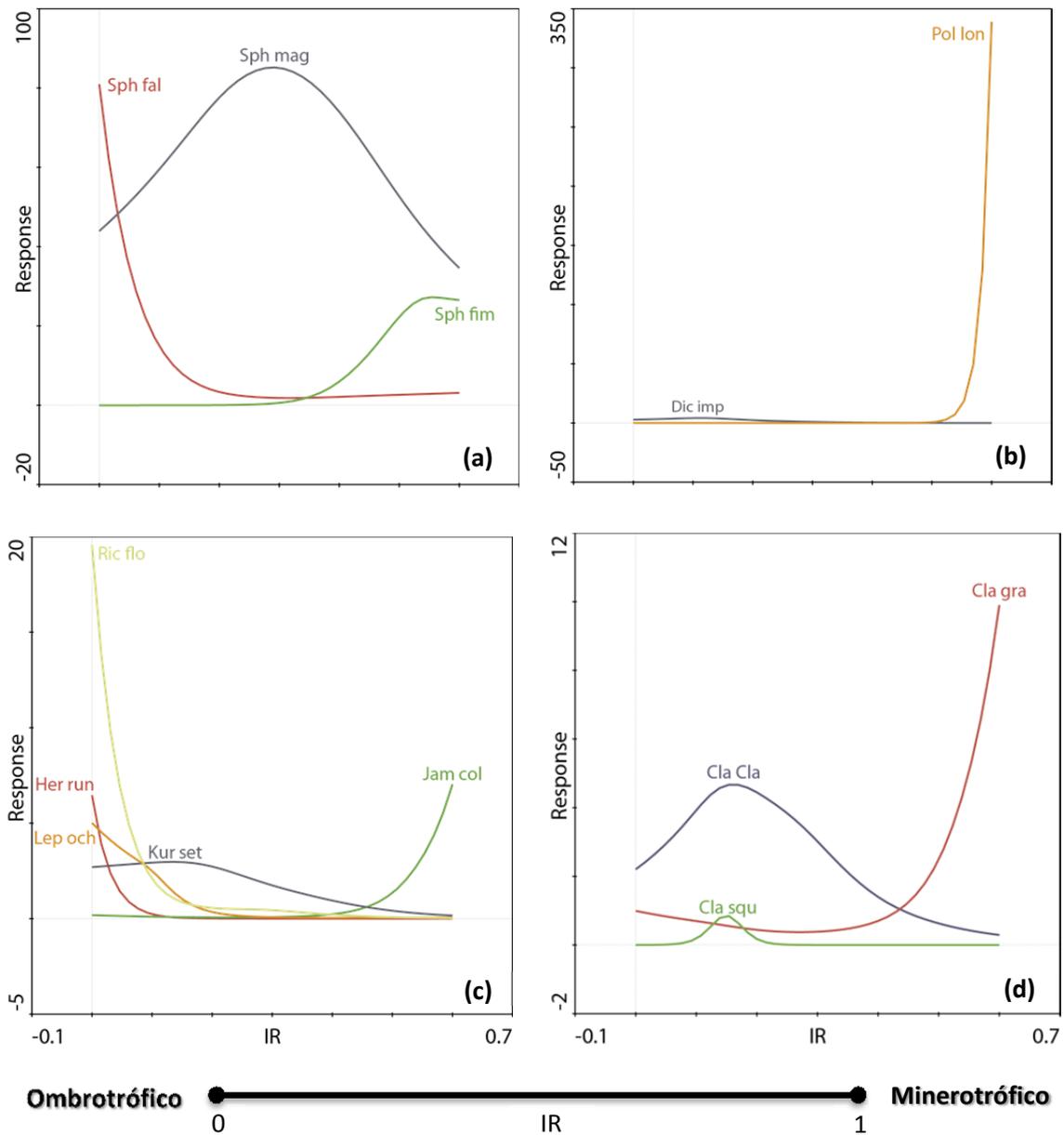


Fig. 1.5.5. Curvas de respuesta de modelos generalizados aditivos (GAM) para IR en a) especies de *Sphagnum*, b) especies de musgos excepto *Sphagnum*, c) especies de hepáticas y d) especies de *Cladonia*. Sólo se muestran aquellas especies que tuvieron respuestas significativas y no fueron eliminados por el criterio AIC. La línea en la parte inferior de la figura representa el gradiente que se puede inferir a partir de los valores de IR. Para consultar abreviaturas ver tabla 1.5.2.

En la mayoría de las especies se observa un aumento en la abundancia en los extremos del gradiente. Las abundancias de los musgos (Fig. 1.5.5 a y b) muestran claras diferencias especialmente en las especies del género *Sphagnum* que se ubican en distintos puntos a lo largo del gradiente, *Sphagnum falcatulum* aumenta ante bajos IR, *Sphagnum magellanicum*

tiene su óptimo en valores cercanos a 0,4 y *Sphagnum fimbriatum* muestra un pico a altos IR.

En el caso de las especies de hepáticas, éstas se concentran en los extremos del gradiente (Fig. 1.5.5. c), las abundancias de *Riccardia floribunda*, *Herbertus runcinatus*, *Kurzia setiformis* y *Lepicolea ochroleuca*, aumentan en sitios con bajo IR. Por el contrario de *Jamesoniella colorata* aumenta ante valores altos de IR. Las especies del género *Cladonia* (Fig. 1.5.5. d) presentan un patrón semejante, *Cladonia* subgen. *Cladina* y *Cladonia squamosa* tienen óptimos a IR cercano a 0,2, mientras que *Cladonia gracilis* aumenta su abundancia a IR de 0,6.

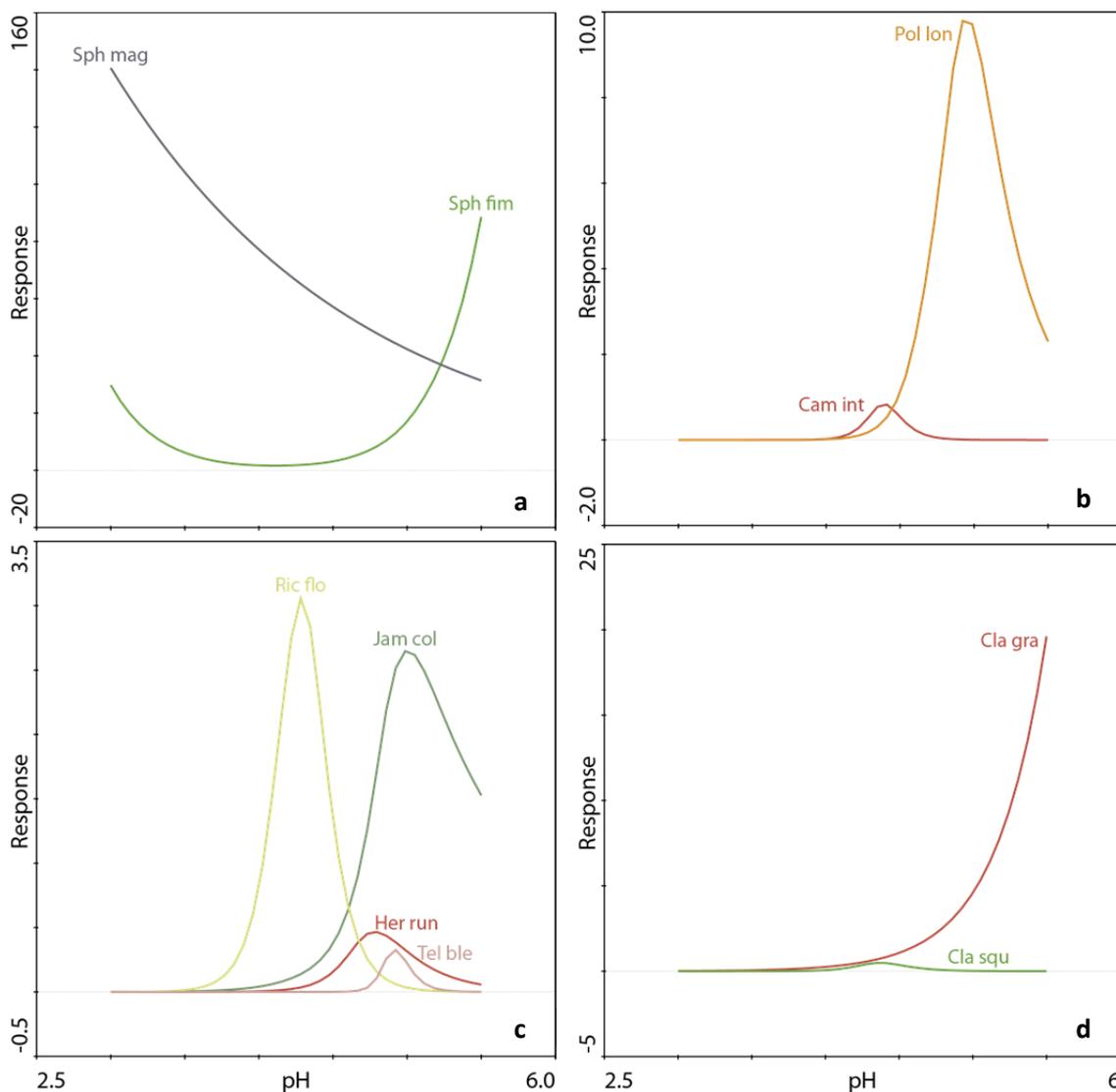


Fig. 1.5.6. Curvas de respuesta de modelos generalizados aditivos (GAM) para pH en a) especies de *Sphagnum*, b) especies de musgos excepto *Sphagnum*, c) especies de hepáticas y d) especies de *Cladonia*. Sólo se muestran aquellas especies que tuvieron respuestas significativas y no fueron eliminados por el criterio AIC. Para consultar abreviaturas ver tabla 1.5.2.

A lo largo del gradiente de pH del agua superficial de las turberas se observaron diferencias notorias entre las especies. *Sphagnum magellanicum* mostró su mayor abundancia a valores bajos, mientras que *Sphagnum fimbriatum* aumentó en su presencia hacia los extremos del gradiente, en especial ante altos valores de pH (Fig. 1.5.6 a). *Polytrichastrum*

longisetum muestra un pico de abundancia a pH cercano a 5 (Fig. 1.5.6 b). Del mismo modo las hepáticas mostraron óptimos a pH superiores a 4 (Fig. 1.5.6 c). Por otra parte *Cladonia gracilis* (Fig. 1.5.6 d) presentó una mayor respuesta ante altos valores de pH.

Relación entre la riqueza de especies y parámetros ambientales

Los resultados del análisis PLSR (Tabla 1.5.6) proveen para el modelo de riqueza total un componente significativo que explica el 48,2% de la variación de las especies. En dicho componente las variables con mayor peso son la microtopografía de tapiz y la saturación del sustrato, que se correlacionan negativamente, y la microtopografía de base de *Tepualia stipularis*, que está correlacionada positivamente con la riqueza de especies por punto de muestreo.

Los factores influyentes sobre la riqueza de musgos total son extraídos de un modelo que explica el 44,3% de la varianza y que arroja sólo un componente significativo. Dichos factores son principalmente el pH, que tiene una correlación positiva y la concentración de amonio, que está correlacionada de forma negativa.

En la exploración de la riqueza de *Sphagnum* se obtuvo un modelo con un componente significativo que explica el 40,6% de la variación de las especies. En este caso la información contenida en el componente está asociada primordialmente con el tipo de vegetación vascular acompañante en la matriz y la altitud, ambas de forma negativa.

En caso del modelo de riqueza de musgos excluyendo *Sphagnum* se obtuvo un modelo que explica el 49,5% de la varianza, con un componente significativo. En éste los principales factores que afectan a la riqueza son la microtopografía de tapiz y la saturación de agua del sustrato, ambos asociados de forma negativa.

Para hepáticas y líquenes no se obtuvieron modelos significativos.

Var. Dependiente	Var. Explicativas	W COMP1	R ²	Var. Dependiente	Var. Explicativas	W COMP1	R ²
Riqueza Total	pH	0,291	0,482	Riqueza Musgos (excluyendo <i>Sphagnum</i>)	pH	0,295	0,495
	Na	-0,248			Mg	-0,205	
	N-NO3	-0,196			K	-0,207	
	N-TOTAL	-0,222			Na	-0,266	
	Nan 3	-0,316			Cl	-0,232	
	Nan 4	0,409			N-NH4	-0,241	
	Moi 1	0,295			N-NO3	-0,213	
	Moi 3	-0,316			N-TOTAL	-0,246	
					Nan 3	-0,332	
Riqueza Musgos	S_P	-0,258	0,443	Moi 1	0,252	Moi 3	-0,332
	HAR	-0,224					
	pH	0,34					
	K	-0,297					
	Na	-0,202					
	Cl	-0,217					
	N-NH4	-0,334					
	N-NO3	-0,241					
	N-TOTAL	-0,283					
	IR	0,208					
Riqueza <i>Sphagnum</i>	LON	0,271	0,406	Riqueza Hepáticas			N.S.
	S_P	-0,304		Riqueza Líquenes			N.S.
	TS_R	-0,331					
	C_D	-0,276					
	ALT	-0,372					
	pH	0,217					
	K	-0,261					
	N-NH4	-0,282					
	Moi 1	-0,227					

Tabla 1.5.6. Resumen de los modelos PLSR ajustados a la riqueza total de especies y a las riquezas de cada grupo botánico estudiado. La riqueza esta expresada como número de especies por punto de muestreo. W COMP1: peso de cada variable en el primer componente del PLSR, R²: proporción de la varianza explicada por el modelo, N.S.: no se obtuvo un modelo significativo. En la tabla se presentan las variables explicativas significativas y se marcan en negrita aquellas variables asociadas significativamente con cada factor y que además retienen más de un 5% de su contenido informativo.

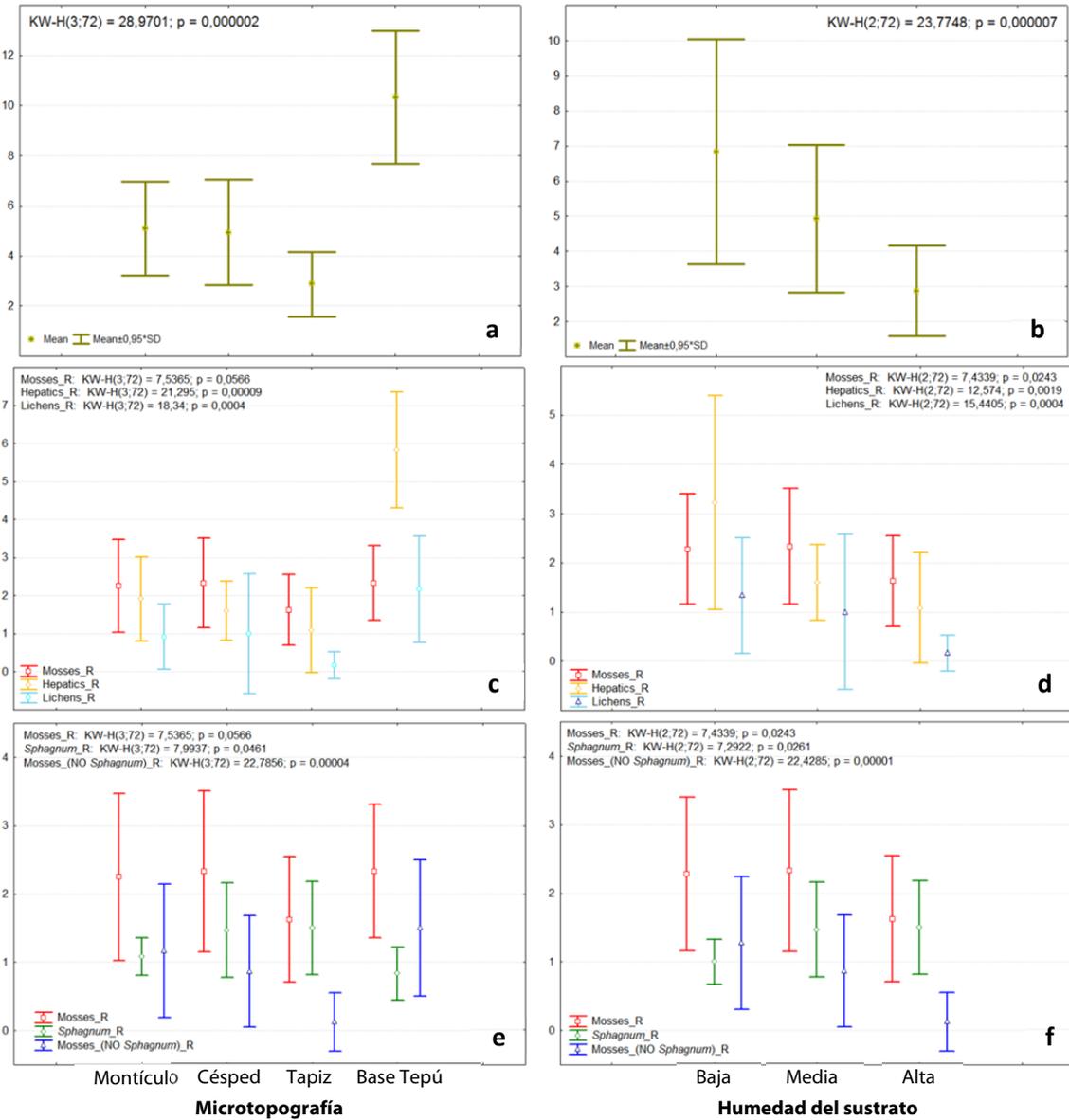


Fig. 1.5.7. Relación entre microtopografía y humedad del sustrato y riqueza de especie: a) riqueza total vs. microtopografía, b) riqueza total vs. humedad, c) riqueza por grupo botánico vs. microtopografía, d) riqueza por grupo botánico vs. humedad, e) riqueza por grupo de musgos vs. microtopografía y f) riqueza por grupo de musgos vs. humedad. La riqueza está expresada como número de especies por punto de muestreo.

Como se ve en los resultados del PLS las características del microhábitat son factores importantes en la variación de la riqueza de especies. Las figuras 1.5.7 a y b muestran cómo las medias de la riqueza varían significativamente ($p < 0,001$) entre las distintas microtopografía y los diferentes niveles de humedad del sustrato. Esta misma tendencia se puede observar en musgos, hepáticas y líquenes por separado (Figs. 1.5.7 c y d). Del mismo modo ocurre entre los distintos tipos de musgos (Figs. 1.5.7 e y f).

Impacto de la abundancia de *Sphagnum* ante la abundancia otros taxones

Al estudiar la relación de las riquezas específicas y abundancias de los distintos grupos botánicos y la abundancia del *Sphagnum* (taxón dominante) se observan distintas inclinaciones. Las riquezas de musgos (excluido *Sphagnum*) y abundancia, en contraste con la riqueza de líquenes, mostraron una ligera tendencia negativa estadísticamente significativa frente a la abundancia de *Sphagnum*. Mientras que las abundancias de musgos y hepáticas presentaron leves tendencias negativas no significativas, mientras que en la riqueza de hepáticas no se observan tendencias (Fig. 1.5.8.).

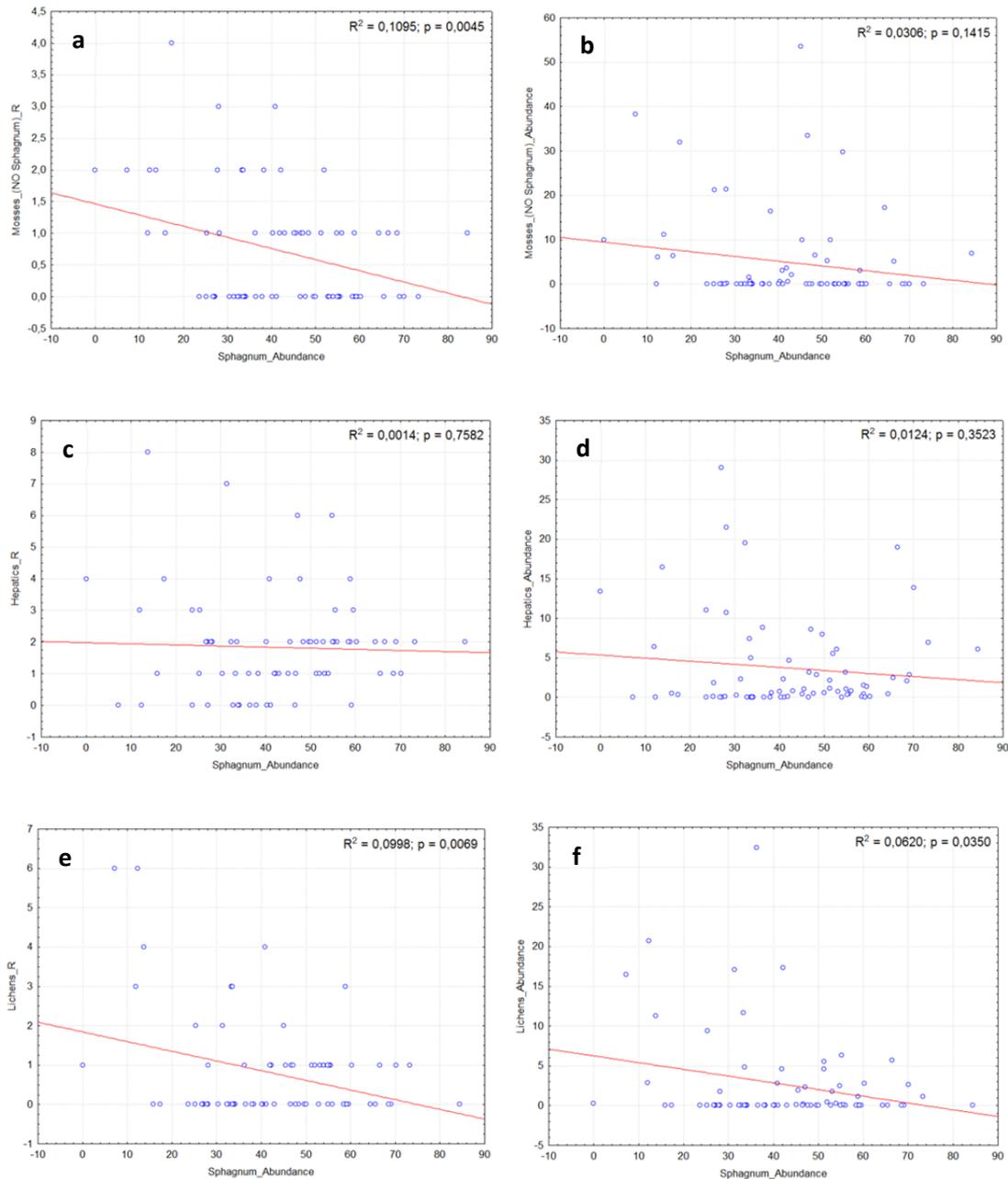


Fig. 1.5.8. Relación entre la abundancia de *Sphagnum* y a) riqueza de musgos excluido *Sphagnum*, b) abundancia de musgos excluido *Sphagnum*, c) riqueza de hepáticas, d) abundancia de hepáticas, e) riqueza de líquenes y f) abundancia de líquenes.

1.5.4. DISCUSIÓN

Características de la química de las aguas superficiales

Los pH medios de las localidades estudiadas se encuentran en un rango entre 3,7 y 4,8. A la luz de estos datos, y considerando que no se han encontrado diferencias significativas entre turberas y pomponales, los valores de pH documentados permiten catalogar a todas las turberas estudiadas como *Bogs* (Wheeler & Proctor, 2000). Cabe destacar que se ha empleado la palabra en inglés porque no se ha encontrado un término exactamente equivalente en español. Si se contrastan estos resultados de pH con valores referenciales para bogs o turberas ombrotáficas en el hemisferio norte, por ejemplo: Costa de Columbia Británica 4,1-4,8 (Vitt *et al.*, 1990); Sierra Xistral - Galicia 3,9-4,9 (Martínez Cortizas *et al.*, 2001); Norte y Centro de Suecia 3,7-4,2 (Sjörs & Gunnarsson, 2002), las turberas chilotas encajan en estos rangos y presentan valores similares a las turberas gallegas.

La conductividad eléctrica (EC) media del agua superficial de las turberas muestreadas osciló entre 35,3 y 253,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este rango se ha visto ampliado por valores altos de algunas localidades, dichas magnitudes sobrepasan los valores esperados, ya que para turberas boreales de tipo *bog* u ombrotáficas se esperan valores como 24,3-82,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Vitt *et al.*, 1990), 28-50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Vitt *et al.*, 1995a) o 39-48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Martínez Cortizas *et al.*, 2009). Valores superiores a 180-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son generalmente encontrados en zonas continentales o subcontinentales (Gignac *et al.*, 1991) o ambientes minerotráficos (Rydin & Jeglum, 2006).

Las concentraciones medias de calcio presentaron un rango entre 0,29 -7,9 mg/L, con tres localidades (CH, TG y CA) con valores inferiores a 1 y el resto superior. En comparación con valores registrados en el hemisferio norte, 0,16 -0,38 mg/L (Vitt *et al.*, 1990); 3 - 4,3 mg/L (Vitt *et al.*, 1995a); 0,3 -0,6 mg/L (Martínez Cortizas *et al.*, 2009), algunas de las turberas muestran valores superiores a los esperados.

El cloruro en las turberas estudiadas mostró concentraciones que variaron en un amplio rango entre 4,5 y 40,5 mg/L, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre turberas y pomponales. Dichos valores pueden ser considerados altos si se comparan con turberas de características semejantes, por ejemplo en la Columbia Británica 3,5-23,3 mg/L (Vitt *et al.*, 1990).

La proporción iónica (IR) evaluada para las turberas de Chiloé, mostró dos rangos: 0,08-0,28 el primer rango y 0,41-0,55 el segundo. Por comparación con valores de referencia dados por Hedenäs (2003) se puede interpretar que las localidades con niveles de IR bajos debido a la dominancia de Cl, que son la mayoría, tienen como única fuente de agua a las precipitaciones, no poseen vinculación con el aporte por aguas subterráneas, por lo tanto sus aportes de nutrientes dependen exclusivamente de los arrastrados desde la atmósfera por el agua de lluvia. En consecuencia estas turberas son catalogadas como ombrotáficas.

Por otra parte las localidades SD y LC cuyos IR medios eran superiores debido a la mayor presencia de calcio, son atribuibles a que presentan una fuente de agua mixta, reciben aportes de aguas subterráneas y de precipitaciones. Dentro de la categorización estos lugares son denominados de transición.

El sodio por su parte presentó valores que oscilaron entre 3,41 y 18,58 mg/L, valores relativamente similares a los que se han registrado en Norteamérica donde varían entre 2,8 y 13,90 mg/L (Vitt *et al.*, 1990; Vitt *et al.*, 1995a).

Las medias del contenido de magnesio se presentan en dos rangos: cuatro localidades (SD, RN, TG, CA) menores a 1 mg/L y las otras cuatro mostraron medias entre 1,52 y 3,63 mg/L. Para este parámetro también se encontraron localidades con valores mayores a los documentados en turberas españolas o canadienses, que oscilan entre 0,74 y 1,6 mg/L (Vitt *et al.*, 1990; Vitt *et al.*, 1995a; Martínez Cortizas *et al.*, 2009). Con todo, los contenidos siguen encajando dentro de los valores referenciales para turberas con influencia oceánica (Gignac *et al.*, 1991).

Dentro de los cationes medidos sólo el potasio mostró diferencias significativas entre pomponales y turberas; los primeros presentaron una media de 2,98 mg/L, a diferencia de las segundas, que tienen una media de 5,29 mg/L. Junto a estas diferencias el potasio es el parámetro que más difiere de valores publicados en Europa o Canadá para *bogs* o turberas ombrotroficas (Vitt *et al.*, 1990; Vitt *et al.*, 1995a; Martínez Cortizas *et al.*, 2009).

Para evaluar la fertilidad de las turberas podemos emplear una cuantificación directa como la disponibilidad de un nutriente limitante como es el nitrógeno, o a través de un parámetro indirecto como el pH, que ha sido discutido anteriormente. En las turberas estudiadas el contenido de NO₃ es muy bajo (0,02-0,18 mg/L), al igual que de NH₄ (0,08-1,6 mg/L), tal como es de esperar. La fertilidad en relación a la disponibilidad de nitrógeno observada es baja por lo que se podría clasificar a todas las turberas estudiadas como ambientes oligotróficos, corroborando lo interpretado mediante el pH, aplicando el criterio de Roig & Roig (2004).

Desde un punto de vista global, aun cuando en muchos de los parámetros químicos medidos se reportaron diferencias entre las localidades, los resultados obtenidos muestran que tanto pomponales como turberas tienen características de la química del agua superficial similares, que las hacen ubicarse dentro de las clasificaciones típicas de turberas en un mismo segmento, con sutiles diferenciaciones. En resumen, se puede señalar que los sitios estudiados corresponden a *bogs*, son oligotróficos, la mayoría son ombrotroficos y dos de ellos son de transición.

Por último, cabe destacar que sitios con similares químicas del agua pueden soportar comunidades de plantas distintas como resultado de diferencia hidrotopográficas que controlan la tasa de flujo de agua, y de forma indirecta la cantidad de iones y nutrientes disponibles (Vitt & Chee, 1990). Por lo que no necesariamente turberas y pomponales deben presentar las mismas comunidades vegetales.

Influencia de los parámetros ambientales en la composición de especies

Los resultados de este estudio indican que existen importantes gradientes ambientales en la estructura de las comunidades brio-liquénicas en las turberas esfagnosas de Chiloé.

El análisis DCA mostró un alto valor de la longitud del gradiente (4,034) en el primer eje; esta medida es equivalente a la diversidad beta en la composición de la comunidad a lo largo de un gradiente, lo que puede interpretarse como una comunidad altamente heterogénea en su composición (Lepš & Šmilauer, 2003).

A partir de un análisis de gradiente directo CCA se pudo establecer la relación entre la flora brio-liquénica y los parámetros ambientales. En este análisis de ordenación destacan los dos primeros ejes, que en su conjunto explican el 42,8 % de la relación entre variables ambientales y las especies.

En estas dos ordenaciones (Figs. 1.5.3 y 1.5.2.), el primer eje refleja la influencia de la química del agua en la ocurrencia de especies, este eje se puede interpretar como un gradiente desde condiciones ombrotroficas a minerotroficas, asociado en primer lugar a variables como el IR y el NH_4 , y de forma secundaria al calcio y al pH. Estos resultados concuerdan con Nicholson *et al.* (1996) y Gignac *et al.* (1991) quienes señalan que variables biogeoquímicas como la química del agua superficial explican mayoritariamente la variación de la composición florística en las turberas de Canadá. Del mismo modo Kleinebecker *et al.* (2008) también marcan la importancia de las variables biogeoquímicas en la vegetación de las turberas del sur de la Patagonia.

La implicancia de la proporción iónica en el gradiente ombrotrofico-minerotrofico, ha sido discutido anteriormente y es de fácil relación. Sin embargo, la explicación del aumento en el NH_4 se hace más compleja. Generalmente los niveles de amonio en el agua superficial de las turberas son relativamente bajos, no obstante, hay reportes que muestran concentraciones más elevadas en condiciones ombrotroficas y más bajas en minerotroficas (Vitt *et al.*, 1995a), esto puede atribuirse a que la vegetación en turberas minerotroficas consume más rápidamente el suministro de N mineralizado que en las ombrotroficas (Rydin & Jeglum, 2006).

La interpretación del mencionado gradiente se refuerza por el comportamiento del calcio y el pH en el diagrama. En aguas de turberas la concentración de Ca se incrementa desde condiciones ombrotroficas a minerotroficas. En turberas ombrotroficas las concentraciones son bajas debido a que el Ca sólo está siendo aportado por las precipitaciones y el pH aumenta de la misma forma derivado principalmente de la descomposición de la materia orgánica o desde el intercambio catiónico de *Sphagnum* (Gignac & Vitt, 1990).

El segundo eje de ordenación está correlacionado de forma principal con la longitud y la distancia a la costa. Este eje puede interpretarse como un gradiente talasotrofico (influido por agua marina) – litotrofico (derivado del contacto con rocas). Son numerosos los trabajos que mencionan el significativo impacto sobre la composición de especies de la vegetación que tiene la influencia oceánica (Wheeler & Proctor, 2000; Charman, 2002; Rydin & Jeglum, 2006; Kleinebecker *et al.*, 2008; Martínez Cortizas *et al.*, 2009). Sin desmedro de lo anterior, la cercanía al mar como factor explicativo de la variación de la composición florística, debe relacionarse necesariamente también en cómo interviene en la biogeoquímica de estos ecosistemas, y no considerarlo sólo como un elemento geográfico o climático.

El gradiente marcado por la longitud puede ser interpretado como un gradiente de cercanía al océano Pacífico que a su vez está relacionado con un gradiente de precipitaciones regulado por el relieve. En Chiloé las precipitaciones disminuyen desde las áreas más expuestas al océano hacia el interior (CONAF, 2009). Las zonas más húmedas son las mayores elevaciones de las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, que reciben el pleno impacto de las masas de aire húmedo del Pacífico (CONAF, 1997). Los vientos del noroeste que provocan las lluvias, al chocar con la barrera correspondiente a la Cordillera

de la Costa, depositan gran parte del agua lluvia en su vertiente occidental, disminuyendo este volumen a sotavento de los cordones, lo que produce un efecto de sombra pluviométrica (Montaldo *et al.*, 1987). Lo que muestra que aquellas turberas localizadas a barlovento y a mayor longitud recibirían mayores precipitaciones que las situadas a sotavento. No obstante, a este gradiente de longitud que se puede interpretar como un gradiente de precipitaciones, se debe evaluar otra variable que también está influenciado, la distancia a la costa, especialmente en el lado oriental, dicho parametro actúa como una covariable.

Ahora bien, la influencia oceánica interviene directamente en el aumento en la concentración de cationes básicos en las turberas más cercanas a la costa, lo que es atribuido a los aportes minerales a través del rocío marino. Este gradiente de la concentración de cationes básicos ha sido documentado por un estudio entre la química del agua superficial y las precipitaciones para las turberas del este de Canadá (Malmer *et al.*, 1992). Del mismo modo Vitt *et al.* (1990) en su estudio del gradiente de la distancia al océano demuestran que el gradiente estaba altamente correlacionado con la química del agua, lo que indica el efecto del rocío marino.

Otro soporte a la interpretación del segundo eje es el relacionado con la concentración de cloruro, sodio y conductividad. En las turberas de Galicia se ha observado que la distancia al mar tiene un efecto dominante en los mencionados parámetros, para los cuales el mar es el origen principal (Martínez Cortizas *et al.*, 2001). Los autores señalan que las turberas de las sierras septentrionales tienen valores significativamente más elevados que las de las sierras orientales, y al mismo tiempo, la elevada concentración de cloruros y de sodio podría ser la responsable de una conductividad eléctrica más alta en las sierras septentrionales.

Junto a los análisis realizados con la totalidad de especies, se evaluó la relación de las variables explicativas con cada uno de los grupos botánicos en estudio. Aquí se observaron prácticamente las mismas asociaciones de variables con los ejes que en el diagrama de ordenación general. La diferencia en las ordenaciones de musgos y hepáticas es que aquí se manifestaron como variables significativas otros parámetros extras, que reflejan necesidades ecológicas particulares para cada grupo específico.

Finalmente un punto importante a destacar, contrario a lo que se podía esperar, el origen de la turbera (glaciar o antrópica) no fue uno de los factores más relevante en la variación de la composición florística. Otros elementos como el origen del agua que abastece a las turberas o la influencia marina se mostraron como los factores claves en la ocurrencia de especies de la flora brio-liquénica de las turberas de Chiloé.

Respuesta de especies a los principales factores ambientales

Nuestros resultados muestran claras divergencias en la respuesta de las especies ante importantes parámetros ambientales como son el IR y el pH. Los datos establecen en las curvas a lo largo del IR una clara separación de las especies, que se destaca sobre todo en las especies del genero *Sphagnum*, donde se observan claramente que ocupan distintos nichos ecológicos a largo del gradiente. Daniels & Eddy (1985) mencionan como uno de los principales factores que influye en la distribución de las especies de *Sphagnum* el estado químico del agua en las turberas; esto involucra la cantidad de iones disueltos y el grado de acidez. Acorde con nuestros resultados es posible interpretar que taxones como: *Sphag-*

num falcatum, *Riccardia floribunda*, *Herbertus runcinatus*, *Lepicolea ochroleuca*, *Cladonia* subgen. *Cladina* y *Cladonia squamosa* son especies relacionadas con hábitats ombrotroficados, ya que están presentes mayormente en sitios con IR cercano a 0,2 (Hedenäs, 2003). En contraste con esto, especies como *Sphagnum fimbriatum*, *Polytrichastrum longisetum*, *Jamesoniella colorata* y *Cladonia gracilis* están asociadas a condiciones transicionales a minerotróficas, y éstas se ubican en el otro extremo del gradiente. *Sphagnum magellanicum*, ha quedado como un caso particular donde su óptimo se presenta en el medio del gradiente establecido para IR, lo que lo ubicaría también en hábitats transicionales, aunque muestra una mayor amplitud de nicho. Debido a estas preferencias de hábitat podríamos sugerir que las mencionadas especies pueden ser indicadoras de ciertas condiciones ambientales de los sitios que habitan.

Influencia de parámetros ambientales y la abundancia de *Sphagnum* en la riqueza de especies

Conocer los factores influyentes en la riqueza y predecir los sitios apropiados para preservación es una parte importante para la protección de biodiversidad (Vitt *et al.*, 1995b). Es por esto que se intentó buscar modelos predictivos para la riqueza de especies a través del análisis PLSR (Tabla 1.5.6.). En base a estos resultados se ha podido establecer que para la comunidad brio-liquénica total, la riqueza aumenta en las bases de los tepúes, y disminuye en microtopografía de tapiz y ante sustratos saturados de agua. Para el caso particular de los musgos como grupo, los factores clave en el aumento de la riqueza son el aumento del pH y la mayor disponibilidad de nutrientes.

En la exploración de la riqueza de *Sphagnum*, el tipo de vegetación vascular acompañante en la matriz es muy importante, la preferencia es por vegetación de tipo junco-herbácea a la vegetación de tipo matorral-arbustiva y hábitats que estén cercanos al nivel del mar más que a mayores altitudes.

En lo que respecta a musgos excluyendo *Sphagnum* siguen la tendencia general de disminuir la riqueza frente a microtopografía de tapiz y ante sustratos saturados de agua, pero las bases de tepúes no son un factor destacado.

Aunque este trabajo no provee información sobre la fluctuación del nivel freático, se evaluó la humedad edáfica debido a la importancia que tiene en la distribución de las comunidades (Wheeler & Proctor, 2000; Charman, 2002; Rydin & Jeglum, 2006). Los resultados muestran que a medida que aumenta la humedad, la riqueza disminuye (Fig. 1.5.7.), estos resultados concuerdan con lo señalado por Whitehouse & Bayley (2005) quienes establecen que la riqueza de especies se incrementa a lo largo de un gradiente de húmedo a seco.

Otro factor relevante que intervine en la riqueza específica y en la composición florística es la presencia de un gradiente vertical, que está asociado al nivel freático. Esta división microtopográfica o microestructural abarca desde pozas y depresiones saturadas de agua hasta montículos secos (Andrus *et al.*, 1983; Wheeler, 1993; Wheeler & Proctor, 2000; Rydin & Jeglum, 2006). En este trabajo cada uno de los puntos de muestreo fue clasificado acorde a esta zonación microtopográfica. Tanto en el análisis de ordenación como en el estudio de riqueza se observa la importancia que tienen sobre la vegetación. En la Fig. 1.5.7 se muestra cómo varía la riqueza en relación a la microtopografía, siendo la base de tepú la de mayor riqueza y el tapiz los de menor número de especies.

Lang *et al.* (2009) encontraron una relación negativa fuerte y altamente significativa entre abundancia de *Sphagnum* y la abundancia y riqueza de otros taxones como líquenes, hepáticas y otros musgos. Aun cuando en nuestros resultados no se encontraron relaciones tan fuertes y significativas, se observó esta tendencia negativa de la abundancia de *Sphagnum* en relación a los otros grupos botánicos.

1.6. REFERENCIAS

- ABDI, H. 2010. Partial least squares regression and projection on latent structure regression (PLS Regression). *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 2 (1): 97-106.
- ALLEN, B. H. 1994. Moss Flora of Central America, Part 1. Sphagnaceae-Calymperaceae. Missouri Botanical Garden Press. 242 pp.
- ALLEN, B. H. 1999. A revision of the moss genus *Lepyrodon* (Leucodontales, Lepyrodontaceae). *Bryobrothera* 5: 23-48.
- ALLEN, B. H. 2002. Moss Flora of Central America, Part 2. Encalyptaceae-Orthotrichaceae. Missouri Botanical Garden Press.
- ANDERSON, L. E., SHAW, J. & SHAW, B. 2009. Peat Mosses of the Southeastern United States. New York Botanical Garden Press.
- ANDO, H. 1982. *Hypnum* in Australasia and the Southern Pacific. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 52: 93-106.
- ANDO, H. 1992. Studies on the genus *Hypnum* Hedw (VIII). *Hikobia* 11: 111-123.
- ANDO, H. & MATTERI, C. M. 1982. Patagonian bryophytes 7. *Hypnum revolutum* (Mitt.) Lindb. new to South America, with notes on the *Hypnum* species known from the Transecta zone, S Argentina. *Lindbergia* 8: 60-64.
- ANDRUS, R. E., WAGNER, D. J. & TITUS, J. E. 1983. Vertical zonation of *Sphagnum* mosses along hummock-hollow gradients. *Canadian Journal of Botany* 61 (12): 3128-3139.
- ARAGÓN, G., MARTÍNEZ, I. & BURGAS, A. R. 2001. Macrolíquenes de Castilla-La Mancha. Instituto de Estudios Manchegos, Ciudad Real. 190 pp.
- ARDILES, V., CUVERTINO, J. & OSORIO, F. 2008. Guía de Campo Briófitas de los Bosques Templados Australes de Chile. Una introducción al mundo de los Musgos, Hepáticas y Antocerotes que habitan los Bosques de Chile. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 168 pp.
- ARMESTO, J. J., VILLAGRÁN, C. & DONOSO, C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y Desarrollo* 10: 66-72.
- ATHERTON, I., BOSANQUET, S. & LAWLEY, M. (eds) 2010. Mosses and Liverworts of Britain and Ireland - a field guide. British Bryological Society.
- BARRERA, E. & OSORIO, F. 2008. Briófitas: Musgos, Hepáticas y Antocerotes. 346-351. *In: Ambiente, C.N.d.M. (ed.). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos.*
- BARTLETT, J. K. & FRAHM, J. P. 1983. Notes on *Campylopus* and *Chorisodontium* from New-Zealand. *Journal of Bryology* 13: 365-382.
- BEEVER, J., ALLISON, W. & CHILD, J. 1992. Mosses of New Zealand. 214 pp.
- BEILMAN, D. W. 2001. Plant community and diversity change due to localized permafrost dynamics in bogs of western Canada. *Canadian Journal of Botany* 79 (8): 983-993.
- BENOIT, I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Impresora Creces Ltd., Santiago, Chile. 157 pp.
- BRIDGHAM, S., PASTOR, J., JANSSENS, J., CHAPIN, C. & MALTERER, T. 1996. Multiple limiting gradients in peatlands: A call for a new paradigm. *Wetlands* 16 (1): 45-65.
- BRUGUÉS, M., RUIZ, E. & CASAS, C. 2007a. Polytrichaceae. 101-128. *In: Brugués, M., Cros, R.M. & Guerra, J. (ed.). Flora Briofítica Ibérica: Sphagnales, Andreaeales, Polytrichales, Tetrarhizales, Buxbaumiales, Diphysciales. Vol. I. UMU/SEB.*
- BRUGUÉS, M., MUÑOZ, J., RUIZ, E. & HERAS, P. 2007b. Sphagnaceae. 15-78. *In: Guerra, J.C., R.M. (ed.). Flora Briofítica Ibérica. UMU/SEB.*
- BUCK, W. R. & GOFFINET, B. 2010. Preliminary key to the mosses of Isla Navarino, Chile (Prov. Antártica Chilena). *Nova Hedwigia Beiheft* 138: 215-229.
- BULLOCK, J. 1997. Plants. 111-138. *In: Sutherland, W.J. (ed.). Ecological census techniques: a handbook. Cambridge University Press. UK.*
- BURGAS, A. R. & MARTÍNEZ, I. 2003. Peltigerales. Lobariaceae, Nephromataceae, Peltigeraceae. *Flora Liquenológica Ibérica, Vol. 1. Universidad de Murcia Murcia.*

- BURGAZ, A. R. & RAGGIO, J. 2007. The Cladoniaceae in the Navarino Island (Prov. Antártica Chilena, Chile). *Mycotaxon* 99: 103-116.
- CALABRESE, G. M. 2006. A taxonomic revision of *Zygodon* (Orthotrichaceae) in southern South America. *The Bryologist* 109 (4): 453-509.
- CARRASCAL, L. M., PALOMINO, D. & POLO, V. 2008. Patrones de distribución, abundancia y riqueza de especies de la avifauna terrestre de la isla de La Palma (islas Canarias). *Graellsia* 64: 209-232.
- CARRASCAL, L. M., GALVÁN, I. & GORDO, O. 2009. Partial least squares regression as an alternative to current regression methods used in ecology. *Oikos* 118 (5): 681-690.
- CDB. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- CONAF. 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Chiloé - Documento de Trabajo N° 279. Corporación Nacional Forestal - Decima Región de Los Lagos.
- . 2009. Plan de Acción Provincial Chiloé - Plan de Gestión Territorial. Oficina Provincial Chiloé - Corporación Nacional Forestal.
- CRANDALL-STOTLER, B., STOTLER, R. E. & LONG, D. G. 2009. Morphology and classification of the Marchantiophyta. 1-54. *In*: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (ed.). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- CHARMAN, D. 2002. *Peatlands and environmental change*. J. Wiley & Sons, London & New York. 301 pp.
- CHEE, W. & VITT, D. H. 1989. The vegetation, surface water chemistry and peat chemistry of moderate-rich fens in central Alberta, Canada. *Wetlands* 9 (2): 227-261.
- CHOI, Y. D. 2007. Restoration Ecology to the Future: A Call for New Paradigm. *Restoration Ecology* 15 (2): 351-353.
- DANIELS, R. E. & EDDY, A. 1985. *Handbook of European Sphagna*. Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council, Great Britain.
- DEGUCHI, H. 1991. A list of moss collections made during the Expeditions to Chile in 1981 and 1987 (1). *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Series B, Botany* 17 (1): 15-34.
- DÍAZ, M. & ARMESTO, J. J. 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.
- DÍAZ, M., LARRAÍN, J. & ZEGERS, G. 2005. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. Fundación Senda Darwin. 38 pp.
- DÍAZ, M., LARRAÍN, J., ZEGERS, G. & TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 445-468.
- ELVEBAKK, A. 2011. A review of the genus *Hypogymnia* (Parmeliaceae) in Chile. *The Bryologist* 114 (2): 379-388.
- ENGEL, J. J. 1978. A taxonomic and phytogeographic study of Brunswick Peninsula (Strait of Magellan) Hepaticae and Anthocerotae. *Fieldiana: Botany* 41 (i-viii): 1-319.
- ENGEL, J. J. 1980. A monograph of *Clasmatocolea* (Hepaticae). *Fieldiana: Botany* n.s 3 (i-viii): 1-229.
- ENGEL, J. J. & GLENNY, D. 2008. *A flora of the liverworts and hornworts of New Zealand*. Missouri Botanic Gardens Press, Missouri.
- FEUERER, T. 2012. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Chile. Preliminary version 1 January 2012. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/south-america/chile.1.htm>. [12 January 2012].
- FRAHM, J. P. 1988. The subantarctic and southern hemispheric species of *Campylopus* (Dicranaceae), with contributions to the origin and speciation of the genus. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 64: 367-387.
- FRAHM, J. P. 1994. A new synopsis of the *Campylopus* species from Australia. *Journal of Bryology* 18: 311-327.

- FRAHM, J. P. 2005. A contribution to the Campylopus flora of Chile. *Tropical Bryology* 26: 39-43.
- FUENTES, R. 2011. Departamento Fomento y Municipios, Gobierno Regional Los Lagos, Gobierno de Chile. Comunicación personal.
- FUERTE, E., ACON, M. & OLIVÁN, G. 2004. *Sanionia* (Bryopsida, amblystegiaceae) in the Iberian Peninsula. *Studia Botanica* 23: 27-41.
- FULFORD, M. 1963. Manual of the leafy Hepaticae of Latin America Part I. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 11: 1-172.
- FULFORD, M. 1966. Manual of the leafy Hepaticae of Latin America Part II. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 11: 173-276.
- FULFORD, M. H. 1976. Manual of the leafy Hepaticae of Latin America Part IV. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 11: 393-535.
- GALLOWAY, D. J. 1992. Studies in *Pseudocyphellaria* (lichens) III. The South American Species. *Biblioteca Lichenologica*: 275 pp.
- GALLOWAY, D. J. 1994. Studies on the lichen genus *Sticta* (Schreber) Ach: I. Southern south american species. *Lichenologist* 26: 223-282.
- GALLOWAY, D. J., STENROOS, S. & FERRARO, L. I. 1994. Lobariaceae y Stictaceae. 1-78. *In*: Guarrera, S.A., Gamundí de Amos, I. & Rabinovich de Halperin, D. (ed.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*.
- GARCÍA, N. & ORMAZABAL, C. 2008. Árboles Nativos de Chile. Enersis S.A. , Santiago, Chile. 196 pp.
- GIGNAC, L. D. & VITT, D. H. 1990. Habitat limitations of Sphagnum along climatic, chemical, and physical gradients in mires of western Canada. *The Bryologist* 93: 7-22.
- GIGNAC, L. D., VITT, D. H., ZOLTAI, S. C. & BAYLEY, S. E. 1991. Bryophyte response surfaces along climatic, chemical and physical gradients in peatlands of western Canada. *Nova Hedwigia* 53: 27-71.
- GOFFINET, B., BUCK, W. R. & SHAW, A. J. 2008. Morphology and classification of the Bryophyta. 55-138. *In*: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (ed.). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press.
- GOFFINET, B., BUCK, W. R. & SHAW, J. 2011. Classification of the Bryophyta. <http://www.eeb.uconn.edu/people/goffinet/Classificationmosses.html>. [19 January 2012].
- GOFFINET, B., BUCK, W., MASSARDO, F. & ROZZI, R. 2006. Los bosques en miniatura del Cabo de Hornos. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.
- GONZÁLEZ-OREJA, J. A., DE LA FUENTE-DÍAZ-ORDAZ, A. A., HERNÁNDEZ-SANTÍN, L., BUZO-FRANCO, D. & BONACHE-REGIDOR, C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33 (1): 31-45.
- GRADSTEIN, S. R. & PINHEIRO DA COSTA, D. 2003. The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 318 pp.
- GRADSTEIN, S. R., CHURCHILL, S. P. & SALLAZAR-ALLEN, N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 86. 577 pp.
- GRAY, J. S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250 (1-2): 23-49.
- GROLLE, R. 1967. Monographie der Lepidolaenaceae. *Journal of Hattori Botanical Laboratory* 30: 1-53
- HÁJEK, M., HORSÁK, M., HÁJKOVÁ, P. & DÍTĚ, D. 2006. Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8 (2): 97-114.
- HALFFTER, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International* 36: 3-17.

- HALFFTER, G. & MORENO, M. 2005. Significado biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. 5-18. *In*: Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. & Melic, A. (ed.). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. m3m-Monografías 3er Milenio, vol.4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 1972. Revisión taxonómica del género *Riccardia* (especies andinopatagónicas y subantarcticas incluyendo las Islas Juan Fernández, Malvinas y Georgias del Sur). *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* 4 (1): 1-242.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 1995a. Little known *Chiloscyphus* species from southern South America (Hepatophyta). *Nova Hedwigia* 61 (3-4): 397-415.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 1995b. Little known *Chiloscyphus* (Hepatophyta) species from southern South America. 2. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 78: 63-81.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 1996. Reduction of *Clasmatocolea* Spruce and *Xenocephalozia* Schust. to the synonymy of *Chiloscyphus* Corda. Some rehabilitations and new combinations in *Chiloscyphus* (Hepatophyta). *Nova Hedwigia* 63 (3-4): 493-516.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 1999. *Chiloscyphus* subgenus *Phaeochiloscyphus* (Hepatophyta, Geocalycaceae) from southern South America. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* (2): 121-127.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2001a. Revision of the genus *Leptoscyphus* Mitt. (Hepatophyta) from southern South America. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 91: 205-227.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2001b. *Eurychiloscyphus* Hässel a new subgenus of *Chiloscyphus* Corda (Hepatophyta) from southern South America. *Lindbergia* 26: 37-42.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2004a. Andinopatagonian species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta). I. Sectio Robustae Carl emend. Hässel and II. Sectio Equitantes Carl emend. Hässel. *Journal of Hattori Botanical Laboratory* 96: 245-260.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2004b. Andinopatagonian species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta) Sectio Obcuneatae Carl. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* 6 (2): 197-208.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2008a. Andinopatagonian species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta). I Sectio Oligodontes Carl, II. Sectio Flexicaules Carl and III. Sectio Longiflorae Carl. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* 10 (1): 1-15.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2008b. Andinopatagonian species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta) Sectio Chilenses Carl. *Nova Hedwigia* 86: 169-199.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. 2009. Andinopatagonian species of *Plagiochila* (Plagiochilaceae, Marchantiophyta). I Sectio Duseniae Carl emend. Hässel and Sectio II. *Jacquiniotiae* Hässel sect. nov. . *Nova Hedwigia* 89 (1-2): 71-95.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. & SOLARI, S. S. 1976. Bryophyta Hepaticosida: Calobryales, Jungermanniales, Vetaformaceae, Balantiopsaceae. *In*: Guarrera, S.A., Gamundi de Amos, I. & Rabinovich de Halperin, D. (ed.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*.
- HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. & RUBIES, M. 2009. Catalogue of the Marchantiophyta and Anthocerotophyta from Chile, Argentina and Uruguay *Nova Hedwigia* 134: 1-672.
- HATTAWAY, R. A. 1984. A monograph of the Ptychomniaceae (Bryopsida). Doctoral dissertation. University Ann Arbor.
- HEDENÄS, L. 2003. The European species of the Calliergon-Scorpidium-Drepanocladus complex, including some related or similar species. *Meylania* 28: 1-115.

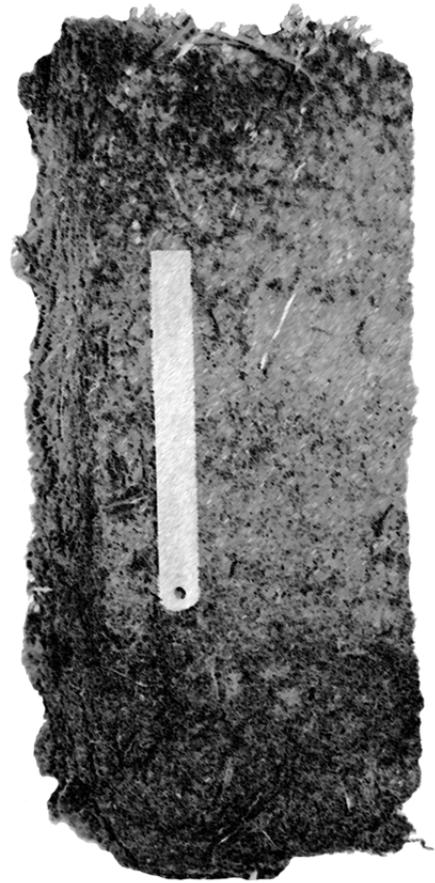
- HENGEVELD, R., EDWARDS, P. J. & DUFFIELD, S. J. 1997. Characterization of biodiversity: Biodiversity from an ecological perspective. 88-106. *In*: V.H., H. & Watson, R.T. (ed.). Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press. Cambridge.
- HOBBS, R. J., HIGGS, E. & HARRIS, J. A. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution* 24 (11): 599-605.
- HOBBS, R. J., ARICO, S., ARONSON, J., BARON, J. S., BRIDGEWATER, P., CRAMER, V. A., EPSTEIN, P. R., EWEL, J. J., KLINK, C. A., LUGO, A. E., NORTON, D., OJIMA, D., RICHARDSON, D. M., SANDERSON, E. W., VALLADARES, F., VILA, M., ZAMORA, R. & ZOBEL, M. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15 (1): 1-7.
- HYVÖNEN, J. 1991. *Chorisodontium* (Dicranaceae, Musci) in southern South America. *Annales Botanici Fennici* 28: 247-258.
- INDEXFUNGORUM. 2012. Index Fungorum, CABI Bioscience Databases. <http://www.indexfungorum.org/>.
- INOUE, H. 1972. Plagiochilaceae notes II. Critical notes on some Plagiochila species from southern South America. *Bulletin of the National Science Museum. Series B, Botany, Tokio* 15: 171-179.
- JOOSTEN, H. & CLARKE, D. 2002. Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group & International Peat Society, Saarijarvi, Finland.
- KLEINEBECKER, T. 2007. Patterns and gradients in South Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. Doctoral dissertation. Faculty of Geosciences, University of Münster, Münster, Germany.
- KLEINEBECKER, T., HOLZEL, N. & VOGEL, A. 2007. Gradients of continentality and moisture in South Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. *Folia Geobotanica* 42 (4): 363-382.
- KLEINEBECKER, T., HOLZEL, N. & ANDREAS, V. 2008. South Patagonian ombrotrophic bog vegetation reflects biogeochemical gradients at the landscape level. *Journal of Vegetation Science* 19 (2): 151-160.
- KLEINEBECKER, T., HÖLZEL, N. & VOGEL, A. 2010. Patterns and gradients of diversity in South Patagonian ombrotrophic peat bogs. *Austral Ecology* 35 (1): 1-12.
- LANG, S. I., CORNELISSEN, J. H. C., HÖLZER, A., TER BRAAK, C. J. F., AHRENS, M., CALLAGHAN, T. V. & AERTS, R. 2009. Determinants of cryptogam composition and diversity in Sphagnum-dominated peatlands: the importance of temporal, spatial and functional scales. *Journal of Ecology* 97 (2): 299-310.
- LARRAÍN, J. 2007. Musgos (Bryophyta) de la estación biológica Senda Darwin, Ancud, isla de Chiloé: lista de especies y claves para su identificación. *Chloris chilensis* 10 (1).
- LARRAÍN, J. 2011. *Racomitrium* Brid.- Musgos de Chile. <http://www.musgosdechile.cl/racomitrium.html>. [10 January 2012].
- LARRAÍN, J., SUÁREZ, G., BEDNAREK-OCHYRA, H. & OCHYRA, R. 2010. The rediscovery of *Dicranella circinata* (Dicranellaceae, Bryophyta), with comments on other southern South American species of *Dicranella*. *Nova Hedwigia* 91: 361-376.
- LEITNER, W. A. & TURNER, W. R. 2001. Measurement and analysis of biodiversity. 23-44. *In*: Levin, S. (ed.). *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press. San Diego.
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. 283 pp.
- MAESTRE, F. T. 2004. On the importance of patch attributes, environmental factors and past human impacts as determinants of perennial plant species richness and diversity in Mediterranean semiarid steppes. *Diversity & Distributions* 10 (1): 21-29.
- MAGURRAN, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford.
- MALMER, N. 1962. Studies on mire vegetation in the Archaean area of southwestern Götaland (South Sweden). I. Vegetation and habitat conditions on the Åkhult Mire, Lund. *Opera Botanica* 7: 1-6.

- MALMER, N., HORTON, D. G. & VITT, D. H. 1992. Element concentrations in mosses and surface waters of western Canadian mires relative to precipitation chemistry and hydrology. *Ecography* 15 (1): 114-128.
- MANDL, N., LEHNERT, M., KESSLER, M. & GRADSTEIN, S. 2010. A comparison of alpha and beta diversity patterns of ferns, bryophytes and macrolichens in tropical montane forests of southern Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 19 (8): 2359-2369.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., CHESWORTH, W. & GARCÍA-RODEJA, E. 2001. Dinámica geoquímica de las turberas de Galicia. *In: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja Gayoso, E. (ed.). Turberas de montaña de Galicia. Colección Técnica Medio Ambiente, Xunta de Galicia.*
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J. C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. & LÓPEZ-SÁEZ, J. A. 2009. Turberas ácidas de esfagnos. 64 p. *In: AA., V. (ed.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.*
- MATTERI, C. M. 1973a. Revisión de las Hypoterygiaceae (Musci) Austrosudamericanas. . *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 15 (2-3): 229-250.
- MATTERI, C. M. 1973b. El género *Breutelia* (Bartramiaceae, Musci) en la región Andino-Patagónica *Revista del Museo Argentino Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales Botánica* 4 (4): 321-360.
- MATTERI, C. M. 1975. Bryophyta, Musci: Hookeriales. 1-58. *In: Guarrera, S.A., Gamundí de Amos, I. & Rabinovich de Halperin, D. (ed.). Flora Criptogámica de Tierra del Fuego. Buenos Aires.*
- MATTERI, C. M. 1975 [1976]. Las Hookeriaceae (Musci) Andino-Patagónicas I. *Nova Hedwigia* 26: 649-724.
- MATTERI, C. M. 1985. Bryophyta, Musci: Bartramiaceae. 62. *In: Guarrera, S.A., Gamundi de Amos, I. & Rabinovich de Halperin, D. (ed.). Flora Criptogámica de Tierra del Fuego Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.*
- MATTERI, C. M. & PIÑEIRO, R. M. 1987 [1989] Sinopsis de las Rhizogoniaceae (Musci) en las regiones Fueguina y Patagónica. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 17: 59-65.
- MCCARTHY, P. M. (ed.) 2006 *Flora of Australia. Volume 51 (Mosses 1). Canberra and Melbourne. ABRS and CSIRO Publishing.*
- MILTON, S. J. 2003. 'Emerging ecosystems' -- a washing-stone for ecologists, economists and sociologists? *South African Journal of Science* 99 (9/10): 404-406.
- MINAYEVA, T. 2008. Peatlands and Biodiversity. 60-97. *In: Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. & Stringer, L. (ed.). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.*
- MONTALDO, P., PESSOT, R., FUENTES, R. & SARALEGUI, I. 1987. La zona de sombra pluviométrica en la X Región y su impacto agronómico. *Agricultura Técnica* 47 (4): 340-344.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. CYTED/ORCYT - UNESCO/Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, España. 84.
- MÜLLER, F. 2009. An updated checklist of the mosses of Chile. *Archive for Bryology* 58: 1-124.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772): 853-858.

- NICHOLSON, B. J., GIGNAC, L. D. & BAYLEY, S. E. 1996. Peatland distribution along a north-south transect in the Mackenzie River Basin in relation to climatic and environmental gradients. *Vegetatio* 126 (2): 119-133.
- OCHI, H. 1982. A revision of the Bryoideae (Musci) in southern South America. *Journal of the Faculty of Education, Tottori University, Natural Science* 31: 11-47.
- OCHYRA, R. & MATTERI, C. M. 2001. Bryophyta, Musci: Amblystegiaceae. 1-96. *In*: Guarrera, S.A., Gamundi de Amos, I. & Matteri, C.M. (ed.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Republica Argentina. Buenos Aires.
- OCHYRA, R., LEWIS SMITH, R. I. & BEDNAREK-OCHYRA, H. 2008. *The Illustrated Moss Flora of Antarctica*. Cambridge University Press.
- ØKLAND, R. H., ØKLAND, T. & RYDGREN, K. 2001. A Scandinavian Perspective on Ecological Gradients in North-West European Mires: Reply to Wheeler and Proctor. *Journal of Ecology* 89 (3): 481-486.
- PHARO, E. J., BEATTIE, A. J. & BINNS, D. 1999. Vascular Plant Diversity as a Surrogate for Bryophyte and Lichen Diversity. *Conservation Biology* 13 (2): 282-292.
- PORLEY, R. 2008. *Arable Bryophytes: Field Guide: The Mosses, Liverworts and Hornworts of Cultivated Land in Britain and Ireland*. Wild Guides Ltd.
- RAMSAR. 2004. *Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas*. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- ROBINSON, H. 1970. Notes on the moss genera *Camptochaete*, *Physcomitrium* and *Ptychomnion* in Chile. *Phytologia* 20: 329-331.
- ROBINSON, H. 1975. The mosses of Juan Fernandez Islands. *Smithsonian Contributions to Botany* 27: 1-88.
- ROIG, C. & ROIG, F. 2004. Consideraciones generales. 5-21 *In*: Blanco, D. & de la Balze, V. (ed.). *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina.
- RYDIN, H. & JEGLUM, J. K. 2006. *The Biology of Peatlands* Oxford University Press. 360 pp.
- SADZAWKA, A., CARRASCO, M. A., GREZ, R., MORA, M. L., FLORES, P. & NEAMAN, A. 2006. *Métodos de análisis de suelos recomendados para los suelos de Chile*. Serie Actas INIA Nº 34. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago. 164 pp.
- SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C. & FIGUEROA, H. 1999. Análisis multivariable de la vegetación de un complejo de turberas en Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Lazaroa* 20: 95-106.
- SCOTT, G. A. & STONE, I. G. 1976. *The Mosses of Southern Australia*. Academic Press, London.
- SCHIAVONE, M. M. 1993. Bryophyta Musci: Polytrichinales. 1-61. *In*: Guarrera, S.A., I. Gamundi de Amos & C. Matteri (ed.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina. Buenos Aires.
- SCHUSTER, R. M. 2000. Austral Hepaticae Part I *Nova Hedwigia Beih.* 118: 1-524.
- SCHUSTER, R. M. 2002. Austral Hepaticae Part II. *Nova Hedwigia Beih.* 119: 1-606.
- SEKI, T. 1974. A moss flora of Provincia de Aisén, Chile. *Journal of Science of the Hiroshima University, Series B, Div. 2 (Botany)* 15: 9-101.
- SEPPELT, R. 2006a. Sphagnaceae. 89-104. *In*: McCarthy, P.M. (ed.). *Flora of Australia*. ABRIS & CSIRO. Canberra & Melbourne.
- SEPPELT, R. D. 2000. The Sphagnopsida (Sphagnaceae; Ambuchananiaceae) in Australia. *Hikobia* 13: 163-183.
- SEPPELT, R. D. 2006b. Sphagnaceae. *Flora of Australia*.
- SHAW, A. J. 1983. Phylogeny and ecology of *Pohlia* Hedw. with a revision of the species of North and Central America. Doctor of Philosophy (Botany). University of Michigan.
- SJÖRS, H. 1950. On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. *Oikos* 2: 241-258.

- SJÖRS, H. & GUNNARSSON, U. 2002. Calcium and pH in north and central Swedish mire waters. *Journal of Ecology* 90 (4): 650-657.
- SMITH, A. J. E. 2004. The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- SO, M. L. 2005. Porella (Porellaceae, Marchantiophyta) in Latin America. *New Zealand Journal of Botany* 43 (1): 301 - 321.
- SOLARI, S. S. 1978. Las Radulaceae andinopatagónicas de Argentina y Chile. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Botánica* 5 (8): 177-203.
- STATSOFT. 2004. STATISTICA for Windows, user's guide (version 7.0) www.statsoft.com. StatSoft Inc. Tulsa.
- STENROOS, S. 1995. Cladoniaceae (Lecanorales, lichenized Ascomycotina) in the flora of Chile. *Gayana Botánica* 52 (2): 89-131.
- STENROOS, S. 2002. Key for the identification of the Cladoniaceae of Chile. http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/chile_k.htm. [1 September 2009].
- STENROOS, S. & AHTI, T. 1990. The lichen family Cladoniaceae in Tierra del Fuego: problematic or otherwise noteworthy taxa. *Annales Botanici Fennici* 27: 317-327.
- STENROOS, S., FERRARO, L. & AHTI, T. 1992. Cladoniaceae. 1-111. *In*: Guarrera, S.A., Gamundí de Amos, I. & Rabinovich de Halperin, D. (ed.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*.
- STOTLER, R. E. & CRANDALL-STOTLER, B. 2011. Liverwort Classification at the Rank of Genus and Above. <http://bryophytes.plant.siu.edu/marchantiophyta.html>. [18 January 2012].
- SUÁREZ, G. 2008. Sistemática y Filogenia de las Especies Neotropicales del Género *Pohlia* (Musci). Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Tucumán.
- SWAILS, L. F. 1970. The genus Porella in Latin America. *Nova Hedwigia* 19: 201-291.
- TAN, B. & PÓCS, T. 2000. Bryogeography and conservation of bryophytes. 403-448 pp. *In*: Shaw, J. & Goffinet, B. (ed.). *Bryophyte Biology* Cambridge University Press. Cambridge.
- TENEB, E. & DOLLENZ, O. 2004. Distribución espacial de la flora vascular, humedad y pH en un turbal de esfagno (*Sphagnum magellanicum* Brid.), Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 32: 5-12.
- TENEB, E., GÓMEZ, P. & GONZÁLEZ, M. 2008. Observaciones sobre la flora y vegetación de dos turberas en la Región de Aisén, Patagonia Chilena. *Gayana Botánica* 65: 229-232.
- TER BRAAK, C. J. F. & ŠMILAUER, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5), Ithaca NY, USA. www.canoco.com (Microcomputer Power).
- TOBIAS, R. D. 2003. An Introduction to Partial Least Squares Regression. URL: <http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/pls.pdf>.
- TOUW, A. 2001. A taxonomic revision of the Thuidiaceae (Musci) of tropical Asia, the western Pacific, and Hawaii. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 91: 1-136.
- TROPICOS. 2012. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. [20 January 2012].
- VEBLEN, T. & SCHLEGEL, F. M. 1982. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque (Valdivia)* 4 (2): 73-115.
- VILLAGRA, J., MONTENEGRO, D., SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C. & ÁLVAREZ, I. 2009. Estudio de la flora líquénica de las turberas de la Comuna de Tortel (región de Aisén), Patagonia chilena. *Anales del Instituto de la Patagonia* 37 (1): 53-62.
- VILLAGRÁN, C., HÄSSEL DE MENÉNDEZ, G. & BARRERA, E. 2005. Hepáticas y Anthocerotos del Archipiélago de Chiloé. Corporación de Amigos del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile.

- VILLAGRÁN, C., BARRERA, E., CUVERTINO, J. & GARCÍA, N. 2003. Musgos de la Isla Grande de Chiloé, X Región, Chile: Lista de especies y rasgos fitogeográficos. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile* 52: 17-44.
- VILLAGRÁN, C., ARMESTO, J. J., HINOJOSA, L. F., CUVERTINO, J., PÉREZ, C. & MEDINA, C. 2004. El enigmático origen del bosque relictado de Fray Jorge. 3-43. *In*: Squeo, F.A., Gutiérrez, J.R. & Hernández, I.R. (ed.). "Historia Natural del Parque Nacional Fray Jorge". Ediciones Universidad de La Serena, La Serena.
- VITT, D. H. & CHEE, W.-L. 1990. The relationships of vegetation to surface water chemistry and peat chemistry in fens of Alberta, Canada. *Vegetatio* 89 (87-106).
- VITT, D. H. & BELLAND, R. J. 1995. The bryophytes of peatlands in continental western Canada. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 40: 339-348.
- VITT, D. H., CRUM, H. A. & SNIDER, J. A. 1975. The vertical zonation of Sphagnum species in hummock-hollow complexes in northern Michigan. *Michigan Botanist* 14: 190-200.
- VITT, D. H., BAYLEY, S. E. & JIN, T.-L. 1995a. Seasonal variation in water chemistry over a bog-rich fen gradient in continental western Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 587-606.
- VITT, D. H., LI, Y. & BELLAND, R. J. 1995b. Patterns of bryophyte diversity in peatlands of continental western Canada. *The Bryologist* 98: 218-227.
- VITT, D. H., HORTON, D. G., SLACK, N. G. & MALMER, N. 1990. Sphagnum-dominated peatlands of the hyperoceanic British Columbia coast: patterns in surface water chemistry and vegetation. *Canadian Journal of Forest Research* 20 (6): 696-711.
- WEDIN, M. 2001. Bunodophoron. *In*: McCarthy, P.M. (ed.). *Flora of Australia*. Volume 58A. Lichens 3. ABRIS and CSIRO Publishing.
- WHEELER, B. D. 1993. Botanical diversity in British mires. *Biodiversity and Conservation* 2 (5): 490-512.
- WHEELER, B. D. & PROCTOR, M. C. F. 2000. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *Journal of Ecology* 88 (2): 187-203.
- WHITE, J. & JAMES, P. W. 1985. A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. *Bulletin of the British Lichen Society* 57: 1-41.
- WHITEHOUSE, H. E. & BAYLEY, S. E. 2005. Vegetation patterns and biodiversity of peatland plant communities surrounding mid-boreal wetland ponds in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Botany* 83 (6): 621-637.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- WHITTAKER, R. H. (ed.) 1975. *Communities and Ecosystems*. New York. Macmillan.
- ZANDER, R. H. 1972. Revision of the genus *Leptodontium* (Musci) in the New World. *The Bryologist* 75: 213-280.
- ZEGERS, G., LARRAÍN, J., DÍAZ, M. & ARMESTO, J. J. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de Sphagnum en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo* 22: 28-34.
- ZOMLEFER, W. B. 1993. A revision of *Rigodium* (Musci, Rigodiaceae). *The Bryologist* 96: 1-72.
- ZUUR, A., IENO, E. N. & SMITH, G. M. 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer Press, New York.



CAPÍTULO II

ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y
CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LAS
TURBERAS DE CHILOÉ

CAPÍTULO II ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y GEOQUÍMICA

2.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TASAS RECIENTES DE ACUMULACIÓN DE CARBONO Y CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LA TURBA EN TURBERAS DE CHILOÉ.

2.1.1. INTRODUCCIÓN

Las turberas son ecosistemas que se caracterizan por presentar un desequilibrio entre la producción y la descomposición. Entre el 2 y el 16 % de la biomasa producida anualmente se transforma en turba (Tolonen & Turunen, 1996). En estos hábitats, la tasa de captación de carbono es mayor a la tasa de pérdida, por lo que el *stock* de carbono se incrementa (Joosten & Couwenberg, 2008).

En los últimos 15.000 años, las turberas han retirado enormes cantidades de dióxido de carbono de la atmósfera, que han sido almacenadas en sus depósitos de turba (Yu *et al.*, 2003). Estos ecosistemas juegan un importante papel en el ciclo global del carbono, contienen aproximadamente 1/3 de las reservas de carbono del mundo, las cuales son el resultado de un lento proceso de acumulación (Clymo *et al.*, 1998). Constituyen inmensos almacenes de carbono, que guardan cerca de 550 Gt de este elemento, una cantidad similar al disponible en las reservas de carbón de origen fósil (585 Gt), y dos veces la biomasa forestal global (Joosten & Clarke, 2002).

Las turberas son los ecosistemas terrestres más eficientes en el almacenamiento de carbono. En zonas sub-polares y boreales contienen como promedio entre 3,5-7 veces más carbono por hectárea que los demás ecosistemas (Joosten & Couwenberg, 2008).

Las turberas son inusuales en los escenarios de efecto invernadero, porque por un lado sequestran el mayor gas de efecto invernadero desde la atmósfera, el CO₂; y por otro lado también puede emitir CO₂ y otros gases de efecto invernadero como el CH₄ y N₂O (Gorham, 1991). A pesar de ocupar un área relativamente pequeña de la superficie terrestre (3% de las tierras emergidas), procesan y transfieren a la atmósfera cantidades globalmente significativas de CO₂, CH₄, H₂S y N₂O. No obstante, también pueden transformarse en fuentes potenciales de CO₂ y CH₄ si se desestabiliza alguno de los factores implicados en su desarrollo, y en ese caso, debido a la cantidad de carbono acumulado en ellas, el impacto potencial sobre el efecto invernadero y el cambio climático sería determinante (Pontevedra Pombal *et al.*, 2004).

Cuando los suelos de turba normalmente húmedos entran en contacto con el aire comienzan a oxidarse y descomponerse, liberando dióxido de carbono (Joosten & Couwenberg, 2008). La degradación de las turberas contribuye con cerca de 0,8 Gt C al año (Trumper *et al.*, 2009)

La acumulación de turba muestra una fuerte variación local y regional. Las tasas de acumulación dependen de condiciones climáticas, hidrológicas e hidroquímicas (Joosten & Couwenberg, 2008). El depósito de nitrógeno también ha sido mencionado como una variable que puede afectar a la acumulación de carbono a través de los efectos sobre la productividad de las plantas y las tasas de descomposición de la materia orgánica (Limpens & Berendse, 2003; Turunen *et al.*, 2004).

La acumulación de carbono puede ser estimada por diferentes metodologías y escalas de tiempo. Una de estas formas es la estimación de la tasa reciente de acumulación de carbono (RERCA- *REcent Rate of Carbon Accumulation*), ésta se refiere a la cantidad de carbono retenido por turba fresca que se incorpora anualmente al sistema (Joosten & Couwenberg, 2008). Esta cuantificación aparente se realiza sobre una columna de turba seccionada, para la cual se debe conocer la densidad seca, el contenido de carbono y las edades de cada sección (Tolonen & Turunen, 1996).

En Europa, Norteamérica y China se han realizado numerosos estudios sobre la dinámica reciente del carbono en turberas (Gorham, 1991; Tolonen & Turunen, 1996; Pitkänen *et al.*, 1999; Pontevedra Pombal *et al.*, 2004; Turunen *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2008; Bao *et al.*, 2010). Sin embargo, estudios sobre este tema en el sur de Sudamérica son escasos.

En la Isla Grande de Chiloé, ubicada en la Patagonia insular de Chile, se pueden encontrar grandes extensiones de turberas de distintos tipos. Es posible encontrar turberas que se originaron tras el retroceso de los glaciares y también otras áreas dominadas por *Sphagnum*, que corresponden a lugares anegados, colonizados por este musgo y que han sido llamados turberas antropogénicas o localmente, “pomponales” (Zegers *et al.*, 2006). Estas últimas formaciones han sido originadas tras la quema o tala de bosques característicos de sitios con drenaje pobre como tepuales, y por tratarse de formaciones jóvenes no presentan una capa profunda de turba. A este tipo de turberas se les ha concedido un origen antropogénico, asociado a los eventos de intensa degradación del bosque nativo, producida principalmente después de 1850 hasta el día de hoy (Armesto *et al.*, 1994).

Las tasas de secuestro de carbono en turberas son elementos cruciales para comprender el ciclo de global de C y han sido estimadas en diferentes escalas de tiempo para determinar el papel de las turberas en el calentamiento global, en el contexto del aumento de CO₂ en la atmósfera (Joosten & Clarke, 2002; Bao *et al.*, 2010). A esto se suma que el correcto conocimiento y manejo de los ecosistemas almacenadores de carbono puede contribuir sustancialmente a la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero atmosféricos (Joosten, 2011).

En consecuencia, debido al escaso conocimiento que se tiene de las turberas en Chile, su alta vulnerabilidad y la importancia del estudio de secuestro de carbono de estos ecosistemas, se plantea este estudio. Este trabajo busca describir de forma introductoria aspectos sobre la acumulación de carbono y nitrógeno mediante: a) un análisis preliminar y comparativo de tasas recientes de acumulación de carbono (RERCA) y de nitrógeno (RERNA) de turberas y pomponales de Chiloé; b) un análisis detallado de RERCA de dos de los ecosistemas estudiados; y c) la relación entre las tasas de acumulación de C y el depósito de nitrógeno. Todo esto encaminado a avanzar en la comprensión del rol que juegan las turberas de Chiloé en el ciclo global del carbono y el cambio climático.

2.1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

Para realizar el estudio preliminar se seleccionaron cinco localidades distribuidas en las zonas norte y centro de la Isla Grande de Chiloé (Fig. 6), dos de estas localidades correspondieron a turberas de origen glaciar: Los Caulles (CA) y Púlpito (PL), y las tres restantes fueron turberas de origen antrópico: Senda Darwin (SD), Río Chepu (CH) y Teguel (TG). Para el análisis detallado se prospectaron dos localidades: Los Caulles (CAA) y Teguel (TGD).

Muestreo

Las turberas ombrotáficas muestreadas estaban constituidas de turba esfagnosa principalmente de *Sphagnum magellanicum*. En cada una de las localidades de muestreo, se extrajo un monolito de turba con ayuda de laminas de hojalata, siguiendo las recomendaciones de De Vleeschouwer *et al.* (2010). Los monolitos fueron trasladados con la ayuda de las láminas metálicas, sobre tablas de madera, para ser fraccionados en horas posteriores. A cada monolito extraído de 30 cm x 30 cm de perímetro, y 45-50 cm de profundidad, se le retiró cerca de 4-5 cm de la capa externa para descartar el material que se vio alterado en la extracción y el transporte. Los perfiles fueron divididos en intervalos de 1-2 cm con una fina sierra de acero inoxidable. Cada segmento fue separado en dos sub-muestras: una pequeña porción de 2 cm³ para el cálculo de densidad y otra con el resto del material. Cada segmento fue depositado en bolsas de polietileno y llevado refrigerado al laboratorio.

Análisis fisicoquímico

El contenido de agua y la densidad seca de la turba (*dry bulk density*) fueron calculados mediante la pérdida de peso por desecación a 105°C durante 12 horas, de un volumen y peso conocido de muestra a capacidad de campo. El primer parámetro fue expresado por la diferencia de pesos a las distintas temperaturas y el segundo por la relación del peso seco con un volumen inicial conocido (Wang *et al.*, 2004; Sadzawka *et al.*, 2006; Martínez Cortizas *et al.*, 2009; Bao *et al.*, 2010).

El contenido de cenizas y la cantidad de materia orgánica se determinó por calcinación a 550°C durante seis horas en mufla, este parámetro fue expresado como porcentaje del total de muestra analizada (Wang *et al.*, 2004; Sadzawka *et al.*, 2006; Martínez Cortizas *et al.*, 2009; Bao *et al.*, 2010).

El carbono orgánico fue calculado mediante la multiplicación del contenido de materia orgánica por 0,50; siguiendo a Tolonen & Turunen (1996), Clymo *et al.* (1998) y Bao *et al.* (2010).

La relación carbono/nitrógeno se estableció como la razón entre el carbono orgánico total y el nitrógeno total. El contenido de nitrógeno se determinó por combustión completa a 950°C en un analizador elemental siguiendo el protocolo de USDA (1996).

Los análisis de calcinación y relación C/N fueron realizados en el Centro de Espectrometría Atómica de la Universidad Complutense de Madrid (España) y el Laboratorio de Suelo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), respectivamente.

Dataciones y análisis de datos

Se realizaron dataciones radioisotópicas de Pb-210 mediante espectrometría gamma con detector de germanio hiperpuro tipo pozo en el total de las localidades. En las localidades CAU y PUL debido a que la concentración de actividad de Pb-210 disminuía hasta los límites de detección de la técnica, se aplicó un procedimiento radioquímico selectivo para la medida del descendiente del Pb-210, Po-210, y su posterior medida por detectores alfa de implantación iónica PIPS. Estos análisis fueron realizados en el Servicio de Radioisótopos de la Universidad de Sevilla (España).

Las cronologías se obtuvieron aplicando el modelo CIC (*Constant Initial Concentration*) para el análisis preliminar y el modelo CRS (*Constant Rate Supply*) para el análisis detallado (Appleby & Oldfield, 1978; Sánchez-Cabeza & Ruiz-Fernández, 2012). En el análisis preliminar se seleccionaron algunas de las secciones de los testigos a ciertas profundidades no continuas, mientras que en el análisis detallado se estudiaron de forma continua todas las secciones de los perfiles extraídos.

Para la estimación de las tasas recientes de acumulación de carbono RERCA (*REcent Rate of Carbon Accumulation*) y RERNA (*REcent Rates of Nitrogen Accumulation*) se aplicaron los datos de densidad seca, contenido de C, contenido de N y edad obtenidos al modelo descrito por Bao *et al.* (2010).

El programa STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2004) fue empleado para establecer las relaciones entre las variables. La normalidad de las variables fue evaluada a través de los test Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Para los análisis de correlación se usó el coeficiente de correlación de Pearson. Para comparar las diferencias entre la acumulación de carbono y nitrógeno entre turberas y pomponales se utilizó un análisis de varianza ANOVA de una vía.

2.1.3. RESULTADOS

Análisis preliminar y comparativo de tasas recientes de acumulación de carbono (RERCA) y nitrógeno (RERNA).Contenido de agua, densidad y carbono

El contenido de agua en relación a la turba seca fluctuó entre 735-1927 %, con dos valores extremos (206- 327 %) en la localidad SD. En los perfiles SD y CA se observa una ligera disminución en el contenido de agua hacia las capas más profundas (Fig. 2.1.a). En el resto de los testigos la distribución a lo largo del perfil se ve relativamente similar. Comparando los valores de las los perfiles de turberas y pomponales se notan diferencias significativas entre sus medias.

El rango de variación general de la densidad seca fue 0,0100 - 0,065 g/cm³, con una media global de 0,029 g/cm³. En el perfil SD se observa un aumento en la densidad a medida que aumenta la profundidad. En CH se observa una tendencia contraria, a capas más profundas la densidad disminuye. En las tres localidades restantes, la densidad se muestra sin importantes variaciones a lo largo de los testigos. No se observan diferencias significativas entre las medias de pomponales y turberas.

En el análisis de porcentaje de carbono contenido en la turba, las localidades que presentaron los mayores valores fueron CA (49,6%), PL (49,9%) y CH (47,51%). Las dos restantes reportaron valores medios ligeramente inferiores TG (44,8%) y SD (39,6 %). Cabe destacar que los hábitats que presentan los más altos porcentaje de carbono son las turberas, con la excepción de CH.

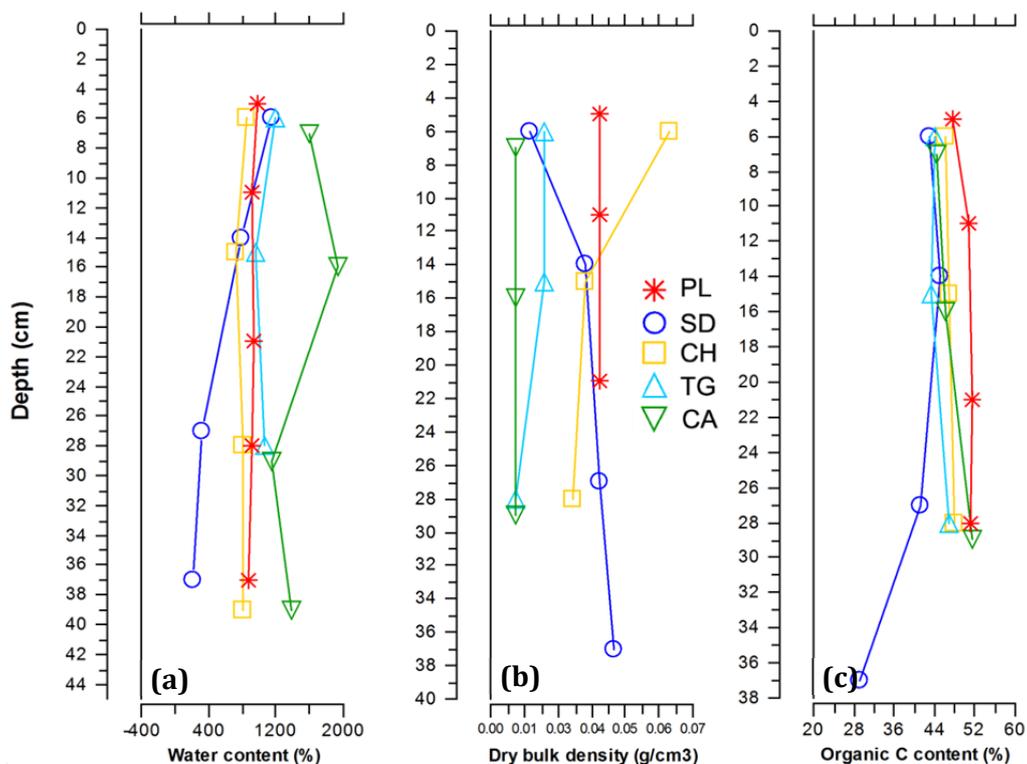


Fig. 2.1. Variación del contenido de agua (a), densidad seca (b) y contenido de carbono (c), de acuerdo a las distintas profundidades. PL: Pulpito, SD: Senda Darwin, CH: Chepu, TG: Teguel, CA: Caulles.

Cronología radioisotópica

En las localidades SD, TG y CH, las concentraciones de actividad (Bq/kg) de los isótopos de Pb-210 y Ra-226 estuvieron bien definidas, sin embargo, en los perfiles CA y PL a partir de la tercera muestra de cada testigo, la concentración de actividad disminuyó hasta los límites de detección de la técnica (Fig. 2.2. a). La detección alcanzó las profundidades 21- 29 cm en turberas y 28-37 cm en pomponales. La figura 2.1.b grafica las cronologías (años D.C.) inferidas a partir de las Pb-210 obtenidas aplicando el modelo CIC en función de la profundidad.

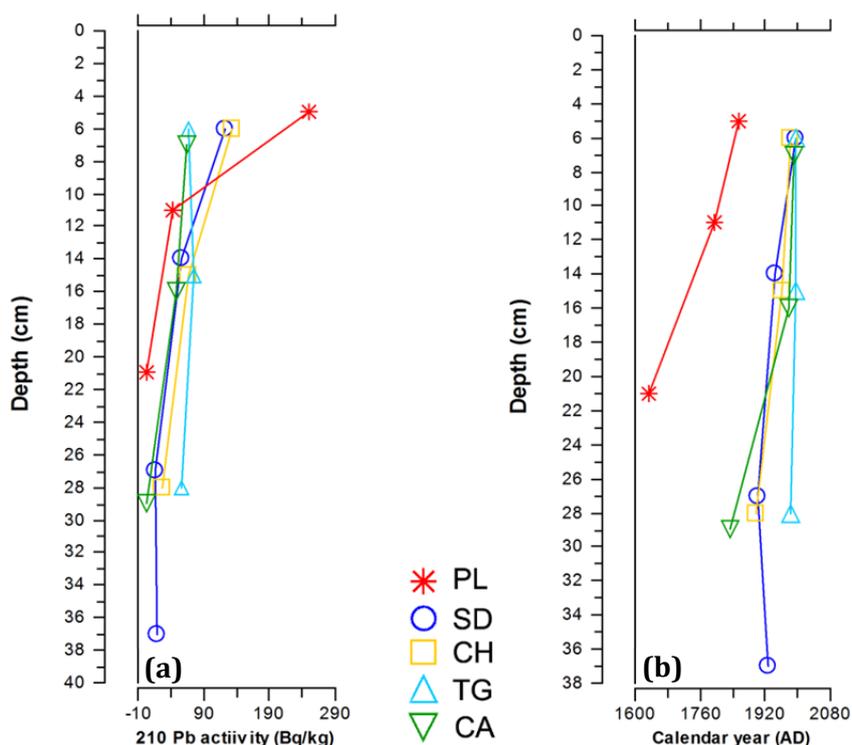


Fig. 2.2. Resultados de las actividades de Pb-210 (a) y cronologías (años D.C.) inferidas a partir de la Pb-210 obtenidas aplicando el modelo CIC en función de la profundidad (cm) (b) para cada una de las localidades. PL: Púlpito, SD: Senda Darwin, CH: Chepu, TG: Teguel, CA: Caulles.

Tasas recientes de acumulación de carbono (*recent rate of accumulation RERCA*)

Los valores estimados para las RERCA son presentados en la tabla 2.1. La localidad que mostró una mayor tasa media fue TG ($58,18 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), en segundo lugar CH ($50,75 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), luego SD ($32,77 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), le sigue CA ($15,45 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) y finalmente PL ($9,35 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$).

Se destaca que los pomponales (TG, SD y CH) presentan mayores tasas de acumulación de carbono en los últimos 100 años que las turberas (PL y CA). Existe una diferencia altamente significativa ($p=0,0004$) entre los dos tipos de hábitat.

Localidad	Profundidad (cm)	Cronología (años D.C.)	RERCA (g C m ⁻² año ⁻¹)
SD	6	1994	24,24
	14	1944	33,50
	27	1900	40,57
	37	1925	56,88
CH	6	1983	66,49
	15	1961	50,08
	28	1897	35,70
TG	6	1997	40,62
	15	1995	87,06
	28	1982	46,85
CA	7	1989	14,81
	16	1978	23,06
	29	1834	8,50
PL	5	1853	5,88
	11	1796	10,75
	21	1632	11,42

Tabla 2.1. Estimación de las tasas recientes de acumulación de carbono (RERCA) en los sitios estudiados.

Nitrógeno y relación carbono-nitrógeno

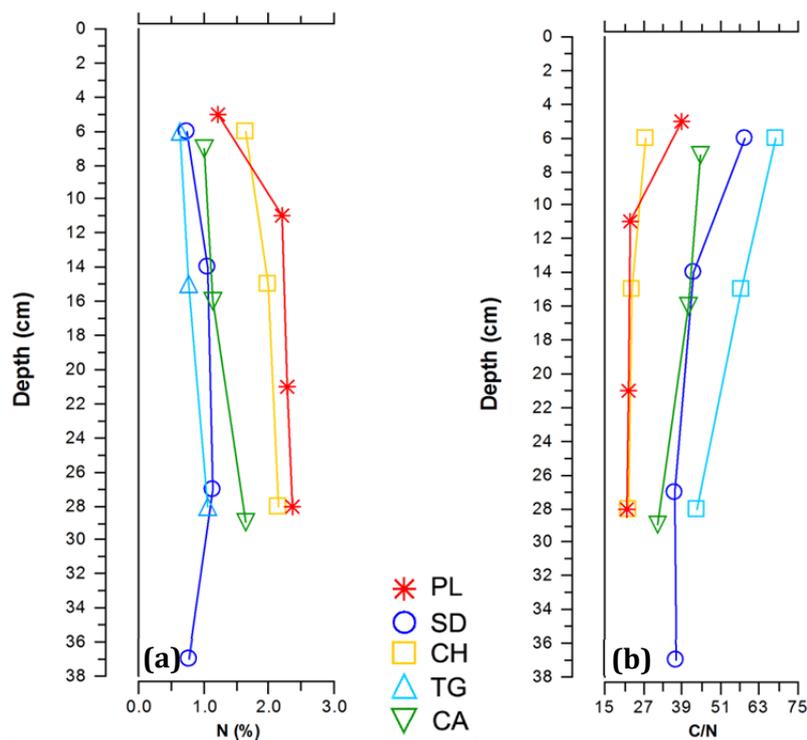


Fig. 2.3. Relación carbono-nitrógeno en perfiles de las turberas estudiadas de acuerdo a las distintas profundidades. PL: Púlpito, SD: Senda Darwin, CH: Chepu, TG: Teguel, CA: Caulles.

El porcentaje de N varió entre 0,74 y 2,28; la concentración media de las muestras fue 1,34 %. Las localidades con las medias más altas fueron CH (1,93%) y PL (1,9%), en segundo lugar CA (1,26%), a continuación SD (0,93 %) y TG (0,83%) (Fig.2.3.a).

Las relaciones carbono-nitrógeno (C/N) de las distintas localidades muestreadas variaron entre 21,59 y 67,93; con una media global de 31,49. Las localidades con mayores medias fueron TG (56,3) y SD (43,7), luego le sigue CA (31,3), CH (24,4) y finalmente PL (23,7). Se observó una ligera tendencia de disminución de la relación C/N, en medida que se avanza en profundidad (Fig. 2.3.b).

Tasas recientes de acumulación de nitrógeno (RERNA)

La tabla 2.2 muestra los valores estimados de RERNA. La media global fue de 0,97 g N m⁻² año⁻¹. La localidad que mostró una mayor tasa media fue CH (2,04 g N m⁻² año⁻¹), en segundo lugar, TG (1,06 g N m⁻² año⁻¹) y les siguió SD (0,77 g N m⁻² año⁻¹), CA (0,39 g N m⁻² año⁻¹) y PL (0,37 g N m⁻² año⁻¹).

Se observó una diferencia altamente significativa entre las RERNA medias de pomponales y turberas (p=0,003).

Localidad	Profundidad (cm)	Cronología (años D.C.)	RERNA (g N m ⁻² año ⁻¹)
SD	6	1994	0,42
	14	1944	0,79
	27	1900	1,11
	37	1925	1,53
CH	6	1983	2,37
	15	1961	2,14
	28	1897	1,61
TG	6	1997	0,60
	15	1995	1,52
	28	1982	1,07
CA	7	1989	0,33
	16	1978	0,57
	29	1834	0,27
PL	5	1853	0,15
	11	1796	0,46
	21	1632	0,51

Tabla 2.2. Estimación de las tasas recientes de acumulación de nitrógeno (RERNA) en los sitios estudiados.

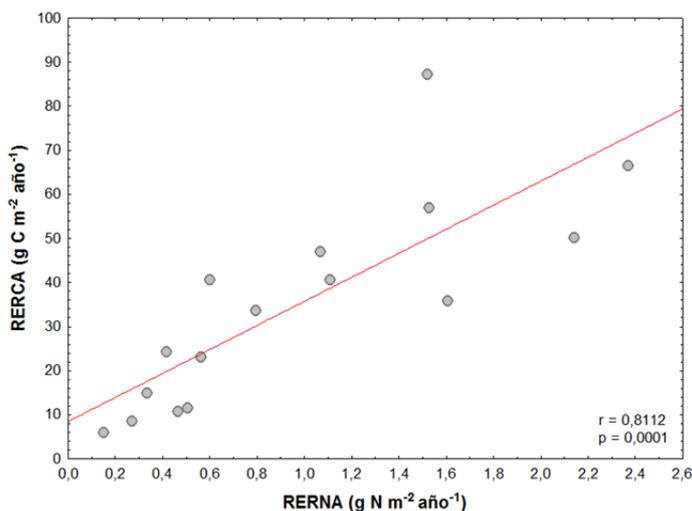


Fig. 2.4. Correlación entre las RERCA y RERNA de las localidades estudiadas

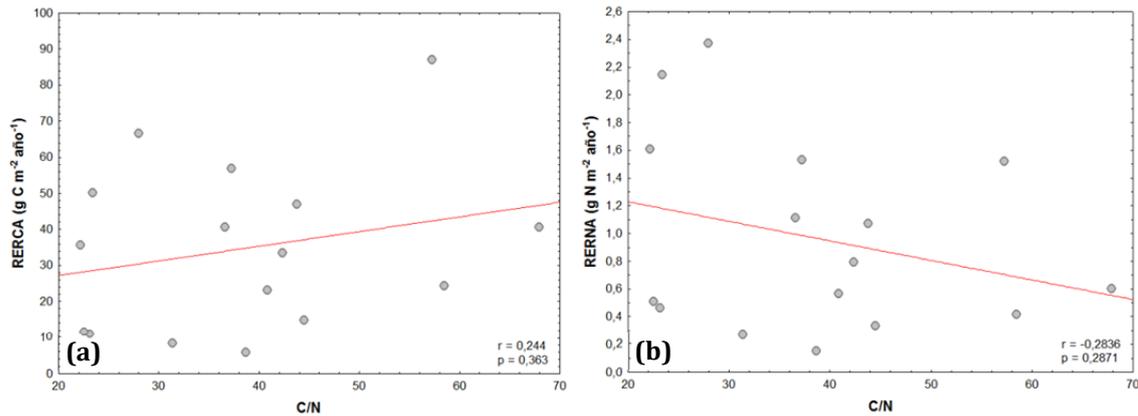


Fig. 2.5. Correlaciones entre los RERCA (a) y RERNA (b) vs. la relación carbono-nitrógeno.

En la figura 2.4 se observa la correlación fuerte ($r=0,81$), altamente significativa ($p=0,0001$) y directamente proporcional entre las tasas recientes de acumulación de carbono y nitrógeno estimadas en las turberas estudiadas. Sin embargo, las correlaciones entre las tasas antes mencionadas y relación C/N, son débiles y no significativas. No obstante, se ve una tendencia positiva entre RERCA y C/N, y una tendencia negativa entre RERNA y C/N.

Análisis detallado de tasas recientes de acumulación de carbono (RERCA)

Contenido de agua, densidad, contenido de cenizas y carbono

El contenido de agua en relación a la turba seca fluctuó entre 842-3057 %, con una media de 1777%. Se observa que el perfil TGD presenta un contenido de agua menor al perfil CAA, a lo largo de todo el testigo. En ambas localidades se ven continuas variaciones desde las capas superficiales a las capas más profundas (Fig. 2.3.a).

El rango de variación general de la densidad seca fue 0,0190 - 0,081g/cm³, con una media global de 0,036 g/cm³. En CAA se observan ligeras variaciones a lo largo del testigo, teniendo en general una densidad menor a TGD. Este último, muestra leves variaciones, salvo a lo 8 y 32 cm donde se observan aumentos significativos (Fig. 2.3.b).

En general el contenido de cenizas varió entre 0,1 y 2,4 %, con una media de 1,3%. En CAA se observan moderadas variaciones a lo largo del testigo. En TGD se ve una reducción desde la superficie hasta los 12 y 14 cm, para luego ir aumentando progresivamente hasta los 32 cm, donde se observan bruscas disminuciones (Fig. 2.4.a).

Entre un 48,8 y 49,95 % fue la variación del contenido de carbono en los perfiles muestreados, con una media de 49,33 %. CAA experimentó moderadas e irregulares variaciones desde la superficie a las capas más profundas. TGD experimentó variaciones más pronunciadas (Fig. 2.4.b).

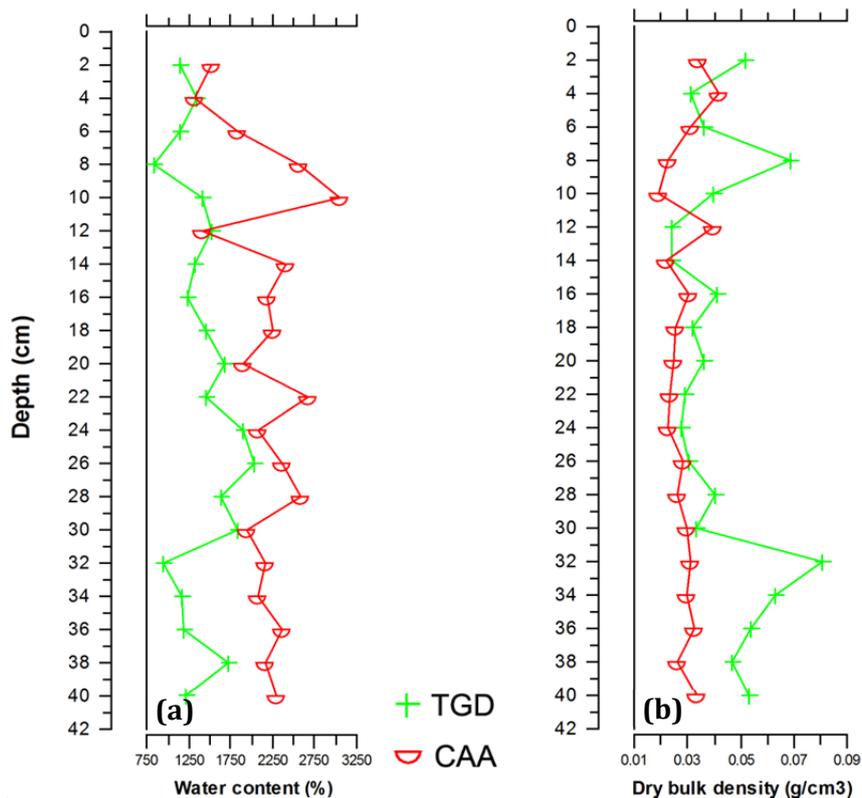


Fig. 2.6. Variación del contenido de agua (a) y densidad seca (b) de acuerdo a las distintas profundidades. TGD: Teguel, CAA: Caulles.

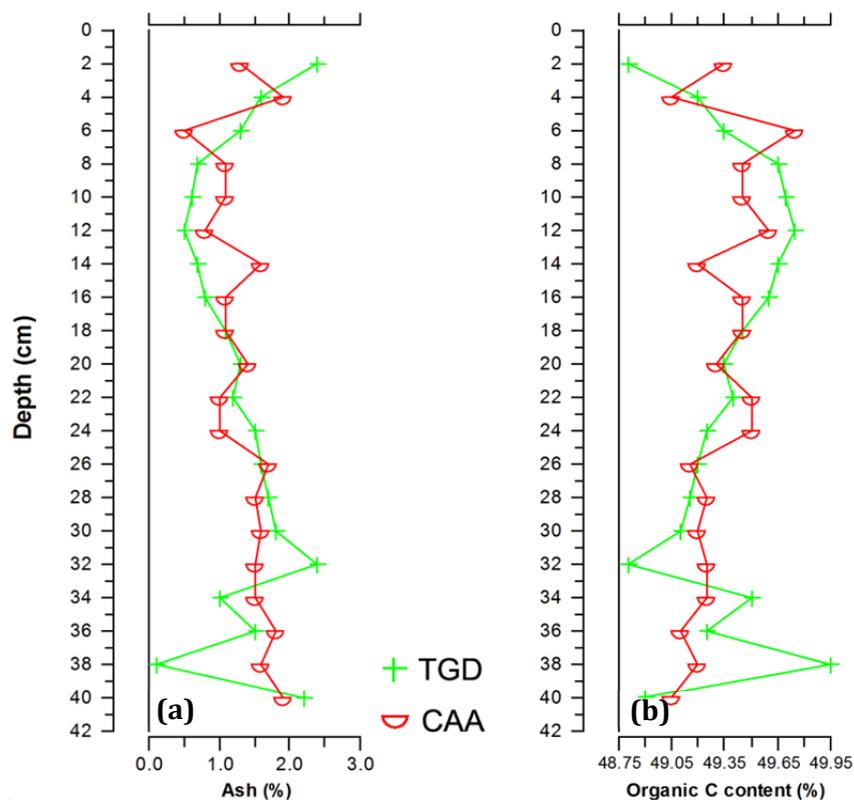


Fig. 2.7. Variación del contenido de cenizas (a) y carbono orgánico (b) de acuerdo a las distintas profundidades. TGD: Teguel, CAA: Caulles.

Cronología radioisotópica

Las concentraciones de actividad (Bq/kg) de los isótopos de Pb-210 y Ra-226 estuvieron bien definidas para ambos perfiles hasta los 30 cm de profundidad (Fig. 2.5.a).

La figura 2.1.b gráfica las cronologías (años D.C.) inferidas a partir de las actividades Pb-210 obtenidas aplicando el modelo CRS en función de la profundidad.

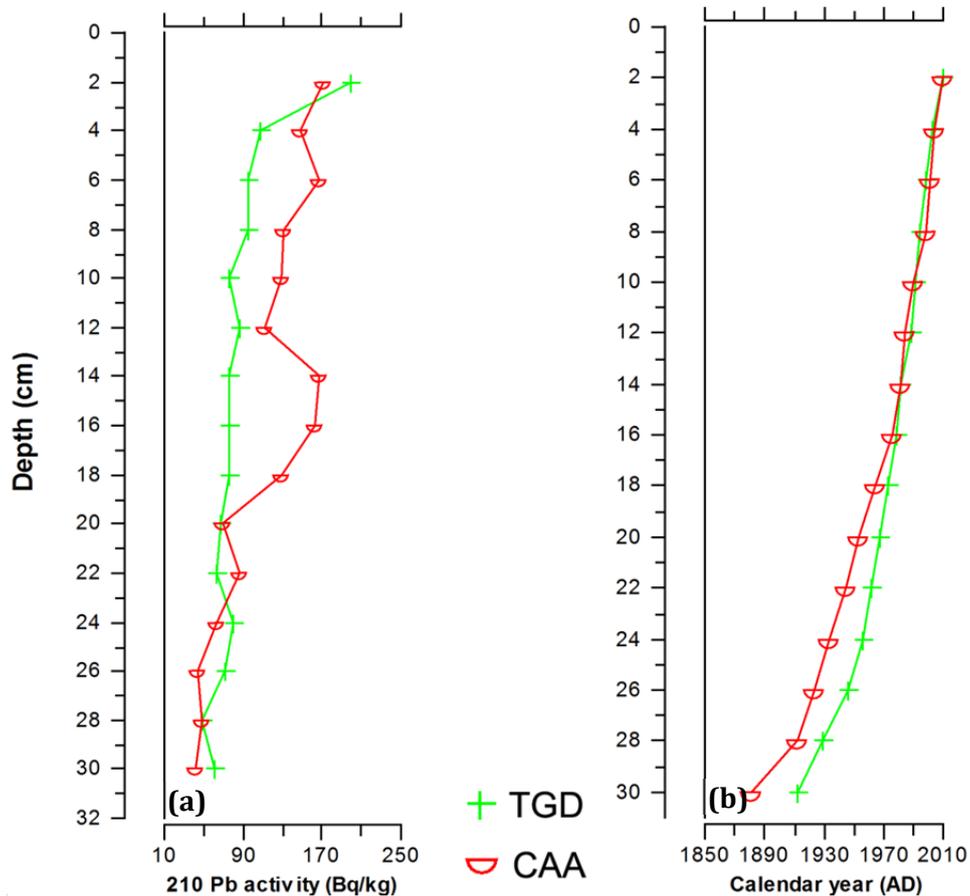


Fig. 2.8. Resultados de las actividades de Pb-210 (a) y cronologías (años D.C.) inferidas a partir de la Pb-210 obtenidas aplicando el modelo CRS en función de la profundidad (cm) (b), de acuerdo a las distintas profundidades. TGD: Teguel, CAA: Caulles.

Tasas recientes de acumulación de carbono (*recent rate of accumulation* RERCA)

Los valores estimados para las RERCA son presentados en la tabla 2.2. La localidad TGD mostró una variación entre 49,84- 507,52 g C m⁻² año⁻¹. En CAA las RERCA variaron entre 33,49-335,58 g C m⁻² año⁻¹. En ambos perfiles se observó una reducción de las tasas recientes de acumulación de carbono a capas más profundas. La tasa media de TGD (107,34) fue superior a la de CAA (78,33).

Tomando estos resultados como base se podría estimar que la tasas de acumulación de carbono en los últimos 100 años de las turberas de Chiloé fluctúan entre 33,49 y 507,52 g C m⁻² año⁻¹, con una media de 92,84 g C m⁻² año⁻¹.

Localidad	Profundidad (cm)	Cronología (años D.C.)	RERCA (g C m ⁻² año ⁻¹)	RERCA (g C m ⁻² año ⁻¹)
TGD	0 a 2	2010	507,52	
	2 a 4	2003	76,26	
	4 a 6	1998	82,00	
	6 a 8	1994	161,22	
	8 a 10	1991	98,16	
	10 a 12	1989	66,48	
	12 a 14	1982	58,72	
	14 a 16	1979	101,68	
	16 a 18	1973	74,96	
	18 a 20	1967	81,88	
	20 a 22	1962	64,32	
	22 a 24	1956	59,10	
	24 a 26	1946	60,02	
	26 a 28	1929	67,97	
28 a 30	1912	49,84		
CAA	0 a 2	2010	335,58	
	2 a 4	2005	137,34	
	4 a 6	2002	102,82	
	6 a 8	1998	68,47	
	8 a 10	1990	44,74	
	10 a 12	1985	90,42	
	12 a 14	1981	50,51	
	14 a 16	1976	68,95	
	16 a 18	1964	48,29	
	18 a 20	1953	42,50	
	20 a 22	1945	38,78	
	22 a 24	1934	35,49	
	24 a 26	1923	41,39	
	26 a 28	1912	36,22	
28 a 30	1881	33,49		

Tabla 2.3. Estimación de las tasas recientes de acumulación de carbono para perfiles de Caules (CAA) y Te-guel (TGD).

2.1.4. DISCUSION

Reservorio de agua

Las turberas son ecosistemas que intervienen de forma importante en el ciclo hidrológico, debido a su gran capacidad de retener agua (Ramsar, 2004). De acuerdo a nuestros resultados, las turbas recolectadas a capacidad de campo mostraron medias de contenido de agua de 987 % en el análisis preliminar y 1777% en el análisis detallado, lo que se traduce en una capacidad media de retener su peso seco en agua de entre 10 a 18 veces.

A modo ilustrativo, si consideramos los datos del contenido de agua de las turberas Caulles y Púlpito, y las cifras entregadas por SERNAGEOMIN & GORE-Los Lagos (2008) sobre los depósitos de turba de estas mismas localidades, se puede señalar que estos sitios tienen una capacidad potencial de contener 2.473.000 m³ de agua en el caso de Caulles (125 ha) y 783.400 m³ de agua para Púlpito (45 ha).

Bajo estos antecedentes la capacidad potencial para el almacenamiento de agua dulce para la isla es altísima. Esta capacidad de retención hace que las turberas puedan ser consideradas como acuíferos libres, que son recargados casi exclusivamente por precipitaciones (SERNAGEOMIN & GORE-LosLagos, 2008) (ver apartado 1.5) y que actúan como reguladores hidrológicos. Junto a ello, la turba estaría operando como filtro natural hacia las aguas subterráneas, por lo que su alteración podría tener impacto directo en la calidad del agua.

Nitrógeno

De forma general, el porcentaje de nitrógeno aumentó ligeramente en los primeros centímetros de los perfiles. Estos resultados concuerdan con estudios llevados a cabo en islas del hemisferio sur donde se encontró que las turberas ombrotóricas oceánicas presentan concentraciones de N que aumentan paulatinamente en los primeros centímetros, coincidiendo con la zona de fluctuación por encima del nivel freático. Lo cual se debe al lixiviado de N desde las capas superiores bien drenadas (Damman, 1988; Pontevedra Pombal *et al.*, 2004). Kuhry & Vitt (1996) señalan también que el nitrógeno se pierde a partir del acrotelmo a través de la desnitrificación, la escorrentía superficial y la erosión. Sin embargo, en turberas de tipo *bog*, la mayor cantidad de nitrógeno es perdido al ser inmovilizado en el catotelmo.

Los promedios de las RERNA obtenidos fluctuaron entre 0,15–2,37 g N m⁻² año⁻¹; dependiendo del sitio. Estos valores en su gran mayoría están dentro de los rangos dados para otras zonas geográficas como el sur de Suecia (2 g N m⁻² año⁻¹) (Malmer & Holm, 1984) o para el este de Canadá (1,4-3,2 g N m⁻² año⁻¹) (Turunen *et al.*, 2004). No obstante, en algunas de las localidades muestreadas se observaron valores bastante más bajos en comparación con lo reportado para el hemisferio norte.

Las tasas de acumulación de nitrógeno no muestran un patrón común a lo largo de los testigos, en dos de las localidades las RERNA incrementan con la profundidad, en una disminuye y en las dos restantes crecen y decrecen. Por lo tanto, para poder comprender la variación del N es necesario tener en cuenta covariables particulares de cada área estudiada como: precipitación, temperatura, depósito atmosférico de N, entre otros (Turunen *et al.*, 2004).

Carbono

Los resultados entregados por los análisis preliminares de los cinco perfiles no muestran una tendencia general de aumento o descenso de las tasas de acumulación de carbono en relación a la profundidad; dependiendo del sitio de estudio la tendencia cambia. La variación existente entre los perfiles se podría atribuir a características intrínsecas de los sitios, como condiciones geológicas o climáticas, así como a variaciones del nanotopo del sitio de muestreo. Turunen *et al.* (2004) encontraron una considerable variación en la acumulación de C, entre y dentro de las turberas dependiendo si el perfil había sido extraído en montículos o en depresiones. Este patrón también fue reportado por Økland & Ohlson (1998).

Nuestros análisis también revelaron que los sitios de tipo pomponal (TG, SD y CH) presentan mayores tasas de acumulación de carbono en los últimos 100 años que las turberas (PL y CA), lo que podría indicar que los pomponales al ser ambientes jóvenes están más activos, tienen mayor capacidad para producir materia orgánica y almacenar carbono.

En los estudios detallados llevados a cabo en dos perfiles, se observó una clara alza del C hacia los segmentos menos profundos, y al igual que en el análisis preliminar la localidad TG (pomponal) mostró una tasa superior a CA (turbera). Investigaciones en turberas esfagnosas boreales muestran que las tasas de acumulación de carbono son considerablemente superiores en depósitos de turba jóvenes y que el promedio de la acumulación de C decrece con el tiempo por la lenta descomposición que tiene lugar en capas de turba más profundas y anóxicas (Gorham, 1991; Tolonen & Turunen, 1996; Clymo *et al.*, 1998; Turunen *et al.*, 2004).

Debido a la mayor precisión en la cronología, sólo se han considerado las estimaciones de RERCA realizadas en el análisis detallado, para comparar los valores de acumulación de carbono con los de otras zonas geográficas. Tal como muestra la tabla 2.4, las tasas para Chiloé se encuentran dentro del rango dado para turberas ombrotroficas en el hemisferio norte, con una media superior a lo calculado para el este de Canadá (Turunen *et al.*, 2004) y para Finlandia (Tolonen & Turunen, 1996).

REGIÓN	RERCA (g C m ⁻² año ⁻¹)	MÉTODO DE DATACIÓN	FUENTE
Chiloé, Chile	33,49 - 507,52 $\bar{X} = 92,84$	Pb-210	
Montañas Changbai, China	124,2 - 292,8 $\bar{X} = 199,6$	Pb-210	Bao <i>et al.</i> (2010)
Everglades, Estados Unidos	54-161 $\bar{X} = 104$	Cs-137	Craft & Richardson (1993)
Lakkasuo, Finlandia	11,8 - 290,3 $\bar{X} = 34,6$	Dendrocronología	Tolonen & Turunen (1996)
Este de Canadá	40,0 - 117,0 $\bar{X} = 73$	Pb-210	Turunen <i>et al.</i> (2004)

Tabla 2.4. Cuadro comparativo de valores de acumulación reciente de carbono en diferentes turberas.

Relación C/N

De acuerdo a nuestros resultados la relación C/N varía entre 21,59 y 67,93; con una media de 31,49. Este último valor es similar a lo reportado para las turberas gallegas que tienen una media de 34 (Pontevedra Pombal *et al.*, 2004) y están cercanas al rango reportado para turberas ombrotroficadas del sur de Suecia (Malmer *et al.*, 1997). Sin embargo, nuestros resultados están muy por debajo de los máximos encontrados en Tierra del Fuego donde las relaciones alcanzaron valores sobre 250 (Kleinebecker *et al.*, 2008).

La relación C/N ha sido considerada como un importante indicador de descomposición de materia orgánica (Martínez Cortizas *et al.*, 2009). Las altas relaciones C/N medias de las turberas ombrotroficadas se han atribuido a la baja actividad microbiana en las turbas ricas en *Sphagnum*, a causa de la resistencia a la descomposición que opone este material y a la falta de energía de fácil asimilación, cuyo resultado final sería la falta de degradación biótica de la materia orgánica (Pontevedra Pombal *et al.*, 2004).

Relación RERCA/RERNA

Nuestros resultados muestran una fuerte y altamente significativa correlación entre la acumulación reciente de carbono y el depósito de nitrógeno. Este mismo patrón fue encontrado por Turunen *et al.*, (2004) en Canadá donde fue relacionado con la combinación de condiciones climáticas y un alto depósito de N atmosférico.

El incremento de la acumulación de carbono en turberas ombrotroficadas también puede estar asociado con el N debido a que éste es un elemento limitante en este tipo de ecosistemas (Malmer, 1990).

Aun cuando hay estudios que señalan que el incremento en el depósito de nitrógeno en comunidades de tipo *bog* reduce la producción de biomasa de *Sphagnum*, hay otros que no exhiben esta reducción. El factor decisivo puede ser la historia del depósito de nitrógeno para cada sitio. Por ejemplo, la tasa de N en sitios como Suiza (1,8 g N m⁻² año⁻¹) y los Países Bajos (3,9 g N m⁻² año⁻¹) es mayor a las observadas en Suecia (0,8 g N m⁻² año⁻¹) y Finlandia (0,4 g N m⁻² año⁻¹). Las comunidades en los dos primeros países pueden estar saturadas con nitrógeno, de tal manera que los aumentos adicionales en nitrógeno reducen el crecimiento de *Sphagnum*, favoreciendo el crecimiento de plantas vasculares (Berendse *et al.*, 2001).

Aerts *et al.* (1992) sugieren que una fuente de nitrógeno atmosférico alta (4 g N m⁻² año⁻¹) puede afectar el balance de carbono de turberas ombrotroficadas porque no se tiene al N como un elemento limitado, por lo que hay una mayor descomposición por los altos niveles de nitrógeno, pudiendo pasar de un sistema sumidero de C a emisor de C.

En consecuencia, la alta correlación entre RERCA/RERNA de las turberas de Chiloé estaría indicando que los niveles de nitrógeno están cercanos a una concentración óptima de éste, de forma que estimula la producción de biomasa esfagnosa.

Carbono global almacenado

Realizando un cálculo aproximado se podría señalar que en los últimos 100 años el almacenamiento de carbono en las turberas de Chiloé ha sido de 3,3 – 50, 8Kg/m², con una media de 9,3 Kg/m². Si se toma en cuenta el área (106,27 km²) que cubren las turberas y turbales establecida por SERNAGEOMIN & GORE-Los Lagos (2008) serían alrededor de 980.000 toneladas de C las que se habrían acumulado durante el periodo de tiempo antes mencionado en la Isla Grande.

Ahora bien, si consideramos las reservas mínimas calculadas en el catastro de recurso turba en Chiloé (SERNAGEOMIN & GORE-LosLagos, 2008) que superan las 2,7 millones de toneladas de turba y tomamos en consideración que las turbas en Chiloé tienen como media un 46% de C orgánico, a modo ilustrativo podríamos cifrar en 1.242.000 t de C atrapado en las turberas chilotas.

Todos estos valores ponen de relieve el importante rol de estos ecosistemas en el flujo del carbono. Es enormemente significativa la cantidad de C almacenado que podría liberarse como CO₂, si éstas fueran drenadas. Esta investigación entrega datos de base sobre la acumulación de C, de una de las zonas de Chile donde este tipo de ecosistemas está siendo fuertemente amenazado.

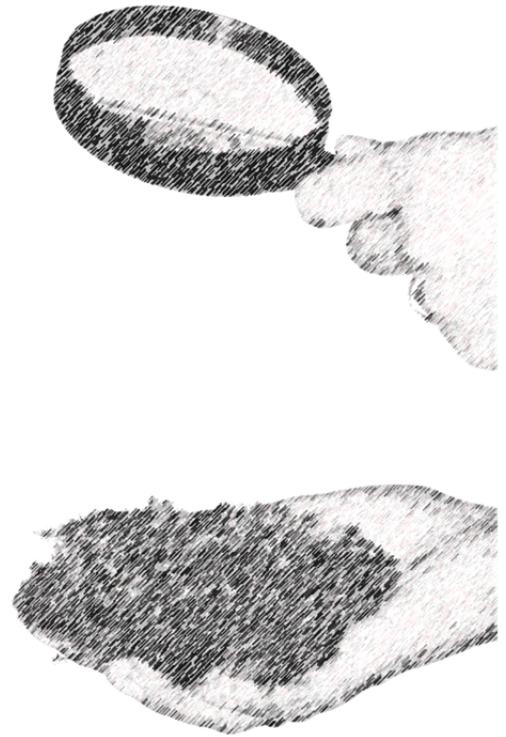
Es de esperar que estos antecedentes, junto a nuevos estudios como variación espacial de las tasas de C y tasas actuales de acumulación, sirvan a los tomadores de decisiones para definir políticas de gestión claras y sostenibles en pos del resguardo del patrimonio natural y como política de mitigación del cambio climático.

Finalmente, es relevante señalar que si bien se ha trabajado bajo el supuesto de que los pomponales de Chiloé son de origen antrópico producto de la deforestación, es preciso avanzar en el conocimiento de la geoquímica en capas profundas de modo que se pueda corroborar si son ombrogénicos o de lo contrario minerogénicos, además de conocer otros *proxy* como polen, partículas de carbón, macrorestos, etc., con el fin último de evaluar si el origen está relacionado solamente a la acción humana, o si factores climáticos o geomorfológicos también han sido preponderantes en el origen.

2.1.5. REFERENCIAS

- AERTS, R., WALLEN, B. & MALMER, N. 1992. Growth-limiting nutrients in Sphagnum-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *Journal of Ecology* 80: 131-140.
- ALI, A. A., GHALEB, B., GARNEAU, M., ASNONG, H. & LOISEL, J. 2008. Recent peat accumulation rates in minerotrophic peatlands of the Bay James region, Eastern Canada, inferred by ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs radiometric techniques. *Applied Radiation and Isotopes* 66 (10): 1350-1358.
- APPLEBY, P. G. & OLDFIELD, F. 1978. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ²¹⁰Pb to the sediment. *CATENA* 5 (1): 1-8.
- ARMESTO, J. J., VILLAGRÁN, C. & DONOSO, C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Revista Ambiente y Desarrollo* 10: 66-72.
- BAO, K., YU, X., JIA, L. & WANG, G. 2010. Recent Carbon Accumulation in Changbai Mountain Peatlands, Northeast China. *Mountain Research and Development* 30 (1): 33-41.
- BERENDSE, F., VAN BREEMEN, N., RYDIN, H., BUTTLER, A., HEIJMANS, M., HOOSBEEK, M. R., LEE, J. A., MITCHELL, E., SAARINEN, T., VASANDER, H. & WALLEN, B. 2001. Raised atmospheric CO₂ levels and increased N deposition cause shifts in plant species composition and production in Sphagnum bogs. *Global Change Biology* 7: 591-598.
- CLYMO, R. S., TURUNEN, J. & TOLONEN, K. 1998. Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81 (2): 368-388.
- CRAFT, C. B. & RICHARDSON, C. J. 1993. Peat Accretion and N, P, and Organic C Accumulation in Nutrient-Enriched and Unenriched Everglades Peatlands. *Ecological Applications* 3 (3): 446-458.
- DAMMAN, A. W. H. 1988. Regulation of nitrogen removal and retention in Sphagnum bogs and other peatlands. *Oikos* 51 (3): 291-305.
- DE VLEESCHOUWER, F., CHAMBERS, F. M. & SWINDLES, G. T. 2010. Coring and sub-sampling of peatlands for palaeoenvironmental research. *Mires and Peat* 7: Art. 1: 1-10.
- GORHAM, E. 1991. Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming. *Ecological Applications* 1 (2): 182-195.
- JOOSTEN, H. & CLARKE, D. 2002. Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group & International Peat Society, Saarijarvi, Finland.
- JOOSTEN, H. & COUWENBERG, J. 2008. Peatlands and carbon. 99-117. *In*: Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. & Stringer, L. (ed.). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- KLEINEBECKER, T., HOLZEL, N. & ANDREAS, V. 2008. South Patagonian ombrotrophic bog vegetation reflects biogeochemical gradients at the landscape level. *Journal of Vegetation Science* 19 (2): 151-160.
- KUHRY, P. & VITT, D. H. 1996. Fossil Carbon/Nitrogen Ratios as a Measure of Peat Decomposition. *Ecology* 77 (1): 271-275.
- LIMPENS, J. & BERENDSE, F. 2003. How litter quality affects mass loss and N loss from decomposing Sphagnum. *Oikos* 103 (3): 537-547.
- MALMER, N. 1990. Constant or increasing nitrogen concentrations in *Sphagnum* mosses on mires in southern Sweden during the last few decades. *Aquilo, Series Botanica* 28: 57-65.
- MALMER, N. & HOLM, E. 1984. Variation in the C/N-quotient of peat in relation to decomposition rate and age determination with ²¹⁰Pb. *Oikos* 43: 171- 182.

- MALMER, N., SVENSSON, G. & WALLÉN, B. 1997. Mass balance and nitrogen accumulation in hummocks on a South Swedish bog during the late Holocene. *Ecography* 20 (6): 535-549.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J. C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. & LÓPEZ-SÁEZ, J. A. 2009. Turberas ácidas de esfagnos. 64 p. *In*: AA., V. (ed.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.
- ØKLAND, R. H. & OHLSON, M. 1998. Age-depth relationships in Scandinavian surface peat: a quantitative analysis. *Oikos* 82 (1): 29-36.
- PITKÄNEN, A., TURUNEN, J. & TOLONEN, K. 1999. The role of fire in the carbon dynamics of a mire, eastern Finland. *Holocene* 9 (4): 453-462.
- PONTEVEDRA POMBAL, X., MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & BUURMAN, P. 2004. Las turberas de montaña de Galicia como sumideros de carbono. *Edafología* 11 (3): 295-307.
- RAMSAR. 2004. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- SADZAWKA, A., CARRASCO, M. A., GREZ, R., MORA, M. L., FLORES, P. & NEAMAN, A. 2006. Métodos de análisis de suelos recomendados para los suelos de Chile. Serie Actas INIA N° 34. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago. 164 pp.
- SÁNCHEZ-CABEZA, J. A. & RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. 2012. 210Pb sediment radiochronology: An integrated formulation and classification of dating models. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82 (0): 183-200.
- SERNAGEOMIN & GORE-LOSLAGOS. 2008. Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de Los Lagos. Informe Final. Servicio Nacional de Geología y Minería - Gobierno Regional de Los Lagos, Santiago. 292 pp.
- STATSOFT. 2004. STATISTICA for Windows, user's guide (version 7.0) www.statsoft.com. StatSoft Inc. Tulsa.
- TOLONEN, K. & TURUNEN, J. 1996. Accumulation rates of carbon in mires in Finland and implications for climate change. *The Holocene* 6 (2): 171-178.
- TRUMPER, K., BERTZKY, M., DICKSON, B., VAN DER HEIJDEN, G., JENKINS, M. & MANNING, P. 2009. The Natural Fix? The role of ecosystems in climate mitigation. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- TURUNEN, J., ROULET, N. T., MOORE, T. R. & RICHARD, P. J. H. 2004. Nitrogen deposition and increased carbon accumulation in ombrotrophic peatlands in eastern Canada. *Global Biogeochemical Cycles* 18 (GB3002).
- USDA. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. United States Department of Agriculture Washington, District of Columbia, USA. 693 pp.
- WANG, G. P., LIU, J. S. & TANG, J. 2004. The long-term nutrient accumulation with respect to anthropogenic impacts in the sediments from two freshwater marshes (Xianghai Wetlands, Northeast China). *Water Research* 38 (20): 4462-4474.
- YU, Z. C., VITT, D. H., CAMPBELL, I. D. & APPS, M. J. 2003. Understanding Holocene peat accumulation pattern of continental fens in western Canada. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 81 (3): 267-282.
- ZEGERS, G., LARRAÍN, J., DÍAZ, M. & ARMESTO, J. J. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo* 22: 28-34.



CAPÍTULO III

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LAS
TURBERAS DE CHILOÉ

CAPÍTULO III EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TURBERAS DE CHILOÉ

3.1. INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de las investigaciones realizadas en el marco de esta tesis doctoral, se obtuvo valiosa información biológica y ecológica de las turberas del lugar. Pero, también se pudo constatar *in situ* la vulnerabilidad de estos ecosistemas y la falta de información referente a los mismos, desde organismos técnicos implicados en la gestión de recursos naturales hasta la población local.

En Chiloé y en la Región de los Lagos, es escaso el reconocimiento que se le da a los servicios ecosistémicos que prestan las turberas; estos ecosistemas sólo son apreciados por los dividendos económicos que se obtienen de la extracción del musgo o de la turba. Es entonces necesario realizar una fuerte campaña de educación ambiental para sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de las turberas y dar a conocer las consecuencias de su degradación.

Siguiendo las directrices conceptuales planteadas por Ruiz-Valero (s.f.), Simmons *et al.* (2009) y FAMP (2011), en este capítulo se plantean elementos base para abordar un programa de educación ambiental en las turberas de Chiloé y se comentan actividades piloto que se llevaron a cabo durante este trabajo.

3.2. BASES PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LAS TURBERAS DE CHILOÉ.

3.2.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL, JUSTIFICACIÓN DE LA ACCIÓN Y OBJETIVOS.

Las turberas prestan importantes servicios ecosistémicos, así por ejemplo protegen la biodiversidad, almacenan agua dulce, y acumulan carbono, entre muchos otros (Ramsar, 2004).

A esta importancia ecológica se suma la importancia económica que tiene la turba y el musgo *Sphagnum*. Estos productos son utilizados como retenedores de nutrientes en viveros, como aislante térmico, para el tratamiento de aguas residuales y para filtros de distinto tipo. Por lo cual, ha habido un aumento sostenido del interés comercial y de explotación (Hauser, 1996).

En Chiloé, tanto turberas de origen glacial como aquellas de origen antrópico, están siendo intensamente explotadas. Se extrae principalmente la capa superficial de *Sphagnum* de forma artesanal y en algunos casos la turba de manera industrial.

En la gran mayoría de los ocasiones la extracción se realiza sin considerar la sostenibilidad del recurso. Son muy pocas las iniciativas que trabajan con buenas prácticas de cosecha siguiendo protocolos como los establecidos por Díaz (2008).

Debido a la fuerte demanda del musgo y a que no existe legislación que regule esta actividad, se ha realizado una extracción desmedida. En numerosas localidades de las provin-

cias de Chiloé y Llanquihue, donde se recolecta *Sphagnum*, se evidencia la sobreexplotación, el musgo no se regenera, sólo crecen algunas plantas vasculares ruderales y las áreas quedan abandonadas y llenas de basura de las faenas (R. Fuentes, comunicación personal, 2011).

Pero la degradación de las turberas de Chiloé también tiene otros responsables. Un número importante de turberas de origen glaciar han sido dadas en concesión minera, este permiso de explotación, ha ocasionado el drenaje y la extracción de turba que ha sido acumulada durante miles de años.

Otro factor a destacar es el aumento de las solicitudes de cambio de uso de suelo, que pretenden drenar turberas y en su lugar realizar plantaciones de eucaliptos para la industria forestal.

Como respuesta a esta problemática ambiental, desde hace varios años, instituciones como: la Fundación Senda Darwin, el Gobierno Regional de Los Lagos, el Servicio Nacional de Geología y Minería, y la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, han dictado distintos talleres y cursos de capacitación para organismos públicos y para la comunidad, con el fin de promover la sostenibilidad de las turberas. Sin embargo, debido al amplio alcance de este problema ambiental, estas importantes acciones no han sido suficientes para provocar un cambio en la población. Es por ello que se hace necesario continuar trabajando en esta línea y emprender nuevas acciones.

Ante la vulnerabilidad de los ecosistemas estudiados se promueve realizar un programa de educación ambiental específicamente enfocado en la turberas, que involucre a los distintos actores clave, cuyo fin sea despertar en la población una conciencia que les permita valorar los servicios que prestan estos ecosistemas y que puedan relacionar que la conservación y el desarrollo sostenible de éstos también influyen en la calidad de vida y el desarrollo humano de la isla y la región.

3.2.2. ACTORES CLAVE

Los actores clave son aquellas personas y organizaciones que son vitales para el éxito o fracaso de un proyecto (Hesselink *et al.*, 2007).

Los actores clave pueden dividirse en tres niveles: a) actores primarios: aquellos que otorgan permisos, aprobaciones y apoyo financiero, y aquellos que son afectados directamente por las actividades de un proyecto; b) actores secundarios: son aquellos que están siendo indirectamente afectados, y c) actores terciarios: aquellos que no se encuentran afectados o involucrados, pero que pueden influenciar opiniones a favor o en contra (*op. cit.*).

En este caso los actores clave pertenecen a múltiples instituciones y estamentos. A continuación se detallan los actores primarios, secundarios y terciarios, identificados en la problemática de las turberas de Chiloé (Tabla.3.1).

ACTORES	IMPLICACIÓN		
Actores primarios			
Instituciones (otorgan permisos, son administradores políticos o pueden dar apoyo financiero)	Jueces de Juzgados de Letras en lo Civil	Otorgan concesiones mineras.	
	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)	Asesor técnico en concesiones mineras.	
	Secretaría Regional Ministerial de Agricultura (SEREMI)	Autorización de cambio de uso del suelo.	
	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	Autorización de cambio de uso del suelo.	
	Gobierno Regional de los Lagos	Administración de la región.	
	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente	Gestión ambiental en materia normativa, protección de los recursos naturales y educación ambiental.	
	Secretaría Regional Ministerial de Educación	Responsables de la educación ambiental formal.	
	Municipios	Gestión ambiental a escala local.	
	Afectados directos de las actividades extractivas y degradación de los ecosistemas estudiados	Propietarios de tierras con turberas y/o pomponales	
		Recolectores de musgo	
Compradores primarios (acopiadores)			
Empresas exportadoras de musgo o turba (Ej. Seaweeds Chile ICESA, Comercial Musgos Alpha Moss Ltda., Los Volcanes Chile Ltda. y Costa Verde Trading S.A.)			
Pobladores (hombres, mujeres y niños) de comunas con turberas degradadas			
	Operadores de ecoturismo		
Actores Secundarios			
	Empresas locales		
	Habitantes de la isla		
	ONG locales. Ej. Vínculos.		
	SERNATUR		
	CONAF		
Actores terciarios			
	Medios de comunicación locales. Ej. La estrella de Chiloé, El Insular, Chiloé TV, Radio Chiloé, etc.		
	Centros de investigación y docencia. Ej. Fundación Senda Darwin, Centro de Educación y Tecnología, Universidad de Los Lagos, Universidad Santo Tomás, etc.		
	Medios de comunicación nacional. Ej. La Tercera (Tendencias, Ciencia y Tecnología), El Mercurio (área de Vida, Ciencia y Tecnología), Radio Cero (Cero emisión), Radio Play (espacio verde), etc.		
	Líderes de opinión locales (hombres y mujeres que son líderes religiosos, líderes empresariales, líderes sindicales, maestros, celebridades locales.		

Tabla 3.1. Actores clave en la problemática de las turberas de Chiloé.

3.2.3. ACCIONES SUGERIDAS PARA LOS DISTINTOS ACTORES CLAVE.

Para conseguir transmitir el mensaje a los distintos actores clave es necesario adecuar la forma de hacerlo dependiendo del grupo diana. A continuación se presenta una lista con actividades que podrían ser preparadas para los actores clave primarios y secundarios (Tabla 3.2.).

ACTORES	ACCIONES	
Actores primarios		
Instituciones (otorgan permisos, son administradores políticos o pueden dar apoyo financiero)	Jueces de Juzgados de Letras en lo Civil	
	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)	
	Secretaría Regional Ministerial de Agricultura (SEREMI)	Charlas y talleres de formación sobre la importancia de las turberas, especialmente dirigidos a la necesidad de crear políticas públicas para el resguardo de este patrimonio natural.
	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	
	Gobierno Regional de los Lagos	
	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente	
	Secretaría Regional Ministerial de Educación	
	Municipios	
Afectados directos de las actividades extractivas y degradación de los ecosistemas estudiados	Propietarios de tierras con turberas y/o pomponales	Campañas de formación sobre buenas prácticas de cosecha y sostenibilidad ecológica y social.
	Recolectores musgo	
	Compradores primarios (acopiadores)	
	Empresas exportadoras de musgo o turba (Ej. Seaweeds Chile ICSA, Comercial Musgos Alpha Moss Ltda., Los Volcanes Chile Ltda y Costa Verde Trading S.A.)	Campañas para incentivar la inclusión de las turberas en circuitos turísticos y plan de formación especializada para guías.
	Operadores de ecoturismo	
	Pobladores (hombres, mujeres y niños) de comunas con turberas degradadas	
		Jornadas de participación ciudadana para conocer su opinión sobre el tema y acercar a la población los roles que cumplen las turberas.
		Campañas de sensibilización escolar.
Actores Secundarios		
	Empresas locales	Campañas de sensibilización y concienciación ciudadana en medios de comunicación de masivos.
	Habitantes de la isla	
	ONG locales. Ej. Vínculos.	Charlas y seminarios de formación sobre la importancia de las turberas y especialmente dirigidas a la necesidad de crear políticas públicas para el resguardo de este patrimonio natural.
	SERNATUR	
	CONAF	

Tabla 3.2. Actores clave y acciones de educación ambiental.

3.3. ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN DESARROLLADAS.

Concientes de la importancia de la divulgación científica y de cómo una población bien informada puede cambiar sus conductas que dañan el medio natural. En este trabajo se planteó como uno de sus objetivos transmitir a distintos actores la importancia de los servicios ecosistémicos de las turberas en Chiloé y difundir los resultados obtenidos en esta investigación de una forma sencilla y amigable.

Para esta pequeña campaña de sensibilización se seleccionaron tres grupos diana y se planificaron tres actividades dirigidas a cada uno de ellos.

a) Talleres en escuelas primarias: se realizan dos talleres en escuelas primarias de la zona, donde a través de sencillas actividades-juegos se enseñaron conceptos básicos sobre las turberas y su importancia para la isla.

b) Taller de especialización para guías turísticos: se realizó un taller de especialización para guías turísticos locales, con objeto de transmitir las implicancias de las turberas en el turismo y promover la práctica del ecoturismo con lupa en estos ecosistemas.

c) Actividades de divulgación a público general: con el fin de llegar a la comunidad local se montó un *stand* en el “Encuentro Campesino y Feria de Intercambio Agrícola de Dalcahue 2011”. Mediante la entrega de folletos, artículos ecológicos y la realización de juegos y mini charlas a los asistentes al evento, se promovió la importancia de las turberas y la necesidad de su conservación.

3.3.1. LAS TURBERAS COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA EN ENSEÑANZA PRIMARIA.

Introducción

Si bien la educación ambiental no puede sustituir a la responsabilidad política ni al conocimiento científico-técnico que son los que, en último término, han de resolver los múltiples y complejos problemas ambientales, crea las condiciones culturales apropiadas para que tales problemas no lleguen a producirse o lo hagan en tal medida que sean asumidos de forma natural por los propios sistemas donde se producen (Vega-Marcote & Álvarez-Suárez, 2005).

A nuestro modo de ver las turberas constituyen un importante recurso educativo, entregan herramientas para enseñar desde y para la naturaleza. Junto con instruirse en conceptos de ciencias y ecología, permite aprender conductas correctas hacia el entorno.

El estado chileno definió que la educación ambiental se integra de forma transversal en el currículo escolar (Prosser, 2006), y ha recogido la propuesta de las Naciones Unidas que establece la “Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable”(2005-2014) enfatizando el sentido y objetivo central que la educación ambiental produzca un profundo cambio en nuestra cultura y forma de vida (Prosser, 2006; Fuentealba, 2008). Pero, estas propuestas para avanzar hacia la sostenibilidad requieren de una perspectiva local, una adaptación a la realidad socioambiental local con perspectiva global (Vega-Marcote & Álvarez-Suárez, 2005).

Es así como educar sobre el problema ambiental de las turberas en Chile en las aulas se puede transformar en una excelente herramienta que aporte a los desafíos pedagógicos establecidos para la educación ambiental formal de zonas como la región de Los Lagos.

La idea se centra en incorporar actividades que ayuden a reforzar mediante experiencias prácticas contenidos obligatorios mínimos, a la vez que se transmite la importancia de las turberas y su conservación.

Esta iniciativa busca acercar las realidades cotidianas a los procesos curriculares formales y al accionar ciudadano; y desde la concepción de los aprendizajes significativos, persigue la contextualización de los actores con su medio social y cultural, permitiendo de esta manera el rescate del sentido de pertenencia al lugar en que se vive, creando identidad y empoderamiento de los diferentes actores sociales con su medio circundante, tal como lo sugiere el MMA (2010) en su Programa de Educación Ambiental Local.

A continuación se describe una serie de actividades diseñadas para estudiantes de 6º - 7º año de enseñanza general básica, dirigidas a enseñar conceptos básicos sobre las turberas sus servicios ecosistémicos y su importancia para la isla de Chiloé.

Estas actividades fueron ejecutadas mediante dos talleres en escuelas públicas de Chiloé, la Escuela Básica Municipal Dalcahue y la Escuela Rural Huillinco-Chonchi.

Para el desarrollo de estas actividades se elaboró un cuadernillo con los conceptos teóricos y las actividades a realizar, dichos cuadernillos fueron entregados a los estudiantes (ver cuadernillo completo en anexo digital I). Con el objeto de verificar el cumplimiento de los objetivos e incorporar mejoras, se confeccionó una encuesta que fue realizada a los alumnos al término de la actividad.

El taller tuvo una duración de 3 horas, repartidas en dos bloques con un descanso de 20 minutos. Se inició con una actividad de presentación, luego se realizó una introducción teórica y posteriormente se llevaron a cabo 4 actividades prácticas. La tabla 3.3 resume el programa de la actividad.

HORARIO	ACTIVIDAD
10:00-10:15	a) Actividad de presentación
10:15-10:45	b) Introducción teórica
10:45-11:15	c) Actividad N°1 "la mejor esponja"
11:15-11:35	Descanso
11:35-12:05	d) Actividad N°2 "un filtro muy efectivo"
12:05-12:35	e) Actividad N°3 "habitantes inolvidables"
12:35-12:55	f) Actividad N°4 "el crucigrama de las turberas"
12:55-13:00	g) Encuesta

Tabla 3.3. Programa de taller "Las Turberas y el Pompón"

Las actividades fueron diseñadas de modo que los contenidos del taller se relacionaran con objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios (OF-CMO) del Sector de Ciencias Naturales estipulados por el Ministerio de Educación chileno (MINEDUC, 2009). La tabla 3.4 muestra la relación entre los contenidos del taller y los OF-CMO.

OBJETIVOS FUNDAMENTALES TRANSVERSALES	Contenido y/o Actividad del taller
Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.	Todo el taller – problemática de las turberas de Chiloé.
Interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.	Todo el taller – problemática de las turberas de Chiloé.
Comprender y valorar la perseverancia, el rigor y el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad.	Todo el taller – problemática de las turberas de Chiloé.
SEXTO AÑO BÁSICO	
Objetivos fundamentales	Contenido y/o Actividad del taller
Formular una pregunta comprobable y planear y conducir una investigación simple, especificando los pasos de modo tal que otros puedan realizarlos.	Actividades prácticas 1 y 2
Formular explicaciones, conclusiones y predicciones de los fenómenos o problemas planteados usando los conceptos en estudio y evaluar información adicional necesaria para apoyarlas o refutarlas.	Actividades prácticas 1 y 2
Comprender que en los ecosistemas la materia y la energía necesaria para la vida de los seres vivos son aportadas por plantas, algas y microorganismos, y que ésta circula a través de cadenas y tramas alimentarias.	Introducción teórica – problemática de las turberas de Chiloé.
Reconocer la importancia de los constituyentes del suelo para la sustentación de la vida.	Introducción teórica – problemática de las turberas de Chiloé.
Contenidos mínimos obligatorios	
Utilización de conceptos y conocimientos del nivel para la elaboración de conclusiones, explicaciones y predicciones de los fenómenos o problemas en estudio, y evaluación de información adicional que permita apoyar o refutar las explicaciones planteadas.	Actividades prácticas
Identificación de los niveles de organización de los seres vivos, desde célula hasta organismo pluricelular (célula, órgano, sistema, organismo), y la relación existente entre estos niveles.	Introducción teórica – diversidad biológica de las turberas.
Descripción de los factores que intervienen en el proceso de fotosíntesis y sus productos, basándose en evidencia experimental.	Introducción teórica – fijación de carbono en las turberas.
Aplicación de procedimientos de separación de mezclas de uso cotidiano: decantación, filtración, tamizado y destilación.	Actividades prácticas 1 y 2
Caracterización de los cambios aparentemente reversibles e irreversibles que experimentan diversos materiales en relación a la posibilidad de volver al aspecto macroscópico inicial.	Actividades prácticas 1 y 2
Descripción de situaciones de contaminación de la atmósfera, hidrosfera y litosfera debido a actividades humanas y sus consecuencias para la vida.	Introducción teórica – importancia de la fijación de carbono y su relación con el efecto invernadero.
SÉPTIMO AÑO BÁSICO	
Objetivos Fundamentales	
Comprender la diferencia entre hipótesis y predicción y entre resultados y conclusiones en situaciones reales.	Actividades prácticas 1 y 2
Comprender las características básicas de los principales ciclos bioquímicos, reconociendo el impacto positivo y negativo de la especie humana en ellos.	Introducción teórica – intervención de las turberas en el ciclo del carbono y el ciclo del agua.
Reconocer que al interior de los ecosistemas se generan diversos tipos de interacciones biológicas intra y entre especies.	Introducción teórica – diversidad biológica de las turberas – Líquenes.
Contenidos Mínimos Obligatorios	
Distinción entre hipótesis y predicciones, y entre resultados y conclusiones, en casos concretos.	Actividades prácticas 1 y 2
Descripción de los procesos básicos de los ciclos del carbono y el nitrógeno, identificando la función que cumplen los organismos productores y descomponedores y los principales efectos de la intervención humana en estos procesos.	Introducción teórica – intervención de las turberas en el ciclo del carbono y el ciclo del agua.
Descripción de los efectos de algunas interacciones (competencia, depredación, comensalismo, mutualismo y parasitismo) que se producen entre los organismos de un determinado ecosistema.	Introducción teórica – diversidad biológica de las turberas – Líquenes.

Tabla 3.4. Relación entre objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios y los contenidos del taller.

a) Actividad de presentación

El taller se inicio con la presentación de los monitores y los estudiantes. Seguidamente se realizó un juego de presentación, para esta actividad se puso dentro de una bolsa oscura (para que no se vea el contenido) cierta cantidad de musgo *Sphagnum* húmedo (conocido localmente como pompón). Se les pidió a los estudiantes que introdujesen la mano dentro de la bolsa a ciegas y dijese qué había dentro. Con esta actividad se buscó romper el hielo inicial, introducir la temática a tratar en el taller y saber cuán relacionados estaban los niños con el tema a trabajar (Fig. 3.5. a y b).

b) Introducción teórica

Con ayuda del cuadernillo se realizó una introducción teórica utilizando preguntas como ¿Qué son las turberas?, ¿Qué es el pompón?, ¿Por qué son importantes?, etc. Primero se les plantearon las preguntas a los estudiantes, ellos comentaron sus ideas al respecto y posteriormente un monitor realizó la explicación formal (Fig. 3.5. c y d).

c) Actividad práctica N°1 “la mejor esponja”

Para las actividades prácticas, los estudiantes fueron reunidos en grupos de 4 integrantes. El objetivo de esta actividad fue comprobar la capacidad del musgo *Sphagnum* para retener agua y reafirmar los contenidos sobre el almacenamiento de agua dulce en las turberas, que resulta ser especialmente importante en la isla de Chiloé, donde no hay aporte de agua por el deshielo de la cordillera.

Los materiales requeridos fueron: musgo *Sphagnum*, agua, dos vasos de precipitados o recipientes y un embudo pequeño.

Sobre un vaso de precipitado se puso el embudo, éste fue rellenado con abundante musgo *Sphagnum* y compactado fuertemente. Luego se añadieron 300 ml de agua sobre el musgo que estaba en el embudo y se les pidió a los estudiantes que observaran qué fue lo que ocurrió.

Tras unos minutos de observación se les indicó a los alumnos comparar los volúmenes del agua añadida y el agua recibida en el vaso después de pasar por el musgo, y responder las siguientes preguntas: ¿Qué ocurrió?, ¿Por qué se observa ese resultado en el experimento?

Una recomendación importante para el éxito de la actividad es que el musgo quede lo más compactado posible, tal y como crecen en las turberas, evitando dejar espacios con aire, de esta forma se aumenta la capacidad de absorción. Para evitar que el musgo sobresalga del embudo cuando se hidrate luego de añadir el agua, se recomienda dejar alrededor de 1,5 cm libres de la parte superior del embudo.

En el aula se utilizó una ficha de la actividad que se muestra en la Fig. 3.1. Fotografías de la actividad se presentan en la figura 3.5.

ACTIVIDADES

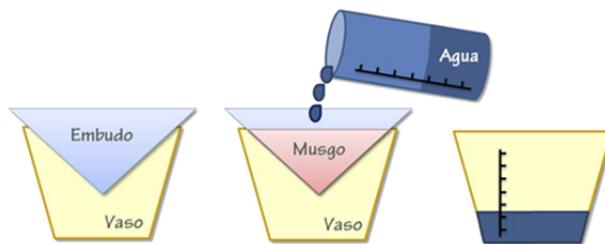
Ahora comprobaremos lo que hemos aprendido...

1. LA MEJOR ESPONJA

Objetivo: Comprobar la capacidad del musgo *Sphagnum* para retener agua.

Materiales: musgo *Sphagnum*, agua, dos vasos precipitados o recipientes, un embudo pequeño.

Procedimiento: poner el embudo sobre un vaso precipitado. Rellenar el embudo con musgo *Sphagnum*. Añadir 300 ml de agua sobre el musgo que está en el embudo. Observar qué ocurre.

**Resultados:**

Compara los volúmenes del agua añadida y el agua recibida en el vaso después de pasar por el musgo ¿Qué ocurrió?

¿Por qué se observa ese resultado en el experimento?

Fig. 3.1. Ficha actividad práctica N°1.

d) Actividad práctica N°2 "un filtro muy efectivo"

Esta actividad busca comprobar la capacidad de filtración que tiene el musgo *Sphagnum*, de manera que los alumnos comprendan el papel que las turberas tienen en la purificación del agua en la isla de Chiloé. Es necesario contar con: musgo *Sphagnum*, agua, tierra, una cuchara grande, cuatro vasos de precipitados o recipientes, un embudo y un marcador permanente.

Primero se ubicaron tres vasos sobre la mesa, estos se marcaron con las letras A, B y C. Al vaso A se le añadieron 300 ml de agua y se dejó a un lado de la mesa. Al vaso B se le añadieron también 300 ml de agua y se agregó una cucharada grande de tierra, se revolvió la mezcla y se dejó el vaso junto al vaso A. Posterior a esto, se puso el embudo sobre el vaso C y se rellenoó el embudo con musgo. Luego en otro vaso se agregaron 300 ml de agua y una cucharada grande de tierra y se revolvió la mezcla. Una vez que la mezcla estuvo homogénea, se añadió ésta sobre el musgo que estaba en el embudo. Se dieron unos minutos para que los estudiantes observaran lo que estaba ocurriendo y se pidió a los estudiantes que compararan los tres vasos y respondieran ¿Qué puedes observar? y ¿Qué ocurrió?

En esta actividad es relevante destacar que el musgo debe estar bien compactado antes de agregar la mezcla de agua y tierra, la idea es simular las capas compactas que forman la turba, para que sea eficiente la filtración. Cuando se añada la mezcla de agua y tierra, se debe hacer lentamente y repartiéndola de forma homogénea en toda la superficie.

La ficha de esta actividad se muestra en la Fig. 3.2. En la Fig. 3.5 se pueden ver fotografías de la actividad.



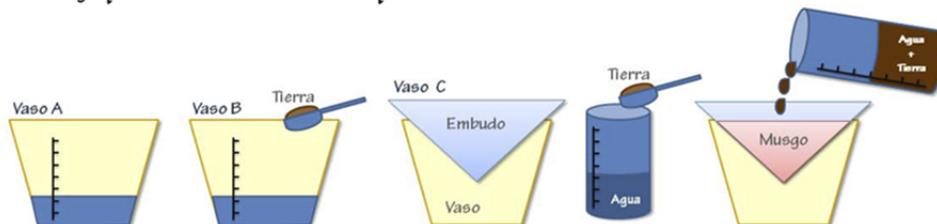
TALLER “LAS TURBERAS Y EL POMPON”

2. UN FILTRO MUY EFECTIVO

Objetivo: Comprobar la capacidad del musgo *Sphagnum* para filtrar agua.

Materiales: musgo *Sphagnum*, agua, tierra, una cuchara grande, cuatro vasos de precipitados o recipientes, un embudo pequeño, un marcador permanente.

Procedimiento: ubica tres vasos sobre la mesa. Márcalos con las letras A, B y C. Al vaso A añade 300 ml de agua y déjalo a un lado de la mesa. Al vaso B añádele también 300 ml de agua y agrégale una cucharada grande de tierra, revuelve la mezcla y deja el vaso junto al vaso A. En el caso del vaso C, pon el embudo sobre el vaso precipitado y rellena el embudo con musgo *Sphagnum*; en otro vaso agrega 300 ml de agua y una cucharada grande de tierra y revuelve la mezcla; una vez que la mezcla este homogénea, añade ésta sobre el musgo que está en el embudo. Observa qué ocurre.



Resultados:

Compara los tres vasos ¿Qué puedes observar?

¿Qué ocurrió?

Fig. 3.2. Ficha actividad práctica N°2.

d) Actividad práctica N°3 “habitantes inolvidables”

Esta actividad tiene como fin dar a conocer a los estudiantes la diversidad de plantas que habitan las turberas, especialmente enfocado en briófitos y líquenes.

Se puso a disposición de cada grupo una bandeja con una serie de ejemplares de musgos, hepáticas, líquenes y una planta insectívora, que habían sido recolectados previamente en una turbera próxima. Los estudiantes observaron y tocaron los organismos (Fig. 3.6. a-c), se les pidió que se fijasen en sus características y detalles. Posteriormente se les indicó que dibujaran los tres organismos que más les hubiesen llamado la atención y que anotaran los datos más importantes (Ej. nombre, color, tamaño, etc.) en la ficha de la actividad (Fig. 3.3.).

Luego de que los estudiantes se relacionaron y dibujaron las plantas, se realizó un juego para reforzar lo visto. En una bandeja de pusieron 8 ejemplares de organismos que habían visto previamente, éstos fueron numerados y tapados con una cartulina (Fig. 3.6. d). Se llamó a cada grupo para que los observaran durante 30 segundos, posteriormente el equipo regresó a sus asientos y apuntaron en un papel todos los nombres de las plantas que recordaban y sus respectivos números. El grupo con más aciertos fue el ganador.

3. HABITANTES INOLVIDABLES

Observa los organismos que dejarán los monitores sobre la mesa. Fíjate en sus detalles. Dibuja los tres que más te gusten y anota los datos más importantes, por ejemplo: nombre, color, tamaño, etc.

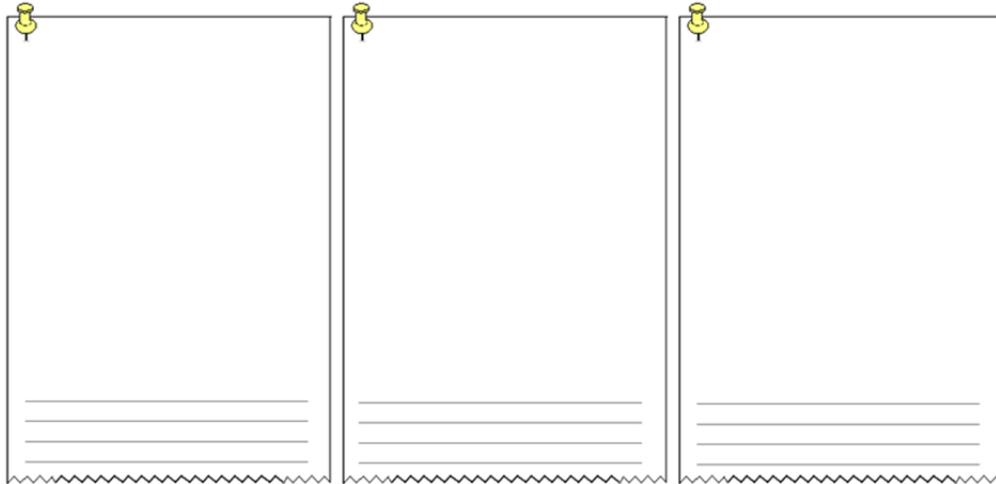
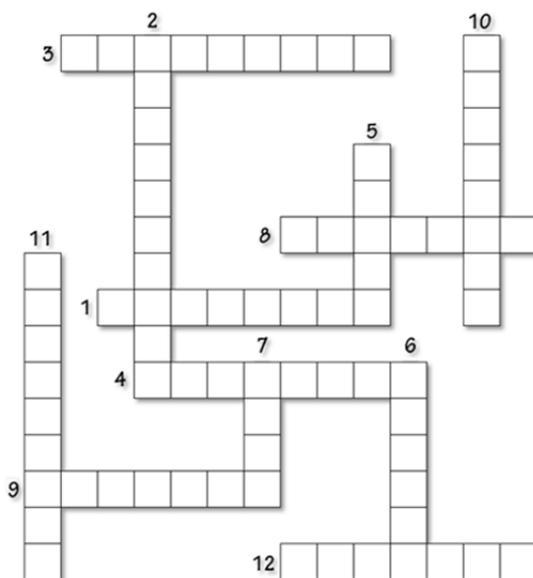


Fig. 3.3. Ficha actividad práctica N°3.

f) Actividad N°4 "el crucigrama de las turberas"

Para reforzar los contenidos aprendidos, los estudiantes desarrollaron un crucigrama basado en términos relacionados con las turberas como carbono, agua, turba, briófitos, *Sphagnum*, etc. Esta actividad es presentada en la Fig. 3.4.

4. EL CRUCIGRAMA DE LAS TURBERAS



- 1.- Puedo parecer una copa.
- 2.- Mi origen no es natural.
- 3.- Nos han relacionado con el hígado.
- 4.- Me pueden usar hasta en un paño de guagua.
- 5.- Puedo dar calor.
- 6.- Somos plantas pero tenemos dientes.
- 7.- Puedo ser acumulada en las turberas
- 8.- Puedo ser almacenado en las turberas.
- 9.- Soy muy útil para todos.
- 10.- Somos amigos muy unidos.
- 11.- Somos chiquititos y nos gusta mucho la humedad.
- 12.- Me pueden temer pero soy inofensiva.

Fig. 3.4. Ficha actividad práctica N°4.



Fig. 3.5. Fotografías de las etapas del taller. a) y b) Juego de presentación, c) y d) Introducción, e) y f) Actividad 1, g) y h) Actividad 2.



Fig. 3.6. Fotografías de las etapas del taller. a) - d) Actividad 3, e) y f) Actividad 4, g) y h) Cierre del taller.

g) Encuesta

Con el fin de evaluar las actividades realizadas, se solicitó a los estudiantes que respondieran una breve encuesta para saber su opinión.

Los encuestados fueron caracterizados por sexo y edad. Se realizaron cuatro preguntas cerradas y tres abiertas. A continuación se detallan los resultados.

El 56% de los estudiantes fueron mujeres y el 44% hombres. La edad mayoritaria de los alumnos (61%) fue 12 años.

Pregunta 1

¿Conocías el pompón?

OPCIONES	% respuesta
Si	83
No	17

Pregunta 2

¿Habías escuchado antes algo sobre las turberas?

OPCIONES	% respuesta
Si	20
No	80

Pregunta 3

¿Conoces a alguien que trabaje en el pompón?

OPCIONES	% respuesta
Si	58
No	42

Pregunta 4

Durante el taller te sentiste:

OPCIONES	% respuesta
Muy motivado	72
Motivado	28
Poco motivado	0
Nada motivado	0

Pregunta 5

¿Qué fue lo que más te gustó del taller?

Respuestas abiertas:
- Hacer los experimentos.
- Conocer las plantas que viven en las turberas.
- Trabajar en grupo.
- El juego del inicio.
- Aprender lo importante que son las turberas.
- Hacer el crucigrama.

Pregunta 6

¿Qué fue lo más difícil de hacer en el taller?

Respuestas abiertas:
- Reconocer las plantas y recordar los nombres.
- Crucigrama.
- Los experimentos.
- Nada.

Pregunta 7

¿Qué fue lo más importante que aprendiste en el taller?

Respuestas abiertas:
- La importancia de las turberas.
- La importancia del pompón.
- Que el musgo puede ser un tema entretenido para investigar.
- Conocer nuevas plantas.
- De que forma nos ayuda el pompón y que es muy útil.
- Aprender sobre las plantas que crecen en las turberas.

Las primeras tres preguntas se enfocaron en conocer lo relacionados que estaban los alumnos antes del taller con el tema a tratar.

Las preguntas 1 y 2 muestran que la gran mayoría de los estudiantes conocían el *Sphagnum* (83%), sin embargo, muy pocos habían escuchado hablar de las turberas (20%). Esto llama la atención ya que las turberas y el musgo son muy comunes en la isla. Se ve una disociación entre el musgo y su hábitat, y sobre todo se observa que no eran concientes de los servicios ecosistémicos que prestan las turberas. Éste es un punto crítico a la hora de abordar el problema, ya que no existe conocimiento ni valoración por el ecosistema, sólo se considera el recurso que se puede extraer.

En los resultados de la pregunta 3 se observa que sobre el 50% conoce a personas que trabajan en la extracción o comercialización del pompón, lo que nos reafirma que los alumnos están relacionados con el tema, pero su conocimiento se limita a que es un recurso comerciable.

La pregunta 4 se dirigió a conocer el grado de aceptación del taller. La totalidad de los alumnos se sintieron muy motivados o motivados. Se observó una muy buena aceptación, los estudiantes se mostraron participativos e interesados en el tema.

La quinta pregunta desvela que la realización de los experimentos y conocer las plantas que viven en las turberas, fueron las actividades que más gustaron del taller. Las actividades de mayor dificultad fueron reconocer las plantas y recordar los nombres, y resolver el crucigrama, tal como lo señalan las respuestas de la pregunta 6.

Las respuestas obtenidas en la séptima pregunta dan a entender que se cumplió el objetivo del taller, la gran mayoría de los estudiantes señalaron que lo más importante que aprendieron fue el relevante rol de las turberas y del pompón. Las actividades desarrolladas pudieron transmitir el mensaje que se quería y se pudo además reforzar contenidos curriculares durante el desarrollo del taller como la fotosíntesis, el efecto invernadero, separación de mezclas, ciclos biogeoquímicos, etc.

3.3.2. ECOTURISMO CON LUPA EN LAS TURBERAS DE CHILOÉ.

Introducción

El ecoturismo se puede definir como aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales con el fin de disfrutar y apreciar la naturaleza (así como cualquier manifestación cultural del presente y del pasado), que promueve la conservación, tiene bajo impacto de visita y propicia un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales (Drumm & Moore, 2002).

El ecoturismo debe:

- Tener un bajo impacto sobre los recursos de las áreas naturales protegidas.
- Involucrar a los actores (individuales, comunidades, ecoturistas, operadores turísticos e instituciones gubernamentales) en las fases de planificación, desarrollo, implementación y monitoreo.
- Respetar las culturas y tradiciones locales.
- Generar ingresos sostenibles y equitativos para las comunidades locales y para tantos actores participantes como sea posible, incluidos los operadores turísticos privados.
- Generar ingresos para la conservación de las áreas protegidas.
- Educar a todos los actores involucrados acerca de su papel en la conservación.

(Drumm & Moore, 2002; Gómez & Martínez, 2009)

Este tipo de turismo ha crecido en el último tiempo, en gran medida por el interés que despierta la naturaleza en la sociedad, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos para las poblaciones locales y para la conservación de la naturaleza.

Para los organismos administradores de espacios naturales, las visitas de turistas representan una oportunidad de mostrar sus cualidades y difundir su importancia a la sociedad, al mismo tiempo que significa una fuente de recursos que contribuyen a su mantenimiento y conservación (Kuper, 2009).

Dentro de las definiciones, existen términos relacionados que están frecuentemente conectados al ecoturismo pero no son sinónimos; a continuación mencionamos algunos.

- **Turismo de naturaleza**: este tipo de turismo está basado en la visita de atractivos naturales y está estrechamente relacionado al ecoturismo pero no involucra necesariamente la conservación o la sustentabilidad. Este es el tipo de turismo que existe actualmente en muchas de las áreas naturales sin que se establezca un plan ni se promuevan medidas para la conservación (Drumm & Moore, 2002).
- **Turismo científico**: es aquel que tiene como objetivos específicos la investigación. En estos proyectos los turistas experimentan, estudian y disfrutan un ambiente natural. Dichos proyectos podrían ser considerados como ecoturísticos porque proporcionan información acerca de la ecología del área mientras cumplen con todos los otros criterios del ecoturismo (*op. cit.*). En Chile, podemos destacar el Proyecto de Turismo Científico del CIEP y ExplorAysen, donde los visitantes pueden partici-

par en exploraciones, investigaciones y viajes con un alto contenido científico. De este modo generan oportunidades que pueden apoyar las metas de investigaciones, así como la transferencia de conocimientos al público no especialista (DTS-CIEP, 2010).

- Turismo cultural o de patrimonio cultural: este tipo de turismo presenta como atractivo las tradiciones locales y su gente. En el sentido más estricto en este tipo, el visitante aprende la cultura autóctona más que simplemente presenciar una de sus manifestaciones aisladas. Por ejemplo hacer labores agrícolas. Este tipo de turismo es un elemento del ecoturismo (Drumm & Moore, 2002).

Ecoturismo con lupa

El ecoturismo con lupa es una innovadora forma de exploración a la naturaleza, iniciada el año 2002 en el extremo sur de Chile por la Universidad de Magallanes y la Fundación Omora. Esta iniciativa ha tenido excelentes resultados y ha conseguido reconocimiento a nivel internacional (Roach, 2006; Vesely, 2010).

Este tipo de ecoturismo, se basa en la observación de briófitos y líquenes que normalmente son ignorados por su pequeño tamaño, pero que al detenerse a observarlos se descubre un atractivo mundo.

Rozzi (2006) expone que en 50 metros de una quebrada boscosa, los estudiantes, científicos y turistas pueden pasar horas descubriendo mundos de colores, formas foliares e historias de vida desconocidas en los textos y aulas de educación formal. Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, el “turismo con lupa” presenta la gran ventaja de impactar áreas muy pequeñas; un par de hectáreas son suficientes para descubrir centenares de especies, formas de crecimiento, comunidades bióticas, “microecosistemas”, etc.

En las turberas podemos encontrar un gran número de organismos como aves o plantas vasculares, sin embargo los protagonistas pasan desapercibidos por su pequeño tamaño. Briófitos y líquenes son fundamentales en la composición florística de las turberas, pero lamentablemente son unos de los grupos más desconocidos en la botánica chilena. Es por ello que se considera que el ecoturismo con lupa, se adecua perfectamente a las necesidades de un programa ecoturístico para las turberas de Chiloé.

Taller "Turberas, Ecoturismo y Desarrollo Sustentable"

Como una forma de promover la incorporación del ecoturismo con lupa en la oferta de turística de intereses especiales de la isla, se ideó un taller para entregar conceptos básicos sobre rol ecológico de las turberas y sus características, con especial énfasis en la flora brio-liquénica. La actividad se dirigió a guías turísticos locales y personas relacionadas con el turismo y en la conservación del medio ambiente.

Para esta actividad se elaboró un cuadernillo que contenía antecedentes teóricos sobre las turberas y su ecología, se dio información sobre el turismo con lupa y se entregaron los conocimientos botánicos básicos sobre musgos, hepáticas y líquenes. Ver cuadernillo completo en anexo digital II.

El taller realizado en noviembre de 2011, tuvo una duración de 10 horas cronológicas y fue dividido en cinco bloques temáticos:

- i) ¿Qué son las turberas? Experiencias en las turberas de Chiloé.
- ii) ¿Qué es el ecoturismo con lupa? ¿Cómo aplicarlo en turberas?
- iii) Plantas criptógamas, principales grupos y sus características.
- iv) Métodos de recolección y conservación de plantas.
- v) Actividades prácticas: uso de lupa de mano y morfología e identificación de briófitos.

Los cuatro primeros bloques fueron actividades teóricas, con exposición de tipo conferencias y rondas de preguntas.

El quinto bloque correspondió a actividades prácticas, en ellas se enseñó el manejo de una lupa de mano, se identificaron de forma sencilla briófitos y líquenes con una guía de campo diseñada especialmente para la actividad (anexo digital III) y se realizaron las dos primeras actividades del taller para escolares a modo de ejemplo.

El taller tuvo una muy buena convocatoria, asistieron guías turísticos, encargados de turismo de distintos municipios de la isla, una autoridad provincial de turismo, una empresaria que comercializa *Sphagnum* y profesionales de servicios públicos relacionados con el tema como el Ministerio de Medio Ambiente, el Gobierno Regional y la Corporación Nacional Forestal. Fue una instancia muy interesante de debate, donde todos los participantes pudimos discutir el tema y enfrentar el desafío planteado por la problemática ambiental de las turberas. Ver fotografías de la actividad en la Fig. 3.7.



Fig. 3.7. Fotografías de las etapas del taller "Turberas, Ecoturismo y Desarrollo Sustentable".

3.3.3. ELABORACIÓN DE MATERIAL DIVULGATIVO

La divulgación de la importancia y las amenazas que padecen las turberas son importantes para el éxito de cualquier iniciativa de conservación. En consideración a esto se planteó como un objetivo para la educación ambiental la elaboración y edición de diversos productos de difusión dirigidos al público en general, que hiciesen referencia a los servicios ecosistémicos que prestan las turberas y a la importancia que tienen para la isla, con el fin de promover la preservación y el desarrollo sostenible de estos ecosistemas.

a) **Guía fotográfica de Musgos, Hepáticas y Líquenes de ecosistemas turbosos de la Isla Grande de Chiloé.** Guía en formato cuadríptico, diseñada especialmente para la práctica de ecoturismo con lupa. Anexo digital III.

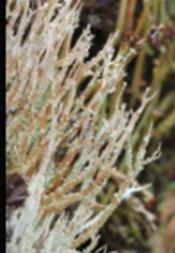
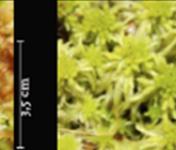
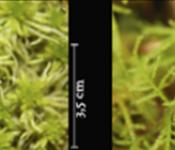
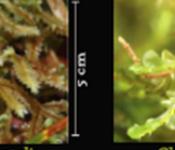
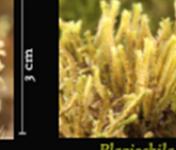


b) Poster Musgos, Hepáticas y Líquenes de Chiloé. Cartel tamaño A3. Anexo digital IV.



Turberas
Chiloé
www.turberas.cl
Biodiversidad + Agua + Carbono

MUSGOS, HEPÁTICAS Y LÍQUENES

 <i>Cladonia lepidophora</i> Ahti & Kashiw. 3 cm	 <i>Cladonia bellidiflora</i> (Ach.) Schaer. 4 cm	 <i>Cladonia gracilis subsp. elongata</i> (Wulfen) Vain 3,5 cm	 <i>Cladonia squamosa</i> (Scop.) Hoffm. 2,5 cm	 <i>Cladia aggregata</i> (Sw.) Nyl. 4 cm
 <i>Cladonia arbuscula subsp. squarrosa</i> (Wallr.) Ruoss 5 cm	 <i>Hypnum chrysogaster</i> Müll. Hal. 1,5 cm	 <i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G.L. Sm. 5 cm	 <i>Riccardia prehensilis</i> (Hook. & Tayl.) C. Massal. 1,5 cm	 <i>Riccardia rivularis</i> Hässel 2 cm
 <i>Sphagnum magellanicum</i> Brid. 3,5 cm	 <i>Sphagnum falciculatum</i> Besch. 3,5 cm	 <i>Rigodium pseudothuidium</i> Dusén 2 cm	 <i>Dicranoloma billardierei</i> (Brid.) Paris 3,5 cm	
 <i>Bazzania peruviana</i> (Nees) Trevis. 3 cm	 <i>Chiloscyphus horizontalis</i> (Hook.) Nees 5 cm	 <i>Chiloscyphus humilis</i> (Hook. f. & Taylor) Hässel 3 cm	 <i>Jamesoniella colorata</i> (Lehm.) Stephani 2 cm	
 <i>Lepicolea ochroleuca</i> (L. f. ex Spreng.) Spruce 3 cm	 <i>Plagiochila stictaeola</i> Mont. & Gottsche 2,5 cm	 <i>Porella subsquarrosa</i> (Nees & Mont.) Trevis. 3 cm	 <i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid. 1,5 cm	





DISEÑO Y TEXTOS: C. León Valdebenito & G. Oliván Martínez. FOTOGRAFÍAS: A. Benítez Mora
CONTACTO: cleonval@pdi.ucm.es MÁS INFORMACIÓN EN: www.turberas.cl
FINANCIAMIENTO: PROYECTOS AECID A/025081/00, Cooperación UCM 419804, AECID A/030001/10
AGRADECIMIENTOS: I. Municipalidad de Dalcahue, Mirador de Chepu, Fundación Senda Darwin.




c) **Tríptico informativo.** Folleto tamaño A4, que explica de forma general y sencilla la importancia de las turberas. Anexo digital V.

¿Por qué debemos cuidar las turberas en Chiloé?

Porque podemos perder los muchos beneficios que nos entregan, por ejemplo:

- Perder biodiversidad endémica y bellos paisajes, importantes en actividades turísticas y recreativas.
- Se elimina valiosa información científica que se ha almacenado durante miles de años.
- La sobreexplotación y las malas prácticas de cosecha de *Sphagnum* y turba, llevan a un agotamiento y pérdida del recurso.
- Si se drenan y destruyen las turberas no podrán cumplir su rol de reservorios de agua dulce, poniendo en riesgo el suministro de agua para la isla.
- Las turberas han secuestrado y almacenado carbono atmosférico durante miles de años, pero la degradación y drenaje de estos ecosistemas, altera este rol, transformándolas en emisoras de CO₂ y contribuyentes nocivos al cambio climático.

AGRADECIMIENTOS:





PROYECTOS
AECID A/025081/09
Cooperación UCM 4138114
AECID A/030011/10
Universidad Complutense de Madrid
España
deonval@pdi.ucm.es
www.turberas.cl




Carolina León Valdebenito
Gisela Oliván Martínez
Esther Fuertes Lasala

¿Qué son las turberas?

Las turberas son un tipo de humedal, un ecosistema donde se produce y acumula progresivamente materia orgánica muerta, que proviene de plantas adaptadas a vivir en sitios inundados de agua, con un bajo contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes.



¿Qué es la turba?

La turba es materia orgánica muerta que consta de 90 % de agua y 10% de restos de plantas (briófitos, líquenes, plantas herbáceas, entre otros). Este material se conserva por miles de años debido a las condiciones ambientales de las turberas: saturación permanente de agua, bajos niveles de oxígeno y altos niveles de acidez.



¿Cómo se formaron las turberas en Chiloé?

Hace miles de años atrás la Región de Los Lagos estuvo cubierta por grandes mantos de hielo glacial, posteriormente con el aumento de la temperatura, los grandes cuerpos de hielo se comenzaron a derretir, dejando grandes masas de agua que formaron lagos y lagunas. En estos sectores comenzó a crecer vegetación que se fue depositando en el interior, una de las plantas más importantes ha sido el musgo *Sphagnum*. Estas plantas debido a que vivían en lugares inundados de agua, con reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes, no se fueron descomponiendo totalmente y se han ido depositando por capas durante miles de años, formando así las turberas que hoy vemos.

Por otra parte, en la región podemos encontrar otras áreas dominadas por *Sphagnum*, pero que tienen un origen distinto. Estos lugares con suelos inundados, también son colonizados por este musgo, pero luego de la quema o tala rasa de bosques con suelos anegados como tepuales, cipresales o alerzales. Una vez que el bosque es retirado, en ese suelo inundado crece el *Sphagnum*, que tal como en el caso anterior se va acumulando, originando una turbera joven que tiene una delgada capa de turba. Estas turberas se han llamado antropogénicas, esto quiere decir que se han formado por la acción humana.

¿Por qué son importantes las turberas?

Porque entregan muchos beneficios a las personas y al planeta, como:

- Conservar la diversidad de flora y fauna autóctona.
- Son reservorios de agua dulce y regulan el ciclo hidrológico.
- Actúan como filtro natural hacia las aguas subterráneas y retienen compuestos nocivos como metales pesados.
- Almacenan carbono a través de la fijación de CO₂ que está en la atmósfera y se acumula en las capas de turba.
- Guardan una gran cantidad de información científica.
- Generan productos útiles para el hombre como la turba o el *Sphagnum* vivo.



d) **Carteles informativos.** Pósters tamaño A0 exhibidos en la feria costumbrista en Dalcahue. Tras el evento fueron donados a la municipalidad de dicha ciudad para la exhibición permanente en el Parque Comunal Teguel. Anexos digitales VI, VII, VIII y IX.

Chiloé Turberas

Biodiversidad + Agua + Carbono

LAS TURBERAS Y LA TURBA

¿Qué son las turberas?
Las turberas son un tipo de humedal, un ecosistema donde se produce y acumula progresivamente materia orgánica muerta, que proviene de plantas adaptadas a vivir en sitios inundados de agua, con un bajo contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes.



Turbera Laguna Los Cauales, Dalcahue, Chile

¿Qué es la turba?
La turba es materia orgánica muerta que consta de 90% de agua y 10% de restos de plantas (briofitos, líquenes, plantas herbáceas, entre otros). Este material se conserva por miles de años debido a las condiciones ambientales de las turberas: saturación permanente de agua, bajos niveles de oxígeno y altos niveles de acidez.



Perfil de turba

Sphagnum, Musgos de Turbera o "Peat Moss"
Estos musgos forman grandes céspedes o almohadillas, de color verde, amarillento o rojizo, que se van acumulando por capas y se transforman en turba, cuya deposición prolongada origina las turberas. Se caracteriza por poseer ramas agrupadas a lo largo de los tallos; presentan dos tipos de células en los filidios (pequeñas hojitas), unas verdes, con clorofila llamadas clorocitos y las otras grandes, transparentes, huecas y porosas denominadas hialocitos. Soportan vivir en hábitats con elevada acidez, humedad, anóxicos; toleran y requieren baja concentración de nutrientes, y son resistentes a la pudrición. Una de las características más relevantes es la gran capacidad de almacenar agua: pueden retener hasta 20 veces su peso seco. En comparación, el algodón tan solo absorbe de 4 a 6 veces su peso seco. Los esfagnos son utilizados en jardinería como sustrato, entre muchos otros usos, lo que ha propiciado la destrucción de muchas turberas.



Células de Sphagnum teladas



Sphagnum florido



Sphagnum magisterianum (rojo) y Sphagnum foliosum (verde amarillento)

TEXTOS: Carolina Zambrano y Cristián Rivera Martínez
FOTOGRAFÍAS: Alfonso Rodríguez
DISEÑO: María José Zambrano
FINANCIAMIENTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT), MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA, MINISTERIO DE CHILE, FUNDACIÓN SIDA CHILE

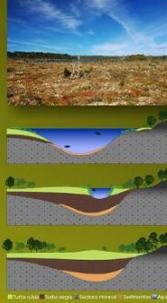
Chiloé Turberas

Biodiversidad + Agua + Carbono

ORIGEN DE LAS TURBERAS

¿Cómo se formaron las turberas en Chiloé?

Turberas de origen glaciar
Hace miles de años atrás la Región de Los Lagos estuvo cubierta por grandes mantos de hielo glaciar que cubrieron el valle central de la región y parte de la Isla Grande de Chiloé. Posteriormente con el aumento de la temperatura, debido a la baja de la actividad glaciar, grandes cuerpos de hielo se comenzaron a derretir, dejando grandes masas de agua que formaron lagos y lagunas.



En estos sectores comenzó a crecer vegetación que se fue depositando en el interior; una de las plantas más importantes ha sido el musgo *Sphagnum*. Estas plantas debido a que vivían en lugares inundados de agua, con reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes, se fueron descomponiendo parcialmente y se han ido depositando por capas durante miles de años, formando así las turberas que hoy vemos.

Turberas de origen antrópico
Por otra parte, en la Región de Los Lagos podemos encontrar otras áreas dominadas por *Sphagnum*, pero que tienen un origen distinto. Estos lugares con suelos inundados, también son colonizados por este musgo, pero luego de la quema o tala rasa de bosques con suelos anegados como tepuales, cipresales o alerzales.

Una vez que el bosque es retirado, en ese suelo inundado crece el *Sphagnum*, que tal como en el caso anterior se va acumulando, originando una turbera joven que tiene una delgada capa de turba. Estas turberas se han llamado antropogénicas, esto quiere decir que se han formado por la acción humana.



TEXTOS: Carolina Zambrano y Cristián Rivera Martínez
FOTOGRAFÍAS: Alfonso Rodríguez
DISEÑO: María José Zambrano
FINANCIAMIENTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT), MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA, MINISTERIO DE CHILE, FUNDACIÓN SIDA CHILE

Chiloé Turberas

Biodiversidad + Agua + Carbono

IMPORTANCIA DE LAS TURBERAS

¿Por qué son importantes las turberas?
Las turberas entregan muchos beneficios a las personas y al planeta, por ejemplo:

- Ayudan a la conservación de la biodiversidad porque son refugio de especies inusuales de la flora y fauna autóctona.
- Intervienen en la regulación del ciclo hidrológico, ya que tienen una gran capacidad de retener agua, almacenan el agua lluvia y luego la liberan lentamente a ríos y aguas subterráneas, entre otros. También actúan como filtro natural hacia las aguas subterráneas, reducen sedimentos y retienen compuestos nocivos como metales pesados.
- Almacenan carbono a través de la fijación de CO₂ que está en la atmósfera y se acumula en las capas de turba. Comparado con otros ecosistemas las turberas son las que acumulan la mayor cantidad de carbono, superando a los bosques, por lo que son muy importantes para combatir el cambio climático.
- Guardan una gran cantidad de información científica. Al acumularse la turba se van depositando indicadores como el polen, que puede ser estudiado y usado para reconstruir la vegetación y el paisaje del pasado y averiguar antecedentes de los climas anteriores. También pueden preservar restos arqueológicos en buenas condiciones.
- Generan productos útiles para el hombre como la turba o el *Sphagnum* seco que es usado como sustrato en jardinería, como aislante térmico, filtro y como combustible fosil.



¿Por qué debemos cuidar las turberas en Chiloé?
Las turberas nos entregan muchos beneficios, que podemos perder si no las conservamos y usamos de forma racional. Por ejemplo:

- Si se drenan y destruyen las turberas no podrán cumplir su rol de reservorios de agua dulce, lo que es un grave problema para Chiloé, ya que su única fuente de agua dulce proviene de la lluvia, porque no hay suministro de agua a partir de deshielos de montañas como ocurre en el continente.
- Las turberas han secuestrado y almacenado carbono atmosférico durante miles de años, pero la degradación y drenaje de estos ecosistemas, altera este rol. Cuando los suelos de turba normalmente húmedos entran en contacto con el aire comienzan a oxidarse y descomponerse, liberando dióxido de carbono, lo que los transforma en emisores de CO₂ y contribuyentes nocivos al cambio climático.
- Podemos perder biodiversidad endémica y bellos paisajes importantes en actividades turísticas y recreativas.
- Se elimina valiosa información científica que se ha almacenado durante miles de años.
- La sobreexplotación y las malas prácticas de cosecha, llevan a un agotamiento del recurso, no hay regeneración y en consecuencia se perderá esta actividad económica en la isla.

TEXTOS: Carolina Zambrano y Cristián Rivera Martínez
FOTOGRAFÍAS: Alfonso Rodríguez
DISEÑO: María José Zambrano
FINANCIAMIENTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT), MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA, MINISTERIO DE CHILE, FUNDACIÓN SIDA CHILE

Chiloé Turberas

Biodiversidad + Agua + Carbono

HABITANTES DE LAS TURBERAS

En las turberas podemos encontrar muchos seres vivos como aves, insectos, hierbas, arbustos, entre muchos otros. Sin embargo, hay unos pequeños organismos que pasan desapercibidos, pero son muy importantes en estos ecosistemas, estos son, BRIOFITOS, LIQUENES Y PLANTAS INSECTÍVORAS.

BRIOFITOS
Son organismos pequeños, las plantas terrestres vivientes más primitivas, no tienen sistema vascular y dependen del agua para su reproducción sexual. De este grupo en las turberas de Chiloé encontramos Hepáticas y Musgos.



Junceaella colorata Lohm., *Sphagnum* *Deschampsia* *Deschampsia* *Deschampsia*

HEPÁTICAS
Son plantas pequeñas, en general de menor tamaño que los musgos. Se reconocen dos tipos de formas: talosa y foliosa. En las formas foliosas, las plantas presentan una especie de tallo llamado caudillo provisto de pequeños pedúnculos como hojas llamadas filidios que están dispuestos en tres filas. Las Hepáticas más relevantes de las turberas son: *Acetabularia* (Hepática foliosa), *Racomitrium* (Hepática), *Leucocarpus* (Hepática foliosa), *Calyptopogon* (Hepática foliosa), etc.



Leucocarpus *Leucocarpus* *Leucocarpus*

LIQUENES
Los líquenes son el resultado de la asociación entre un hongo (micobionta) y un alga o cianobacteria (fotobionta). Estos organismos establecen una relación beneficiosa para ambos. El micobionta da el soporte y la protección para que el fotobionta pueda vivir y a su vez éste le entrega alimento (azúcares) que produce en la fotosíntesis.



Cladonia *Cladonia* *Cladonia*

PLANTAS INSECTÍVORAS
Estos organismos son capaces de atrapar pequeños animales para nutrirse de ellos. Tienen hojas modificadas que poseen ganchos que se utilizan sustentados para capturar y digerir pequeños organismos como insectos, crustáceos, gusanos, etc. Crecen en ambientes pobres en nutrientes, especialmente en nitrógeno. En estas condiciones capturan animales para complementar sus necesidades nutricionales. En las turberas de Chiloé podemos encontrar dos especies: *Pinguicula lusitanica* y *Drosera rotundifolia*, siendo esta última la más común. Los insectos más comunes y fáciles de atrapar son hojas de colores rojos, melancólicos dispuestas en una línea y poseen glándulas pegajosas que atraen a sustancias pegajosas.



Drosera rotundifolia (Drosera), *Pinguicula lusitanica* (Pinguicula)

TEXTOS: Carolina Zambrano y Cristián Rivera Martínez
FOTOGRAFÍAS: Alfonso Rodríguez
DISEÑO: María José Zambrano
FINANCIAMIENTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (CONICYT), MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA, MINISTERIO DE CHILE, FUNDACIÓN SIDA CHILE

e) **Juegos.** Actividades que fueron desarrolladas en la feria costumbrista por adultos, jóvenes y niños. Anexos digitales X, XI y XII.


CRIFTOGRAMA
 Encuentra el mensaje oculto.

Y W G N F Q S O Q W G O A N Q O D W A
 X F T J G O A O Z C K C J G W
 Y W G K O Q G J A W G H W Y
 K Y W A G W K F A G O Q U W A Y W
 S C J L C U O Q G C L W L
 W Y X W R O A W A W D F W
 W R F X F Y W A K W Q S J A J
 K Q J L F R O N F Q S W H
 G K T W D A F X H K J A N C O A O A
 C X K J Q W A A O
 C A Z J Q X W R C J A
 R C O A N C Z C R W

PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

X


Solución

L A S T U R B E R A S E N T R E G A N
 Y W G N F Q S O Q W G O A N Q O D W A
 X F T J G O A O Z C K C J G W
 L A S P E R S O N A S Y A L
 Y W G K O Q G J A W G H W Y
 P L A N T A C O N S T R U C T I V A
 K Y W A G W R J A S O Q U W A Y W
 B I O D I V E R S I D A D
 S C J L C U O Q G C L W L
 A L H I C I E N A N A D U A
 W Y X W R O A W A W D F W
 A C U M U L A N C A R B O N O
 W E F F Y W A E W S J A J
 P R O D U C E T U R A Y
 K Q J L F R O N F Q S W H
 S P H A G N U M Y C O N T I E R E N
 G K T W D A F X H K J A N C O A O A
 I M P O R T A N T E
 C X K J Q W A A O
 F I N O R M A C I O N
 C A Z J Q X W R C J A
 C I E N T I F I C A
 R C O A N C Z C R W

PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

X


SOPA DE LETRAS
 Encuentra las 12 palabras relacionadas con las turberas de esta sopa de letras

E	G	D	I	N	I	A	F	H	I	V	Z	T	L	B
T	O	S	J	M	S	Y	W	F	A	E	P	D	O	I
G	M	X	K	R	J	P	A	I	N	O	D	A	L	C
B	S	K	E	K	S	J	H	S	R	H	K	W	W	O
W	O	H	K	P	H	T	E	A	Z	W	F	K	R	D
O	G	E	D	J	H	N	Y	L	G	V	O	U	Q	H
A	S	P	I	C	E	G	A	W	K	N	G	U	O	D
Q	U	A	T	U	Q	T	G	I	V	W	U	F	C	T
Y	M	T	Q	Y	B	K	O	W	N	R	E	N	P	U
K	J	I	F	B	R	I	O	F	I	T	O	S	W	R
L	L	C	S	X	A	V	F	X	K	R	M	J	A	B
J	C	A	R	B	O	N	O	B	W	S	R	U	K	E
P	J	S	A	D	R	O	S	E	R	A	G	X	V	R
A	B	R	U	T	H	O	I	L	L	A	X	E	B	A
P	G	S	E	L	A	N	O	P	M	O	P	O	I	S

1.- 7.-
 2.- 8.-
 3.- 9.-
 4.- 10.-
 5.- 11.-
 6.- 12.-

PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

XI


Solución

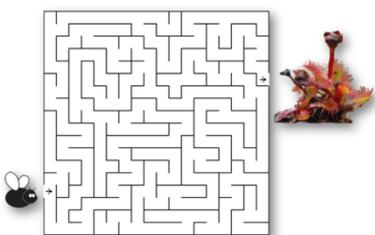
				S										
				P	A	I	N	O	D	A	L	C		
	S				H	S								
	O	H			E	A								
	G	E			N		G							
	S	P		E			N							
	U	A	U					U				T		
	M	T	Q								M	U		
	I	B	R	I	O	F	I	T	O	S	R			
	L	C										A	B	
	C	A	R	B	O	N	O				U	E		
	S	D	R	O	S	E	R	A	G		R			
A	B	R	U	T				A				A		
	S	E	L	A	N	O	P	M	O	P				S

Agua Briofitos Carbono Cladonia Drosera
 Hepaticas Liqueños Musgos Pomponales Sphagnum
 Turba Turberas

PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

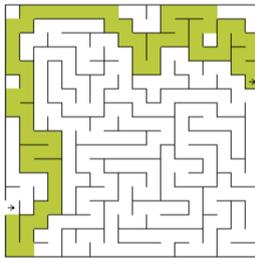
XI


LABERINTO
 Ayuda a la planta insectívora Drosera a cazar a la mosca, encontrando el camino.



PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

XII



PROYECTO ASESOR AUSTRON 1109 - Copiamos Chile 4 130 114 - ASCE AUSTRON 1110
 Universidad Composita de Maipo - España
 www.aggilab.com - www.turberas.cl

XII

f) Diseño y desarrollo de página web

Con el fin de divulgar los objetivos y resultados obtenidos por este trabajo se diseñó y desarrolló una página web donde se expone la información mediante textos, diagramas y fotografías propias. También se elaboró una galería fotográfica animada con el material fotográfico conseguido en las campañas de campo (Fig. 3.8.).

La página fue alojada en un servidor de la Universidad Complutense de Madrid, cuyo URL es: http://linneo.bio.ucm.es/criptogamas/proyecto_ucm/proyectos.html y en un servidor privado cuya dirección electrónica es: <http://www.turberas.cl>

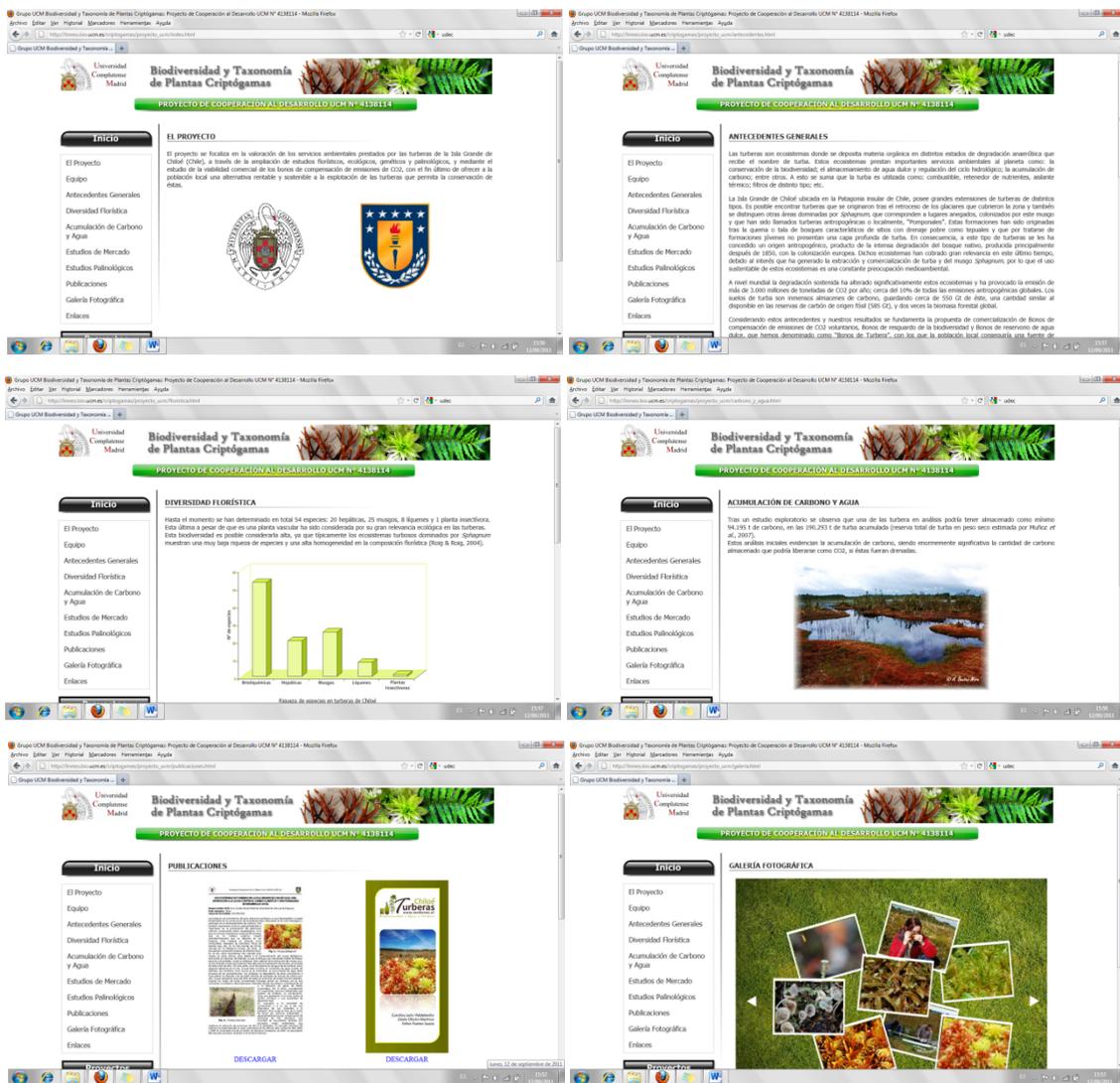


Fig. 3.8. Fotografías página web.

Encuentro Campesino y Feria de Intercambio Agrícola de Dalcahue 2011.

La distribución de los materiales antes mencionados fue realizada a través de un *stand* instalado en el Encuentro Campesino de Dalcahue desarrollado en el Parque Municipal en noviembre de 2011. Dicha actividad costumbrista es una de las actividades sociales más importante de la isla, que atrae a miles de personas, donde las comunidades rurales son las protagonistas. Se realizan muestras gastronómicas, exposiciones de artesanía, costumbres y tradiciones, actividades recreativas para las familias, entre otras.

A los asistentes del evento, se les daba una mini charla, se les entregaba un tríptico informativo y para finalizar se les invitaba a escoger un filidio de los musgos y hepáticas de papel dispuestos en un panel (Fig. 3.9. f), cada uno de los filidios otorgaba un premio, uno de los artículos ecológicos diseñados para el evento (bolsa, mochila, bolígrafo o libreta) (Fig. 3.9. i).

También se desarrollaron actividades prácticas con niños y adultos, como observar con lupas briófitos y líquenes, resolver acertijos, sopas de letras, laberintos, etc.

Se consiguió una buena acogida y alto grado de participación del público, tanto de adultos como niños, llamando la atención especialmente la disposición de los adultos en participar en juegos. En estas actividades se entregó gran parte del material informativo y artículos ecológicos confeccionados y el material restante fue donado a la municipalidad para su posterior distribución en la comuna. Ver fotografías en Fig. 3.9.

Se estima que alrededor de 500 personas realizaron alguna de las actividades en el *stand*.



Fig. 3.9. Fotografías Encuentro Campesino Dalcahue.

3.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La educación ambiental es uno de los medios más indicados para el rescate de valores que incluyen el respeto por la diversidad cultural y biológica, fundamental para la conservación y para la convivencia armónica de las diferentes culturas con la naturaleza (Machado, 2002). En este sentido, la educación es vital para afrontar la problemática ambiental existente en las turberas de Chiloé.

Esta educación debe llegar a todos los sectores de la población, desde aquellos quienes toman decisiones hasta los ciudadanos, con especial énfasis en los actores clave del problema.

A nuestro juicio la educación ambiental sobre turberas, debe enfocarse tanto en la educación formal como informal. Se debe realizar un programa fuerte y con múltiples estrategias, debido al avance de un problema ambiental que no ha sido contenido debidamente.

Es preciso dirigir los esfuerzos a continuar con la capacitación de las personas que trabajan en la recolección de musgo como lo ha venido haciendo la Fundación Senda Darwin. Seguir avanzando en la educación de las personas que tienen influencia política y a las personas encargadas de tomar decisiones, como lo que ha realizado la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente y el Gobierno Regional de Los Lagos, en sus talleres para jueces de letras y a municipios. Además de seguir desarrollando programas para público general como las desarrolladas en este trabajo, para integrar a la comunidad en el problema y también en la solución.

Nuestra propuesta ha sido desarrollar acciones encaminadas a llegar a dos segmentos, un eje de educación formal enfocado principalmente a las escuelas de enseñanza básica y el otro a través de educación informal dirigido a la comunidad general y a los turistas que visitan la zona.

La primera propuesta es contextualizar los contenidos mínimos obligatorios entregados por el Ministerio de Educación, con la realidad ambiental de la isla de Chiloé, insertando actividades como la señalada en el apartado 3.3.1 u otras, que den a conocer la importancia de las turberas y los humedales. Gomar (2009) señala que la educación formal ofrece oportunidades para un aprendizaje progresivo, que no es posible garantizar en otros contextos. La formación ambiental de niños, niñas y jóvenes no sólo es crucial por lo que significará de mejora en el futuro, sino también por la importante influencia que ejercen sobre sus familiares y adultos próximos en el presente. En este sentido, tienen especial interés las iniciativas educativas que, por su carácter ejemplarizante y dinamizador en su ámbito local, inciden más allá de las propias aulas.

Como inicio, se realizaron talleres pilotos para ver la respuesta de los estudiantes, pero para incorporar este tema en el currículo escolar, se requiere realizar una serie de gestiones con el Ministerio de Educación, además de fortalecer y profundizar los conocimientos que tienen los docentes sobre las turberas. Creemos que es una apuesta viable y que se puede potenciar aprovechando redes ya establecidas como la Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos.

El segundo eje se enfoca al ecoturismo, particularmente al ecoturismo con lupa. Machado (2002) indica que las áreas naturales son ideales para el aprendizaje a través de la expe-

rimentación directa, lo que favorece la incorporación de valores amplios, pudiéndose así despertar un mayor interés y motivación en cuanto a compromiso y participación alrededor de cambios que reflejen la integración de las poblaciones locales con la naturaleza.

El turismo es una de las principales actividades económicas de Chiloé (Ramírez *et al.*, 2009), por lo que la inclusión de las turberas en la oferta turística de la zona proporciona al turista momentos de recreación y un proceso de educación ambiental mediante el conocimiento del entorno y concienciación de su importancia, de una forma innovadora.

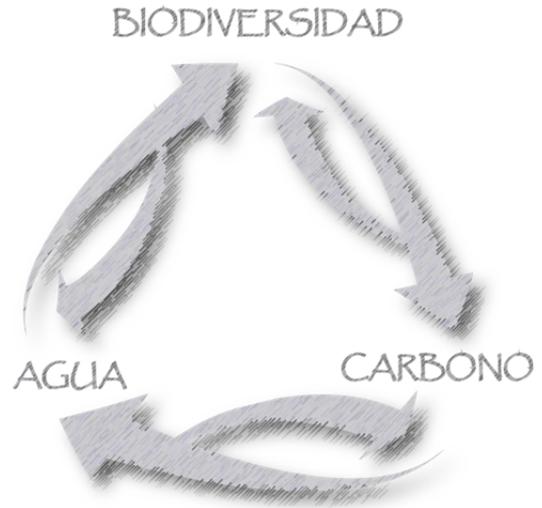
Durante el desarrollo de todas las actividades señaladas en este capítulo, vimos un significativo interés de las autoridades locales por el tema. Se crearon importantes redes de contacto para continuar trabajando. Sin embargo, creemos que necesario que la mesa provincial de humedales, una valiosa iniciativa del Ministerio de Medio ambiente y del Gobierno Regional, que reúne a distintos actores públicos y privados, debería ser potenciada, de modo que esta instancia lidere las posibles acciones futuras respecto al tema.

Finalmente, es de interés señalar que lo realizado en el ámbito de la educación ambiental nos plantea el desafío de continuar con actividades que promuevan la importancia de las turberas. Es preciso transmitir el conocimiento científico al público general. Difundir de forma sencilla pero rigurosa la problemática y la forma de combatirlo. Como es sabido, “sólo se protege lo que se ama, y sólo se ama lo que se conoce”.

3.5. REFERENCIAS

- DÍAZ, M. F. 2008. Guía práctica de terreno para realizar un manejo sustentable del pompón (*Sphagnum magellanicum*). Fundación Senda Darwin. http://www.sendadarwin.cl/espanol/wp-content/uploads/2009/12/guia_de_terreno_ponpon.pdf.
- DRUMM, A. & MOORE, A. 2002. Ecotourism Development – A Manual for Conservation Planners and Managers, Volume 1: An Introduction to Ecotourism Planning The Nature Conservancy Arlington, Virginia, USA.
- DTS-CIEP. 2010. *Turismo Científico para Aysén: una propuesta para el turismo sustentable y la valorización de nuestro territorio*. Departamento de Turismo Sustentable - Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia. <http://www.turismocientifico.cl/noticias/NoticiasRec4.html>.
- FAMP. 2011. *Guía práctica para la elaboración de proyectos de educación ambiental en lo local*. Federación Andaluza de Municipios y Provincias.
- FUENTEALBA, V. 2008. Biodiversidad en la educación formal. Educación para valorar la biodiversidad. 614-617. In: CONAMA (ed.). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Editores. Santiago de Chile.
- GOMAR, L. 2009. La educación ambiental en el aula. In *Experiencias Educativas*.
- GÓMEZ, G. & MARTÍNEZ, A. 2009. Alternativas para el turismo de naturaleza. Caso de estudio. Soroa. Pinar del Río. Cuba. Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural 7: 197-218.
- HAUSER, A. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus respectivas de utilización. Revista Geológica de Chile 23 217-229.
- HESELINK, F., GOLDSTEIN, W., VAN KEMPEN, P. P., GARNETT, T. & DELA, J. 2007. La Comunicación, Educación y Conciencia Pública (CEPA): Una caja de herramientas para personas que coordinan las estrategias y planes de acción nacionales sobre diversidad biológica. Secretaría Convenio de Diversidad Biológica, Montreal. 312 pp.
- KUPER, D. 2009. Turismo y preservación ambiental: el desarrollo turístico de Península Valdéz, Provincia de Chubut. Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural 7: 85-97.
- MACHADO, S. 2002. *La importancia de la educación ambiental en la protección de la biodiversidad de Brasil*. <http://www.mre.gov.br/dc/espanol/textos/revistaesp9-mat7.pdf>.
- MINEDUC. 2009. *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media*. Ministerio de Educación - Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 422 pp.
- MMA. 2010. *Guía para una educación ambiental local-PEDAL*. Ministerio de Medio Ambiente - Gobierno de Chile & Agencia de Cooperación Internacional del Japón - Chile.
- PROSSER, C. 2006. Guía para la Implementación Pedagógica de la Educación Ambiental. Departamento de Educación Ambiental y Participación Ciudadana - CONAMA.
- RAMÍREZ, E., MODREGO, F., MACÉ, J. C. & YÁÑEZ, R. 2009. *Caracterización de los actores de Chiloé Central. Documento de Trabajo N° 55. Programa Dinámicas Territoriales Rurales*. Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural Santiago, Chile.
- RAMSAR. 2004. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- ROACH, J. 2006. Unique Mosses Spur Conservation, Ecotourism in Chile. In *National Geographic News*.
- ROZZI, R. 2006. Biodiversidad en la educación informal: turismo sustentable en Cabo de Hornos. 628-630. In: Medioambiente, C.N.d. (ed.). Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Santiago, Chile.

- RUIZ-VALERO, C. s.f. *Diseño de proyectos de educación ambiental*. Junta de Andalucía. www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/disenoproyectos.pdf
- SIMMONS, B., MCCREA, E., SHOTKIN, A., BURNETT, D., MCGLAUFILIN, K., OSORIO, R., GEORGIA, A., PRUSSIA, C., SPENCER, A. & WEISER, B. 2009. *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. North American Association for Environmental Education (NAAEE) & Proyecto Nacional para la Excelencia en Educación Ambiental. México.
- VEGA-MARCOTE, P. & ÁLVAREZ-SUÁREZ, P. 2005. Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 4.
- VESELY, C. 2010. Turismo con lupa por los bosques más pequeños del mundo. *Escapada cono sur*. *Travesías* 93: 25-29.



CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE PAGO POR
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
DE LAS TURBERAS DE CHILOÉ

CAPÍTULO IV PROPUESTA PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

4.1. INTRODUCCIÓN

4.1.1. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES

Los servicios ambientales se definen como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2005). También reciben el nombre de servicios ambientales de los ecosistemas o servicios ecosistémicos (Cabrera & Rojas, 2009). Del Álamo *et al.* (2010) sugieren reservar el concepto de ecosistémicos para definir a aquellos que proceden exclusivamente de los ecosistemas, por ejemplo quedarían fuera las depuradoras y todos los proyectos industrializados.

Los ecosistemas proporcionan una amplia gama de servicios a la sociedad humana, desde corrientes de agua limpia hasta suelos productivos y secuestro de carbono. Las personas, las empresas y la biodiversidad en sí misma dependen de estos servicios, para insumos de materia prima, procesos de producción y estabilidad del clima. Sin embargo, actualmente muchos de estos servicios ambientales están sub-valorados o ni siquiera tienen un valor financiero (Bracer *et al.*, 2007).

En las últimas décadas ha habido intentos desde la economía ecológica y desde las ciencias naturales para aproximar lenguajes y visiones con el objetivo de poner en valor los servicios ambientales. Uno de estos ejemplos es la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), ésta relaciona las funciones ecológicas, los servicios ecosistémicos y la producción de bienes y servicios, además proponen la clasificación de estos servicios en cuatro categorías:

- a) Servicios de provisión: incluye los productos que se obtienen de los ecosistemas. Por ejemplo: alimentos, fibras, combustible, recursos genéticos, fármacos, medicinas naturales, recursos ornamentales, materias primas, agua dulce, entre otros.
- b) Servicios de regulación: son los beneficios obtenidos a partir de la regulación de los procesos ecológicos. Por ejemplo: regulación de la calidad del aire, regulación climática, regulación del agua, regulación de la erosión, purificación del agua, control de enfermedades, polinización, etc.
- c) Servicios culturales: corresponden a los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y experiencias estéticas. Aquí se incluye la diversidad cultural, valores religiosos y espirituales, valores educativos, valores estéticos, valores del patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.
- d) Servicios de soporte o apoyo: son aquellos servicios necesarios para la producción de todos los otros servicios ecosistémicos. Estos incluyen: formación de suelo, fotosíntesis, producción primaria, ciclo de nutrientes, ciclo del agua, entre muchos otros.

4.1.2. PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SU FUNCIONAMIENTO

En respuesta a las crecientes preocupaciones por la degradación ambiental, están emergiendo transacciones y mercados para los servicios ecosistémicos en varios países alrededor del globo.

En la actualidad existen mercados formales, algunos regulados y otros voluntarios, relacionados con los gases de efecto invernadero, agua e inclusive enfocados a la biodiversidad (Bracer *et al.*, 2007).

Estas iniciativas se fundamentan en la lógica que cuando los servicios ecosistémicos gratuitos escasean debido a la explotación, éstos adquieren un valor económico. Los usuarios externos del servicio pueden interesarse en compensar a los gestores y propietarios locales de recursos para garantizar que los servicios necesarios sean suministrados en el futuro. Consiguientemente, si se efectúa dicha compensación, los proveedores locales del servicio recibirán un ingreso por concepto de sus esfuerzos adicionales de protección (del Álamo *et al.*, 2010).

Wunder (2006) define y establece cinco criterios básicos de un sistema de pago por servicios ecosistémicos (PSE).

Un sistema de PSE es...

- una transacción voluntaria, donde...
- un servicios ecosistémicos (SE) bien definido (o un uso de la tierra que aseguraría ese servicio)...
- es adquirido por al menos un comprador de SE...
- a por lo menos un proveedor de SE...
- sólo si el proveedor asegura la provisión del SE transado.

Según estos criterios el PSE se da dentro de un marco negociado y voluntario que lo distingue de las medidas de mando y control, se establece que lo que se compra debe haber sido bien definido, lo deseable es que sea un servicio medible y que tenga soporte científico. Por lo general, los compradores del servicio monitorean si se han cumplido las condiciones contractuales. Es necesario contar con los aparatos legales y de cumplimiento de las leyes que pueden crear las condiciones para pagos únicos que garanticen la provisión futura de SE en sitios permanentes (Wunder, 2006).

FAO (2009) menciona ejemplos de instrumentos o mecanismos de mercado para PSE como: esquemas de pagos públicos a tenedores de tierras privadas y a dueños de bosques para mantener o realzar los servicios ambientales (incentivo financiero a la conservación); transacciones abiertas entre vendedores y compradores bajo un marco regulatorio con cuotas (ej. Protocolo de Kyoto); arreglos entre privados en los cuales los beneficiarios privados de servicios ambientales contratan directamente con los proveedores de esos servicios (ej. tarifa adicional en el servicios de agua potable por la protección de cuencas); productos eco-etiquetados que aseguren a los compradores que el producto adquirido tiene un desempeño ambiental deseable en términos de conservación de los servicios ambientales; entre otros.

4.1.3. SERVICIOS CON MERCADOS ESTABLECIDOS

Dentro de los servicios ecosistémicos cuatro de ellos destacan de forma especial: el secuestro y almacenamiento de carbono; la protección de la biodiversidad; la protección de cuencas hidrográficas y la belleza escénica (Wunder, 2006). A su vez tres de éstos tienen mercados ya establecidos.

a) Servicio Biodiversidad

La biodiversidad, elemento fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas, se está viendo amenazada por actividades como: el cambio en los usos del suelo, la sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático, la introducción de especies alóctonas, entre otros.

A raíz de esta problemática, son numerosas las iniciativas de compensaciones de biodiversidad que han surgido en todo el mundo. Estas compensaciones que son una categoría de los pagos por servicios ambientales pueden ser reguladas o voluntarias, las primeras están asociadas a regulaciones gubernamentales dirigidas a compensar un daño medioambiental como lo que ocurre en las evaluaciones de impacto ambiental, y las segundas son realizadas por razones éticas o de riesgos de mercado (Carroll, 2008).

Ecosystem Marketplace contabiliza 45 programas de compensación alrededor del mundo, que van desde programas con la banca de mitigación activa (créditos de biodiversidad) a programas con tasas de compensaciones excepcionales. Señalan también otros 27 programas que están en diversas etapas de desarrollo. Dentro de cada programa activo, hay numerosos sitios individuales de compensación, por lo que se cifra en más de 1.100 bancos de mitigación en todo el mundo (Madsen *et al.*, 2011).

Se estima que el tamaño global de este mercado es de 2,4 a 4,0 mil millones de dólares anuales como mínimo, y probablemente mucho más debido a que el 80% de los programas existentes no son lo suficientemente transparentes como para estimar el tamaño de su mercado. El impacto de este mercado incluye por lo menos 187.000 hectáreas de tierra bajo algún tipo de gestión de la conservación o protección legal permanente cada año (*op. cit.*).

b) Servicio Agua

El agua es indispensable para cualquier forma de vida en la Tierra. La garantía de un suministro adecuado de agua dulce es clave para el desarrollo y el funcionamiento de cualquier sociedad humana.

Los ecosistemas prestan gran cantidad de servicios que son fundamentales para asegurar el suministro necesario de agua dulce, sin embargo, los ecosistemas acuáticos y los servicios que prestan son objeto de degradación constante (Greiber, 2010).

En respuesta a la preocupación por la calidad y cantidad de recursos de agua dulce, economistas, políticos, y organizaciones conservacionistas han investigado la voluntad de pagar por estos servicios ambientales.

Los mecanismos de mercado que se han desarrollado para este tipo de servicios ecosistémicos son los pagos por servicios hidrológicos y los programas de calidad de agua. En los primeros, organismos privados o públicos pagan para proteger o mejorar los servicios de cuencas hidrográficas, y en los segundos se compran créditos de compensación para cumplir las obligaciones cuando se establece un límite para niveles de contaminantes (Stanton *et al.*, 2010).

De acuerdo con las estimaciones realizadas por Ecosystem Marketplace alrededor del mundo se han identificado 288 programas de pagos por servicios hidrológicos y programas de calidad de agua, de los cuales 127 estuvieron involucrados activamente en transacciones en 2008. Estos programas están desarrollados e implementados por varios sectores incluyendo gobiernos, privados, ONG y grupos comunitarios. En 2008 el valor de las transacciones de todo este mercado fue estimado en 9,3 mil millones de dólares (op. cit).

c) Servicio Carbono

De todos los mercados ambientales el de carbono es el más conocido y desarrollado. Los créditos de carbono surgieron como un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) establecido por el protocolo de Kioto, que pone precio a una externalidad negativa mediante la compra-venta de asignaciones de emisiones o de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de manera que los países industrializados con obligaciones bajo el protocolo de Kioto logren reducir sus emisiones de GEI, a la vez que se fomenta el uso de tecnologías limpias y la transferencia de recursos a países en vías de desarrollo.

Las reducciones de emisiones de GEI se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER) que equivalen a documentos emitidos por los países en vías de desarrollo a los industrializados que certifican la reducción de emisiones de GEI a la atmósfera, a través de la implementación de proyectos definidos bajo el MDL, tales como: generación de energía renovable, mejora de eficiencia energética de procesos, forestación, entre otros (Ramírez, 2007; Joosten, 2011).

Aquellas reducciones de emisiones que no son contabilizadas bajo el protocolo de Kioto y que no pueden ser acreditadas y transferidas a comercios de emisiones internacionales, pueden ser vendidos en mercados voluntarios de carbono (O'Sullivan & Emmer, 2011). Este mercado fue creado por ciudadanos y organizaciones públicas y privadas que toman conciencia de su responsabilidad en el cambio climático y voluntariamente deciden participar de forma activa.

Pese a la disminución experimentada por la crisis financiera global en 2009 este sector ha tenido un importante incremento (Linacre *et al.*, 2011). En 2010, se estima que se comercializaron 131 Mt de carbono, lo que se traduce en una recaudación de 428 millones de dólares (Peters-Stanley *et al.*, 2011).

Cada vez más la ciudadanía, empresas e instituciones, están utilizando los créditos de carbono para compensar sus emisiones y minimizar su huella ecológica. Las principales motivaciones para la adquisición de los créditos por parte de los privados son: responsabilidad social corporativa, relaciones públicas e imagen, venta de productos que tengan sellos de neutralidad climática y marketing, entre otros (Hamilton *et al.*, 2008).

Los principales compradores han sido las compañías privadas, seguidas de ciudadanos, ONG, instituciones públicas y otros. La mayoría de los compradores han sido europeos (41%), seguidos por estadounidenses (37%), latinoamericanos (5%) y asiáticos (4%) (Peters-Stanley *et al.*, 2011).

Las turberas, a pesar de la importancia que tienen en las emisiones globales, actualmente no se contabilizan bajo el protocolo de Kioto (Joosten & Couwenberg, 2008).

Además, hasta hace poco los proyectos sobre humedales habían estado completamente ausentes de mercados voluntarios. Desde marzo de 2011, VCS (*Verified Carbon Standard*), una empresa certificadora de créditos de carbono voluntario, ha aceptado proyectos sobre turberas como elegibles para la creación de bonos. Este organismo ha creado la categoría PRC (*Peatland Rewetting and Conservation*), en donde proyectos de reinundación de turberas drenadas (RDP) y conservación de turberas sin drenar (CUPP) o parcialmente drenada pueden generar bonos para el mercado voluntario (O'Sullivan & Emmer, 2011).

4.1.4. EXPERIENCIAS EN OTROS PAÍSES

Junto con mercados individuales para cada servicio ecosistémico, existen experiencias en el mundo que integran todas las prestaciones.

Una de las experiencias más destacadas en este ámbito es la desarrollada en el estado de California en Estados Unidos. Esta iniciativa denominada Bancos de Conservación (*Conservation Banks*), consiste en gestionar terrenos, ya sean públicos o privados, para conservar su valor ambiental, especialmente dirigido a proteger hábitats de especies amenazadas o en peligro. En este mercado el elemento que se transa es una unidad de superficie de hábitat a conservar (EcosystemMarketplace, 2012a).

Otra iniciativa similar a ésta son los bancos de mitigación. Ésta está específicamente enfocada en restauración, creación y mejora de humedales para compensar pérdidas inevitables. La idea se basa en la creación de capital natural adicional en zonas degradadas o susceptibles de ser mejoradas ambientalmente, para luego comercializar el capital natural generado. Con el fin de contrarrestar los posibles impactos ambientales que se generen sobre los mismos recursos que se han visto dañados en otro lugar. Esto busca la no pérdida neta de biodiversidad. Por ejemplo, una empresa que genera daños ambientales en su actividad, en lugar de pagar por dañar el medio ambiente, compra créditos que compensen el daño producido. Estas dos iniciativas han sido denominadas en español como bancos de hábitats (Rábade *et al.*, 2008; del Álamo *et al.*, 2010; EcosystemMarketplace, 2012b).

La experiencia latinoamericana de mayor éxito sobre servicios ecosistémicos es la costarricense. En Costa Rica el concepto de pago de servicios ambientales se sustenta en el principio de que los propietarios de bosques y plantaciones forestales, reciben pagos como una medida de compensación por los servicios que estos ecosistemas brindan a la sociedad costarricense en particular y a la comunidad internacional en general.

El Estado costarricense aplica un programa de pago de servicios ambientales por medio del Ministerio de Hacienda, que es el ente encargado de recaudar los recursos, y el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), que le corresponde ejecutar el reconocimiento a los propietarios de bosques y plantaciones por los servicios ambientales que ellos generan, mediante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y el Fondo Nacional de

Financiamiento Forestal (FONAFIFO). El FONAFIFO capta y administra los fondos provenientes del Ministerio de Hacienda y otras fuentes de financiamiento. Entre los años 1997 y 2000 han cubierto un área de 260.239,67 ha distribuidas en todo el país (Chaves & Lobo, 2000), y se estima que el programa genera 19 millones de dólares anualmente (Pagiola, 2008).

En esta iniciativa los servicios ecosistémicos involucrados son: mitigación de gases invernadero, protección de recursos hídricos, valor escénico y biodiversidad (PATFOR, 2010).

Este capítulo tiene como objetivo elaborar una propuesta para la implementación de un sistema de pago por servicios ecosistémicos (PSE) en las turberas de Chiloé. A continuación se entregan los lineamientos básicos para su implementación, identificando los servicios ecosistémicos; sugiriendo vendedores, compradores, estructura institucional; dando la argumentación de la viabilidad del proyecto en Chiloé y evaluando sitios susceptibles a incluir en proyecto de PSE.

4.2. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS TURBERAS DE CHILOÉ

4.2.1. SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS TURBERAS

Tras el estudio de las turberas de Chiloé fue posible identificar numerosos servicios ecosistémicos que están siendo prestados a la isla. En la tabla 4.1 se presentan dichos servicios agrupados en cuatro categorías.

Categoría	Servicio	Detalle
Servicios de aprovisionamiento	Agua dulce	Almacenamiento y retención de agua para uso doméstico y agrícola
	Fibras	Producción de <i>Sphagnum</i> , plantas tintóreas (líquenes)
	Combustible	Producción de turba
	Alimentos	Frutos de <i>Empetrum rubrum</i> (Brecillo)
	Productos bioquímicos	Productos cosméticos derivados de la turba, Ej. Mascarillas, cremas, geles de ducha, etc.
Servicios de regulación	Regulación del gases atmosféricos	Sumidero de gases de efecto de invernadero como CO ₂
	Regulación del clima	Protección y mitigación contra inundaciones y sequías.
	Regulación del agua (flujos hidrológicos)	Recarga y/o descarga de agua subterráneas y hacia los ríos
	Purificación del agua	Retención de contaminantes y material particulado
	Regulación de la erosión	Retención de suelos y sedimentos
Servicios culturales	Estéticos	Belleza paisajística
	Recreativos	Oportunidades para ecoturismo y actividades recreativas. Se propone implementar "Turismo con lupa"
	Educacionales	Oportunidades para la educación formal y no formal
	Científico	Constituyen archivos paleoambientales para reconstruir los cambios paisajísticos del pasado
Servicios de soporte	Conservación de la diversidad biológica	Hábitat para especies residentes o transitorias
	Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica

Tabla 4.1. Servicios ecosistémicos de turberas de Chiloé.

De la importante lista antes mencionada los servicios con mayor relevancia e impacto en los mercados ambientales son: el secuestro y almacenamiento de carbono, servicios hidrológicos, conservación de la biodiversidad y belleza escénica y recreación.

- **Conservación de la biodiversidad:** la diversidad brio-liquénica presente en los ecosistemas estudiados es alta, con especies poco habituales y de distribución restringida. Con esto queda patente la importancia que tienen estos ecosistemas en la

conservación de la biodiversidad y el significativo aporte que ha supuesto estudiar estos grupos botánicos muy poco conocidos en Chile (Ver capítulo 1).

- **Secuestro y almacenamiento de carbono:** las tasas de acumulación de carbono en las turberas de Chiloé, durante los últimos 100 años han sido significativas al ser comparada con valores de otras zonas templadas. Se evidencia una significativa cantidad de carbono almacenado en estos sitios, que podría liberarse como CO₂, si éstas fueran drenadas (Ver capítulo 2).
- **Servicios hidrológicos:** la capacidad potencial para el almacenamiento de agua dulce para la isla es altísima. Esta capacidad de retención hace que las turberas puedan ser consideradas como acuíferos libres, que son recargados casi exclusivamente por precipitaciones y que actúan como reguladores hidrológicos. Junto a ello la turba opera como filtro natural hacia las aguas subterráneas, por lo que su alteración podría tener impacto directo en ellas (Ver capítulo 2).
- **Belleza escénica, recreación y educación:** las turberas constituyen un importante elemento paisajístico de Chiloé. Estas áreas tiene un gran potencial turístico como por ejemplo el ecoturismo con lupa o la observación de avifauna. Junto a esto se ha visto lo útiles que son en educación escolar (Ver capítulo 3).

4.2.2. PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Las turberas al proporcionar importantes servicios para el hombre, pueden ser consideradas como capital natural de alto interés, este capital puede ser valorado económicamente y comercializado a través de un sistema de Pago por Servicios Ecosistémicos (PSE).

Tal como se ha señalado el PSE tiene por objeto ofrecer incentivos económicos a los agricultores o propietarios de tierras a cambio de un manejo de sus tierras que proteja o promueva los servicios ecosistémicos.

Este trabajo busca acercar este concepto a las turberas de Chiloé a través de una propuesta de pago a los agricultores y comunidades indígenas por los servicios de protección de la biodiversidad, protección de los recursos hidrológicos y por la compensación de emisiones de CO₂, promoviendo la conservación de estos ecosistemas y su desarrollo sostenible.

4.2.3. SISTEMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN LAS TURBERAS DE CHILOÉ

Siguiendo los criterios de Engel *et al.* (2008), Pagiola (2006), Pagiola & Platais (2005) y Wunder (2006) para el diseño de un PSE, a continuación se presentan los elementos básicos para el desarrollo de éste.

a) Identificación de los servicios ambientales específicos

Uno de los elementos complejos del PSE es tener una base científica de los servicios ecosistémicos a tratar, que permita definir claramente las actividades o usos para mantenerlos u obtenerlos y cómo medirlos.

Durante el desarrollo de este trabajo se han identificado números servicios ecosistémicos que prestan las turberas de la Isla Grande de Chiloé (tabla 4.1.). Se han caracterizado algunos de ellos como la diversidad brio-liquénica (capítulo 1) y el carbono acumulado hasta el momento (capítulo 2). No obstante, se han identificado los servicios ecosistémicos que es necesario estudiar para concretar la propuesta de PSE, dicha información se resume en la tabla 4.2.

Servicio	Tipo de estudio
Servicios de aprovisionamiento	
Agua dulce	Estudios hidrológicos a nivel de cuencas, para determinar el grado de relación entre las turberas y el aprovisionamiento de agua para uso doméstico y agrícola.
Productos bioquímicos	Estudios sobre elaboración de cosméticos u otros productos derivados de la turba y el <i>Sphagnum</i> , Ej. mascarillas, cremas, geles de ducha, etc.
Servicios de regulación	
Regulación del clima	Estudio de la fijación actual de carbono e intercambio gaseoso en las turberas.
Servicios de apoyo	
Biodiversidad	Estudio de fauna asociada a las turberas, especialmente dirigido hacia las aves.
Otros estudios	
Económicos	Valoración económica de cada uno de los servicios ambientales
	Valoración del coste de conservación
	Estudio sobre la cuantía de los pagos
Legales y administrativos	Establecimiento de institucionalidad y relaciones contractuales entre los participantes del PSE.

Tabla 4.2. Estudios necesarios para la concreción de un PSE en las turberas de Chiloé.

b) Identificación de beneficiarios y/o compradores

En los últimos años existe una percepción aceptada de la importancia y necesidad de los SE por parte de la comunidad. Según resultados de la II Encuesta sobre Percepción y Actitudes hacia el Medioambiente, realizada por la Universidad Andrés Bello y el Centro de Opinión Pública Opina de Chile, el 78% de los encuestados estaría dispuesto a pagar más por los productos de una marca que es cuidadosa con el medio ambiente y el 68 % estaría dispuesto a apagar un 10 % más por un producto amigable con el medio ambiente (Mena & Godoy, 2010).

En un PSE se pueden encontrar beneficiarios o usuarios de los servicios tanto directos como indirectos. En el caso de las turberas de Chiloé, los posibles beneficiarios son presentados en la tabla 4.3.

Servicio	Beneficiario directo	Beneficiario indirecto
Agua dulce	Productores de agua potable (ESSAL)	Consumidores agua potable
	Organismo que entrega derechos de aprovechamientos (Dirección General de Aguas)	Consumidores agua agrícola
	Productores Hidroeléctricos (Endesa Eco)	Consumidores energía hidroeléctrica
Estético/Paisajístico	Empresas proveedoras servicios ecoturísticos	Turistas y público general
	Gobierno de Chile	Comunidad mundial
Protección de la biodiversidad	Organismos conservacionistas internacionales	Conservacionistas
	Empresas proveedoras servicios ecoturísticos	Turistas y público general
Sumideros de carbono	Inversores en mercados de carbono	Comunidad mundial
	Emisores de gases de efecto invernadero que necesitan mitigar sus emisiones	Comunidad mundial

Tabla 4.3. Potenciales beneficiarios directos e indirectos de las turberas de Chiloé.

En un PSE clásico el pago lo pueden realizar tanto los beneficiarios directos como los indirectos, que estén estrechamente relacionados con el lugar y con los servicios. Sin embargo existen otros modelos de gestión y mecanismos de recaudación y pagos, donde el pago puede ser realizado también por terceros, quienes no se benefician directamente de los servicios ecosistémicos.

Nuestra propuesta apunta fundamentalmente a un modelo como el anteriormente descrito. Para esto se consideran dos grupos de compradores potenciales, que responderían a los distintos tipos de servicios ecosistémicos prestados.

El primero está relacionado con servicios de ámbito global o a una escala geográfica amplia y tiene como finalidad compensar servicios cuyos usuarios no están restringidos al nivel local, como el mantenimiento de la biodiversidad, la belleza escénica y la fijación de carbono. Dentro de esto cabrían por ejemplo empresas privadas que busquen mitigar sus emisiones de CO₂ por responsabilidad social corporativa o por exigencias legales ambientales para comercializar sus productos fuera de Chile (viñas, salmoneras, exportadores de fruta, etc.).

El segundo grupo está dirigido a la compensación de proveedores a través de un mercado local, donde los usuarios están circunscritos a una escala geográfica cercana al lugar como los servicios hidrológicos. Ejemplos de estos compradores potenciales son las empresas de agua potable o cualquier tipo de empresa local.

Encuesta a posibles compradores

Con el objeto de conocer el interés y el grado de conocimiento de las empresas sobre la compra de bonos del mercado ambiental se realizó una encuesta a empresas chilenas y españolas con presencia en Chile.

La encuesta se centró en grandes empresas constructoras, mineras, salmoneras, conserveras, vitivinícolas, agrícola en general, hoteles y empresas que ya tuviesen programas de compensación de emisiones.

Se elaboró una base de datos con 785 empresas de los rubros antes mencionados. Se confeccionó un cuestionario con 8 preguntas cerradas o mixtas, de respuestas de alternativas múltiples. Se realizó un pretest del cuestionario a una muestra de 20 empresas. Una vez modificado el cuestionario con las sugerencias realizadas en el pretest, la encuesta fue enviada a través de un correo electrónico donde se presentó el estudio y se envió un link al servidor SurveyMonkey donde fue alojada la encuesta.

A continuación se presentan los resultados obtenidos y la interpretación de los mismos. Cabe destacar que pese a los esfuerzos realizados sólo se consiguió respuesta de un 20,7% de la muestra.

Pregunta 1

A continuación le presentamos varias posibilidades de RSC (Responsabilidad Social Corporativa). Por favor, indique cuales cree que, en principio, pueden ser más interesantes para las empresas chilenas. Puede marcar tantas opciones como desee:

OPCIONES	% respuesta
Impulso de proyectos sociales	50,0
Proyectos educativos infantiles	70,0
Proyectos de investigación de organismos y Universidades	20,0
Colaboración con acciones para el sostenimiento y mejora del medio ambiente de Chile (re poblaciones, donaciones para la protección de zonas de especial interés ecológico, restauración de ecosistemas, etc)	65,0

Tabla 4.4. Respuestas pregunta 1.

Como podemos observar, las acciones de mayor atracción para las empresas son aquellas relacionadas con la educación infantil, seguidas de la colaboración en proyectos ambientales de ámbito nacional. Las acciones que reciben menor respaldo son las más genéricas, relacionadas con investigación en Universidades y organismos, ya que quizás se entiende como un objetivo poco específico y sin garantías de una posible difusión posterior. En lo que respecta a esta investigación, es relevante que exista un respaldo muy marcado hacia las acciones de responsabilidad ambiental, y con marcado acento nacional, ya que denota sensibilidad por parte de las empresas hacia estos temas tan próximos al proyecto que aquí estudiamos.

Pregunta 2

¿Realiza su empresa o está implicada en acciones de Responsabilidad Social Corporativa?, (es decir, acciones y proyectos que cooperen con la sociedad, con colectivos desfavorecidos, con la cultura o con el medio ambiente por ejemplo)

OPCIONES	% respuesta
Si	77,8
No	22,2

Tabla 4.5. Respuestas pregunta 2.

Pregunta 3

En el caso de que haya contestado afirmativamente ¿Qué tipo de acciones realiza su empresa? (puede marcar varias).

OPCIONES	% respuesta
Colaboración en proyectos culturales (exposiciones, mantenimiento del patrimonio artístico, etc.)	46,7
Impulso a la investigación (becas, donaciones a universidades y centros de investigación, etc.)	33,3
Impulso de proyectos sociales (educación, sostenimiento de colectivos desfavorecidos, etc.)	80,0
Colaboración con acciones para el sostenimiento y mejora del medio ambiente (re poblaciones, donaciones para la protección de zonas de especial interés ecológico, restauración de ecosistemas, etc.)	33,3
Otro (especifique)	33,3

Tabla 4.6. Respuestas pregunta 3.

Otros
- Sólo en forma de cuidados personales como por ejemplo reciclajes.
- Empresa certificada como <i>Fairtrade</i> , lo que se traduce en ayuda económica a los agricultores, para mejorar su calidad de vida y mantener la agricultura familiar campesina
- Trabajo social con escuela de niños en riesgo
- Mejoramiento del entorno industrial
- Apoyo a los centros de Salud y centros educacionales.

Tabla 4.7. Respuestas abiertas pregunta 3.

Según los resultados de la pregunta 2, existe una alta implicación de las empresas hacia las acciones de RSC, ya que la mayor parte de éstas ya están involucradas en ellas. Al contrastar estos datos con los de la siguiente pregunta (Tabla 4.6.) se remarca el interés por la infancia y la educación ya señalados en las respuestas a la primera pregunta, seguida de la colaboración en proyectos culturales. El resto de las opciones (investigación general, medio ambiente y protección de ecosistemas) reciben un menor apoyo, pero en todo caso significativo, con un 33% de aceptación por parte de las empresas.

Las opciones abiertas recogidas en la Tabla 4.7 explican el tipo de proyectos que las empresas consideran más relevantes. Se refieren en su mayoría a proyectos educativos, aunque también destaca la sensibilidad general hacia los colectivos desfavorecidos.

Estos resultados no dejan de ser relevantes, debido al componente social que tiene el programa PSE que se plantea para Chiloé.

Pregunta 4

En el caso de que haya respondido negativamente, ¿en qué tipo de acciones de las siguientes podría estar más interesada su empresa en un futuro cercano? (puede marcar varias).

OPCIONES	% respuesta
Colaboración en proyectos culturales (exposiciones, mantenimiento del patrimonio artístico, etc.)	16,7
Impulso a la investigación (becas, donaciones a Universidades y Centros de investigación, etc.)	16,7
Impulso de proyectos sociales (educación, sostenimiento de colectivos desfavorecidos, etc.)	33,3
Colaboración con acciones para el sostenimiento y mejora del medio ambiente (repoblaciones, donaciones para la protección de zonas de especial interés ecológico, restauración de ecosistemas, etc.)	100,0
Realmente en ninguna, en un futuro cercano	0,0
Otro (especifique)	16,7

Tabla 4.8. Respuestas pregunta 4.

Si bien los resultados anteriores sobre las acciones actuales de las empresas mostraban un cierto grado de interés en temas medioambientales, las intenciones de futuro denotan una inclinación mayoritaria hacia proyectos relacionados con la mejora del medioambiente. Esto sin lugar a dudas muestra un promisorio camino a la propuesta de PSE en las turberas de Chiloé.

Pregunta 5

Independientemente de las respuestas anteriores, podría estimar cuánto estaría dispuesta su empresa a pagar anualmente por la conservación de una hectárea de un ecosistema de alto valor ecológico en Chiloé - Chile (este ecosistema concreto protege la biodiversidad,

actúa como reservorio de agua dulce y como sumidero de carbono). Por favor marque la alternativa que mejor se ajuste a su opinión.

OPCIONES (valores en pesos chilenos)	% respuesta
Menos de \$10.000	0,0
Entre \$10.000 y \$20.000	20,0
Entre \$40.000 y \$60.000	0,0
Entre \$80.000 y \$100.000	13,3
Entre \$150.000 y \$200.000	6,7
Más de \$200.000	0,0
No invertiríamos nada	0,0
No lo sabemos ahora	60,0

Tabla 4.9. Respuestas pregunta 5.

Este primer sondeo de la disposición a pagar por conservación de zonas de alto valor ecológico como las turberas, muestra una fuerte reticencia a valorar cuánto estarían dispuestos a pagar. No obstante, es destacable que ninguno se muestra contrario hacia estas acciones, y que el 20% de las empresas encuestadas estuviese dispuesta a pagar sobre \$80.000 CLP (US\$ 164 aprox.) por hectárea de terreno conservado, es altamente significativo.

Si se comparan los resultados anteriores con los montos pagados en otros países, se observan una positiva valoración. En Costa Rica, la protección de recursos hídricos asciende a los US\$ 80/ha y por la protección de bosques se paga alrededor de US\$ 64/ha (Rodríguez, 2010). Por lo que las cifras obtenidas son esperanzadoras para la implantación del PSE en Chiloé, ya que existe interés y a priori una buena disposición a pagar por la conservación de los ecosistemas estudiados. No obstante, es necesario realizar una importante campaña informativa para reducir el porcentaje de los que no saben cuanto estarían dispuestos a pagar, acción que a nuestro juicio está estrechamente relacionada con el desconocimiento que se tiene del tema.

Pregunta 6

¿Sabe qué son los bonos de compensación de emisiones de carbono? ¿Y los bonos de agua?

OPCIONES	% respuesta "SI"	% respuesta "No"
Bonos de compensación de emisiones de carbono	77,92	23,07
Bonos de agua	34,46	61,53

Tabla 4.10. Respuestas pregunta 6.

Al preguntar a las empresas sobre los bonos del mercado ambiental como los de compensación de emisiones de carbono o de agua (tabla 4.10.), se observa que sus conocimientos sobre los primeros son mucho mayores a los segundos. Esto nos indica, por una parte, que el nivel de información de las empresas es suficiente como para poder preparar una posible oferta de bonos de compensación de carbono, pero por otro lado, sería necesario realizar una campaña formativa hacia los bonos relacionados con los servicios hidrológicos.

Pregunta 7

Una alternativa muy actual y de futuro para las empresas es la compra de bonos de compensación de emisiones de carbono y/o bonos de agua sobre los que acabamos de pregun-

tarle; por favor, conteste a esta última pregunta en relación con el interés de su empresa hacia estos bonos y actividades.

OPCIONES	% respuesta
Nos interesarían los bonos de compensación de emisiones de carbono del mercado oficial internacional	41,7
Nos interesarían los bonos de agua	25,0
Nos interesarían aquellos bonos ligados a proyectos de cooperación al desarrollo y de protección de ecosistemas	16,7
Nos interesarían bonos que estén relacionados con proyectos concretos que yo pueda conocer e incluir en mis acciones de comunicación como acciones de RSC	41,7
Nos interesarían especialmente aquellos que estén ligados a proyectos de desarrollo y de protección de ecosistemas de Chile	16,7
No nos interesaría ningún tipo de bonos de compensación de emisiones de carbono y/o bonos de agua de los anteriormente mencionados	33,3

Tabla 4.11. Respuestas pregunta 7.

En relación con las preguntas anteriores, comprobamos en la Tabla 4.11 que el mayor interés de las empresas se centra en los bonos de compensación de emisiones de carbono y, especialmente, en aquellos que sean del mercado oficial y ligados a proyectos concretos que puedan ser comunicados como acciones de RSC. Se observa, adicionalmente, que quizá al haberse planteado la pregunta sobre los conocimientos relativos a los bonos de agua, un porcentaje no desdeñable (el 25% de los encuestados) manifiesta interés por éstos. Finalmente cabe destacar que las empresas al momento de hablar en términos de bonos de los mercados ambientales si manifestaron no estar interesados, sin embargo, cuando se les pregunta por colaborar en conservar áreas de ecosistemas no se muestran contrarios a invertir en ello. Esto nos muestra una importante estrategia a seguir para la implementación del PSE.

c) Identificación los proveedores de servicios

En la Isla Grande de Chiloé, la gran mayoría de las turberas están emplazadas en terrenos privados y comunidades indígenas Huilliches con derechos de propiedad o manejo conjunto. Una porción mínima pertenecen al estado. Debido a esto, en primera instancia estos son los actores que están en posición de garantizar la entrega de los servicios. Ellos serían entonces los vendedores potenciales y quienes recibirían un incentivo monetario por la provisión de los servicios.

Sin embargo, se debe tener en cuenta un elemento muy importante, las concesiones mineras. Estos permisos de exploración y/o explotación dados sólo para las turberas de origen glacial, cambian el esquema antes dado. Ante este escenario se hace complejo poder determinar quiénes son los vendedores y quiénes deben recibir el dinero en turberas que ya dan sido dadas en concesión.

Debido a las dificultades antes mencionadas, se propone que en una fase inicial del PSE, las localidades susceptibles a integrarse sean pomponales y aquellas turberas de origen glacial que aún no estén dadas en concesión minera y que puedan ser pedidas con el compromiso expreso de conservación, de modo que el responsable de estas pudiese recibir la compensación económica por la preservación de las mismas.

d) Establecimiento de un marco institucional

Desafortunadamente, Chile no cuenta con legislación ni normativa específica para la gestión de pagos por servicios ambientales como otros países de Sudamérica (FAO, 2009). Cada iniciativa que se ha presentado en el país, especialmente relacionada con el sector forestal, ha sugerido distintos marcos institucionales que lo puedan regir (Cabrera & Rojas, 2009; Cabrera *et al.*, 2010), pero hasta el momento no se han concretado como políticas públicas de conservación.

A continuación se presenta un sencillo esquema institucional que ayude a la gestión del PSE propuesto.

En este caso se propone el esquema mostrado en la Fig. 4.1 donde se plantean cuatro integrantes base: un mecanismo de supervisión, un mecanismo de gestión, compradores y vendedores.

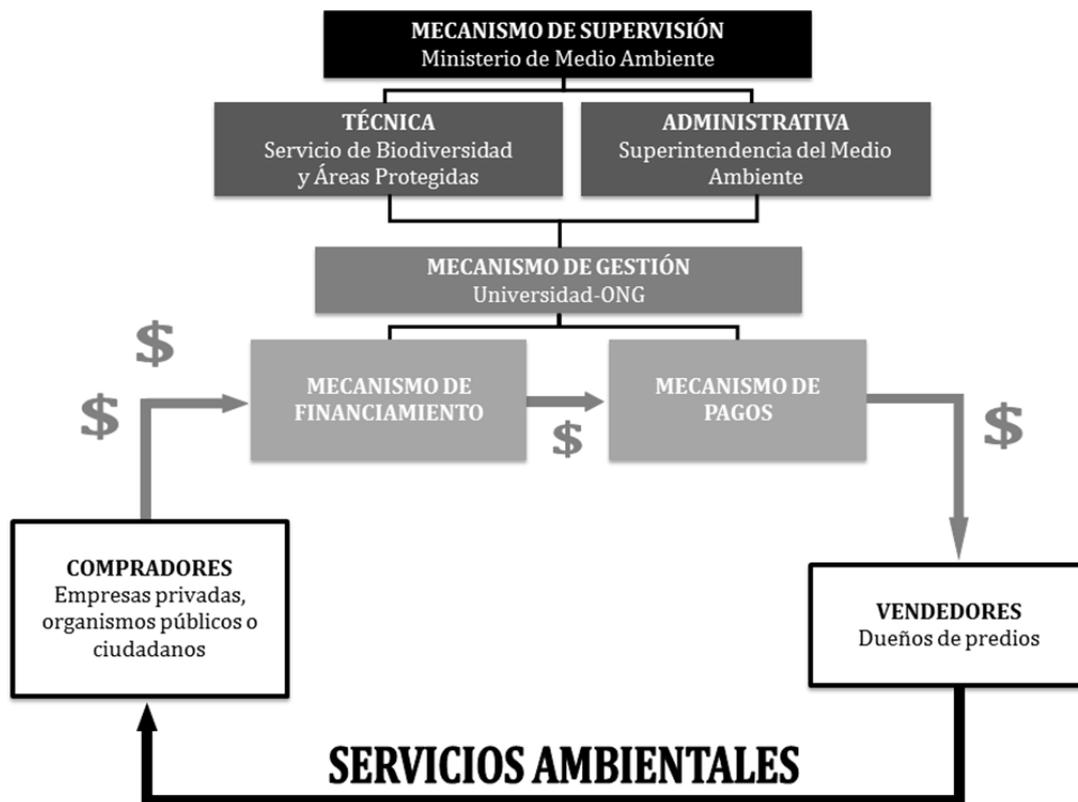


Fig.4.1. Mecanismos de PSE, modificado de Pagiola & Platais (2005).

- **Mecanismo de supervisión:** consiste en una entidad externa pública-gubernamental que supervise el funcionamiento del PSE, para este caso se propone el Ministerio de Medio Ambiente chileno. Este organismo debería contar con dos estamentos subordinados, el primero con funciones técnicas como la identificación de servicios y terrenos elegibles, monitoreos, etc., para el cual proponemos el Servicio de Biodiversidad y Áreas protegidas. El segundo estamento tendría funciones administrativas como la supervisión en la negociación de los contratos, resolución en disputas, etc., para lo cual sugerimos la Superintendencia de Medio Ambiente.

- **Mecanismo de gestión:** organismo sin fines de lucro que se encargue de la gestión del sistema, para lo cual proponemos la creación de una fundación ligada a instituciones académicas y científicas que cumpla este rol. Dicha institución tendría que contar como mínimo con dos divisiones. La primera, una unidad de pago, encargada de los contratos con los propietarios, implementación del monitoreo y promoción el PSE. La segunda, una unidad de financiamiento a cargo de la recolección de los pagos y manejo de los fondos.
- **Compradores:** empresas privadas (ver apartado b).
- **Vendedores:** dueños de los predios(ver apartado c).

e) Condicionalidad y Monitoreo

La condicionalidad es un elemento básico para la implementación de un PSE. Para que los pagos sean condicionales, debe ser posible verificar la existencia del servicio ambiental y establecer una línea base a partir de la cual se puedan medir las unidades provistas adicionales por la conservación de las turberas.

Esta línea base requiere de un fundamento científico como el que este proyecto entrega, donde se ha dado la información esencial para desarrollar indicadores que midan los servicios ecosistémicos provistos.

Para este proyecto de PSE, se propone realizar un plan de monitoreo de dos tipos: a) monitorear que los proveedores estén cumpliendo con sus contratos, lo que quiere decir que no extraigan turba o *Sphagnum* vivo de las zonas de protección y que sigan los criterios de buenas prácticas de cosecha para aquellas zonas asignadas para explotación sostenible, y b) monitoreo técnico, donde se hiciese un seguimiento de que los servicios ofertados están realmente siendo prestados, por ejemplo monitorear la fijación de carbono, realizar inventarios de biodiversidad, etc.

f) Modo de pago

El pago que se les da a los proveedores debe ser equiparable al beneficio que recibirían por el uso alternativo de las turberas (actividades extractivas) y debe estar acorde con la disposición a pagar de los compradores.

Tal como se muestra en la Fig. 4.2., el pago que se ofrece a las personas que manejan los predios debe exceder el beneficio adicional que recibirían por el uso alternativo (o no cambiarían su comportamiento), y debe ser menos que el valor del beneficio para los usuarios del SE (o no estarían dispuestos a pagar) (Engel *et al.*, 2008). Los dueños de los predios podrían beneficiarse económicamente más explotando las turberas, y en dicha situación el resto de la población y ecosistema asume el costo por menos biodiversidad, menor fijación de carbono y menos almacenamiento de agua. Ante un escenario de conservación los proveedores conseguirían menos dividendo monetario. En consecuencia el pago que se debe realizar tendría que estar en un punto intermedio entre el pago mínimo que

será la diferencia entre los beneficios recibidos por el cambio de uso de la tierra, y el pago máximo que son los costos a la población y al patrimonio natural.

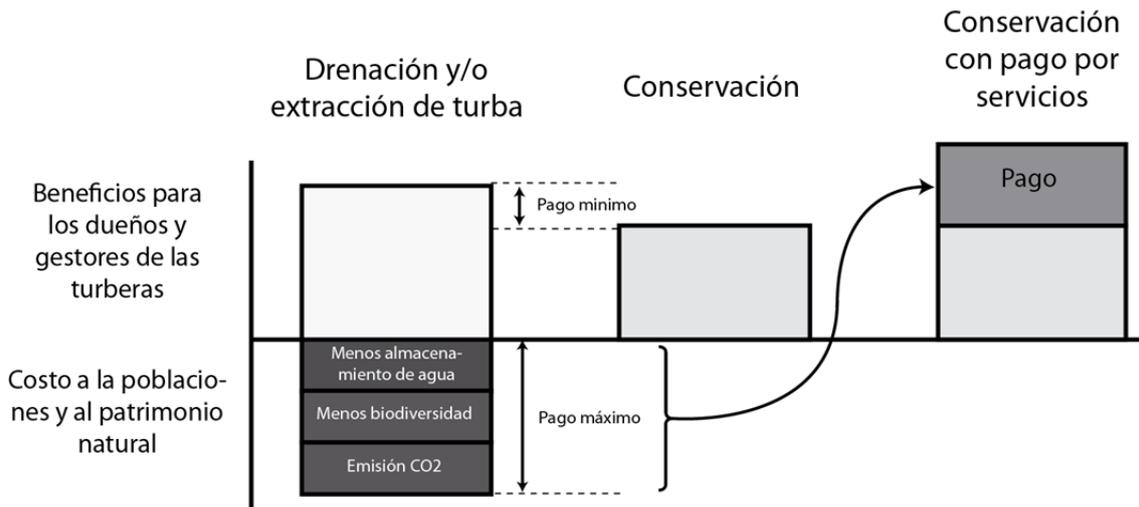


Fig. 4.2. Lógica de la valoración. Modificado de Pagiola & Platais (2005) y Engel *et al.* (2008).

En proyectos ya establecidos se emplean pagos basados en producción, que sería una forma directamente basada en los servicios ofrecidos. Sin embargo, en este caso las dificultades logísticas y técnicas hacen complejo el sistema. Por ello se proponen dos alternativas: la primera es realizar los pagos relacionando la superficie del lugar con los servicios ofertados, esto quiere decir, calcular los pagos a través de un índice que relacione las tasas de acumulación de carbono, la biodiversidad presente, rol en el ciclo hidrológico local y su extensión; o la segunda alternativa sería pagar precios fijos por hectárea de turbera, este sistema se usa ampliamente en proyectos de este tipo.

Aun cuando existen reportes en PSE de pagos en especies, para este caso se plantea realizar pagos en efectivo, debido a las características socioeconómicas de los propietarios y a que la actividad económica que se quiere desincentivar les reporta dividendos en efectivo.

g) Evaluación de sitios susceptibles a incluir en proyecto de PSE.

Para poder seleccionar las localidades que formaran parte del PSE y que serán los que proveerán los servicios ecosistémicos, es necesario dar prioridad a aquellas localidades más idóneas. A continuación se presenta evaluación con los criterios e indicadores que podrían ser útiles para establecer un orden de prioridad dentro de un set de sitios. A modo de ejemplo se sometieron a evaluación 6 de las turberas estudiadas.

Para evaluar la importancia de cada una de las localidades y poder priorizar por aquellas más relevantes, se realizó una valoración a través de 5 parámetros: estado de conservación, acumulación de carbono, almacenamiento de agua, biodiversidad y calidad visual del paisaje. A cada una de estos indicadores se les asignó un valor parcial entre 0 y 5, que luego al ser sumado con los demás valores parciales se obtuvo un valor final que correspondió al puntaje de cada localidad estudiada. A mayor puntaje, mayor número de cualidades tiene esa turbera para integrar el PSE.

Se evaluó separadamente cada uno de los indicadores, asignando rangos. Los primeros tres indicadores, fueron divididos directamente en 6 categorías a las cuales se les asignó un valor, y los dos indicadores restantes fueron divididos en tres subcategorías, a las cuales se les asignó un valor proporcional para que la suma final de todas las subcategorías fuera 5.

El estado de conservación de cada sitio fue valorado dependiendo del grado de perturbación que presentaba, tal como se describe en la tabla 4.12.

Categoría	Puntaje
Muy bueno(sin exploración, ni intervención)	5
Bueno (sin exploración, pero con intervención)	4
Medio alto(explotación artesanal reducida usando buenas prácticas)	3
Medio (explotación artesanal reducida)	2
Bajo (explotación artesanal masiva)	1
Muy bajo (explotación industrial y drenada)	0

Tabla 4.12. Valoración de estado de conservación.

La acumulación de carbono fue evaluada a través de la tasa reciente de acumulación de carbono promedio (RERCA) que presentaba cada área. Las categorías de este parámetro son mostradas en la tabla 4.13.

Categoría	Puntaje
RERCA alto (sobre 41 g C /m ² /año)	5
RERCA medio alto (31-40 g C /m ² /año)	4
RERCA medio (21-30 g C /m ² /año)	3
RERCA medio bajo (11-20 g C /m ² /año)	2
RERCA bajo (1-10 g C /m ² /año)	1
Sin acumulación	0

Tabla 4.13. Valoración Acumulación de carbono

El almacenamiento de agua fue estudiado mediante la capacidad que tiene la turba de un determinado sitio para retener agua, expresada en el número de veces de su peso seco que es almacenado en agua. Aun cuando ésta es una forma incompleta de evaluar la acumulación de agua, da una referencia de su potencial. La tabla 4. 14 presenta los puntajes de cada categoría.

Categoría	Puntaje
Alta (sobre 1000 % del peso seco)	5
Media alta (850-1000 % del peso seco)	4
Media (650-850 % del peso seco)	3
Media baja (500-650 % del peso seco)	2
Baja (bajo 500 % del peso seco)	1
No almacena agua	0

Tabla 4.14. Valoración almacenamiento de agua.

La biodiversidad fue valorada mediante tres sub-indicadores: riqueza de especies, singularidad y endemidad. El primero evalúa el número total de especies de briófitos y líquenes registrados en una localidad, el segundo mide el porcentaje de especies raras, ya sea por su escasa representatividad o limitada distribución geográfica y el tercero representa el porcentaje de especies endémicas de los bosques templado-lluviosos del sur de Sudamérica. Las categorías y subcategorías de este indicador son presentadas en la tabla 4.15.

Categoría	Puntaje	Subcategoría	Puntaje
Riqueza de especies	3	Alta (sobre 40 especies)	3
		Media (21-40 especies)	2
		Baja (11-20 especies)	1
		Muy baja (1-10 especies)	0
Singularidad	1	Alta (sobre 40 %)	1
		Media (21-39 %)	0,5
		Baja (1-20%)	0
Endemicidad	1	Alta (sobre 5%)	1
		Media (1-4%)	0,5
		Baja (0%)	0

Tabla 4.15. Valoración de la biodiversidad.

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizaron cuatro indicadores ampliamente empleados para estos fines (Aramburu Maqua *et al.*, 2004; Muñoz-Pedrerros, 2004; Solari & Cazorla, 2009): fisonomía de la vegetación, estructura vertical, agua superficial e incidencia antrópica.

La fisonomía de la vegetación considera los aspectos visuales de la estructura dominante de cada tipo de vegetación, en este caso a fisonomía más arbórea se le asigna mayor calidad visual que los matorrales o juncuales.

La estructura vertical hace referencia al atractivo visual derivado de la diversidad de estratos que presenta la formación vegetal, así como cambios cromáticos de la misma. A mayor número de estratos y variación cromática, mayor es la calidad.

La presencia de un espejo de agua en un paisaje supone un valor positivo para la calidad visual, debido a esto la presencia de un cuerpo de agua permanente en una turbera fue evaluada como el máximo puntaje.

La calidad visual del paisaje también se ve afectada por la incidencia antrópica, la presencia de asentamientos humanos cercanos y la presencia de carreteras se evalúan negativamente, en lo que a calidad visual respecta.

La tabla 4.16 muestra la valoración realizada para cada un de las categorías y subcategorías.

Categoría	Puntaje	Subcategoría	Puntaje
Fisonomía de la vegetación	1,5	Alta calidad	1,5
		Media calidad	1
		Baja calidad	0,5
Estructura vertical	1,5	Alta calidad	1,5
		Media calidad	1
		Baja calidad	0,5
Agua superficial	1	Presencia	1
		Ausencia	0
Incidencia antrópica	1	Alta	0
		Media	0,5
		Baja	1

Tabla 4.16. Valoración de la calidad del paisaje.

		SD	TG	CH	RN	PL	CA
Estado de conservación		4	4	1	0	5	4
Acumulación de carbono		4	5	5	0	1	2
Acumulación de agua		2	4	3	0	4	5
Biodiversidad	Riqueza de especies	3	2	1	1	2	3
	Endemicidad	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
	Singularidad	1	0	1	1	0	0
Paisaje	Fisonomía de la vegetación	1	1	0,5	1	1,5	1,5
	Estructura vertical	1	0,5	0,5	1	1,5	1,5
	Agua superficial	0	0	0	0	1	1
	Incidencia antrópica	1	0,5	1	0	0,5	1
PUNTUACIÓN TOTAL		18	17,5	13,5	4,5	17	20

Tabla 4.17. Cuadro resumen de los puntajes de las distintas localidades obtenidos en la evaluación de prioridades de conservación. SD: Senda Darwin, TG: Teguel, CH: Río Chepu, RN: Río Negro, CA: Laguna Los Caulles, PL: Púlpito.

Como se observa en la tabla 4.17 cada una de las localidades fue evaluada mediante cinco parámetros, a los cuales se les asignó una puntuación dependiendo de las características del lugar. Se compararon seis localidades. A través de su puntuación fue posible dar un orden de prioridad sobre cuales reúnen mayores cualidades positivas. En primer lugar se encuentra la laguna Los Caulles, en segundo lugar la Estación Biológica Senda Darwin, en el tercer puesto Teguel y luego le siguen Púlpito, Chepu y finalmente Río Negro. Tal como se observa en la tabla el segundo, tercer y cuarto lugar tienen una estrecha diferencia, por lo cual sería de utilidad evaluar qué características de estos sitios son más relevantes en relación al fin que se le quiera dar. En la figura 4.3 se presentan gráficos radiales que permiten ver de una forma integrada los puntajes de cada una de las localidades y sus diferencias respecto a cada parámetro medido.

De esta evaluación se puede concluir preliminarmente que la laguna Los Caulles reúne el mayor número de cualidades para iniciar un sistema de PSE, por su estado de conservación y por los servicios ecosistémicos que presta.

También es importante resaltar que a pesar de que la localidad de Chepu obtuvo un bajo puntaje, es un lugar muy relevante. El pomponal estudiado está inserto en un gran complejo de humedales que incluyen zonas estuarinas y una de las turberas de origen glaciar más grandes de la isla, en consecuencia esta gran zona es uno de los sitios claves para la implementación de un PSE debido a gran extensión, sus numerosos servicios ecosistémicos y alto grado de amenaza.

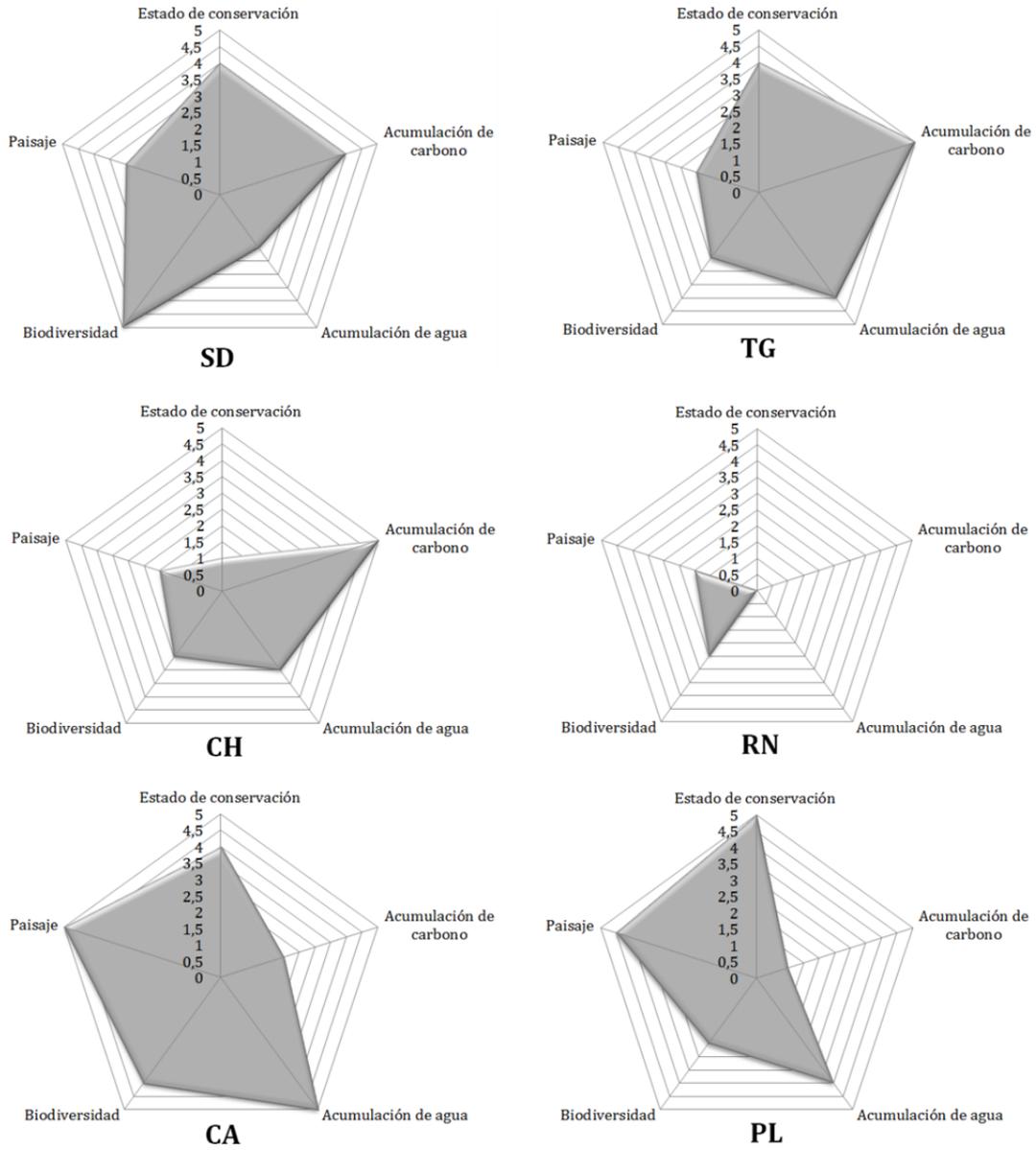


Fig. 4.3. Representación gráfica de las evaluaciones realizadas a cada una de las localidades. SD: Senda Darwin, TG: Teguel, CH: Río Chepu, RN: Río Negro, CA: Laguna Los Caulles, PL: Púlpito.

4.3. IMPACTO DE LA RESTAURACIÓN DE TURBERAS DE CHILOÉ

Las turberas y pomponales de Chiloé desde donde se extrae *Sphagnum magellanicum* para ser comercializado, se han transformado en una alternativa rápida de trabajo luego de la grave crisis de la salmonicultura en la Decima región, donde cerraron numerosas industrias y un gran número de personas quedó sin trabajo.

Este último punto, sumado al aumento en la demanda del musgo y a que no existe legislación que regule esta actividad, ha provocado una extracción desmedida y sin protocolos sostenibles. Esto se ve en numerosas localidades de las provincias de Chiloé y Llanquihue, en donde se evidencia la sobreexplotación, el musgo no se regenera, sólo crecen algunas plantas vasculares ruderales y las áreas quedan abandonadas, llenas de basura de las faenas (R. Fuentes, comunicación personal (2011)).

Pero la degradación de las turberas de Chiloé también tiene otro responsable, la extracción de turba, varios de estos ecosistemas han sido drenados y se está extrayendo el material de forma industrial. En estos casos los efectos de la explotación son mucho más drásticos, la destrucción de estos ecosistemas es casi total y luego de la explotación son abandonados sin medidas de mitigación.

Debido a lo todo lo anterior, la restauración ecológica de estos sitios es una necesidad inminente. La idea básica es ayudar a la recuperación de estas zonas que han sido dañadas de modo que se recobren las funciones del ecosistema, en primera instancia restablecer comunidades vegetales típicas de turberas, con énfasis en *Sphagnum* y devolver el balance hídrico. Todo esto con el fin último de restaurar la acumulación de turba a largo plazo.

La restauración de turberas degradadas junto con ser un importante aporte al patrimonio natural, otorga una nueva herramienta a la iniciativa de pago por servicios ecosistémicos. La restauración serviría para compensar daños sobre este tipo de hábitat y crear patrimonio natural adicional. La figura 4.4 representa los beneficios que se pueden obtener con la restauración como por ejemplo: recuperar biodiversidad, aminorar los fuertes impactos al paisaje, restituir el almacenamiento de agua y mejora de la calidad de la misma, restablecer la fijación de carbono, entre muchos otros.

A través del establecimiento de un PSE que también integre la restauración, se abre la posibilidad de añadir otro mecanismo de mercado, los bancos de hábitat.

Aunque conceptualmente pagos por servicios ecosistémicos y bancos de hábitat se han diferenciado como mecanismos claramente distintos. En los primeros se realizan pagos por el suministro de servicios ecosistémicos y en los segundos se comercializan bonos de patrimonio natural adicional para compensar daños ambientales. A nuestro juicio, para el caso de las turberas de Chiloé, podrían coexistir estos dos mecanismos en un mismo programa. Por ejemplo, un empresario que se dedica a la extracción y comercialización de fibra de *Sphagnum*, podría compensar los impactos de la cosecha que realiza a través de la compra de bonos provenientes de la restauración de turberas degradadas por el mismo número de hectáreas que éste cosecha, de modo que se asegura la no pérdida neta de capital natural.

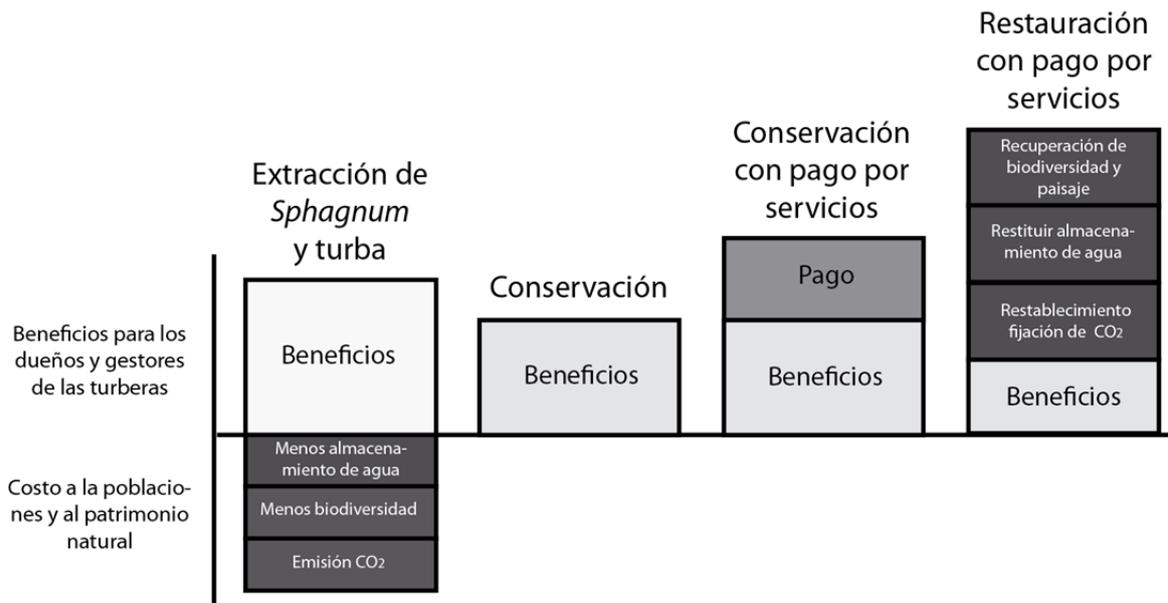


Fig. 4.4. Lógica de la valoración incluyendo la restauración.

4.4. MERCADOS AMBIENTALES PARA LAS TURBERAS DE CHILOÉ

En el ámbito voluntario WBCSD & IUCN (2007) señalan tres aproximaciones a los mercados ambientales: pagos directos, permisos negociables y certificaciones. Los pagos directos corresponden a incentivos dados a los encargados de gestionar recursos que entregan servicios ambientales. Los permisos negociables son aquellos bonos que buscan compensar daños ambientales, y las certificaciones son distintivos que ayudan a consumidores e inversores a tomar decisiones respecto de productos respetuosos con el medio ambiente.

Aplicando estos conceptos a nuestra propuesta, se sugiere que a través de un programa de conservación y restauración de turberas de Chiloé se ofrezca a posibles compradores dos tipos productos: un pago directo por servicios ambientales y un banco de hábitat que permita mitigar daños ambientales. Aquellos compradores, principalmente empresas, que inspirados por sus políticas de responsabilidad social corporativa adquieran estos bonos, podrán por medio de una certificación y etiquetas, acreditar su compromiso con la preservación del patrimonio natural y demostrar que sus productos y servicios son respetuosos con el medio ambiente (Fig. 4.5.).

Por ejemplo, una cadena de hoteles o una empresa de telecomunicación podrían realizar un pago anual por la conservación de un determinado número de hectáreas de turberas (pago directo por servicios ambientales) y como resultado estas empresas podrían acreditarle a sus clientes su compromiso y respeto con el medio ambiente, y obtener un reconocimiento especial para su marca a la hora de elegir sus servicios.

Por otra parte, una empresa exportadora de fibras de *Sphagnum*, podría pagar por la restauración de un número de hectáreas equivalentes a las que está cosechando (banco de hábitat). Con esta acción dicha empresa podría acreditar que su producto compensa el daño ambiental producido y ayuda a la creación de patrimonio natural. Esto es especialmente relevante cuando se tratar de productos de exportación, ya que muchos mercados, es-

pecialmente los europeos, valoran y en algunos casos exigen productos respetuosos con el medio ambiente.



Fig. 4.5. Mercados ambientales para las turberas de Chiloé.

4.5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los servicios ecosistémicos de las turberas son reconocidos por numerosos autores en todo el mundo (Charman, 2002; Ramsar, 2004; Rydin & Jeglum, 2006; Parish *et al.*, 2008; Iturraspe, 2010; Tanneberger & Wichtmann, 2011) y éstos tienen un alto potencial de integrar mercados de carbono en forma de bonos de carbono, agua o biodiversidad. Sin embargo, son ecosistemas con comportamientos complejos.

Por ejemplo, son grandes sumideros de carbono, pero bajo ciertas condiciones este rol se puede invertir. Estudios recientes en las turberas de Tierra del Fuego, han reportado un balance negativo de C en la temporada de crecimiento, asociado a una baja en las precipitaciones y a las altas temperaturas de la época en que se realizó el estudio, esto se tradujo en una disminución del nivel freático, un aumento en los flujos de respiración y descomposición y en consecuencia emisión de gases de efecto invernadero durante un periodo de tiempo (Valdés, 2012).

Ante estos antecedentes, la idea de generar bonos de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero como los producidos por los mecanismos de desarrollo limpio, se puede considerar difícil e inestable. Es por esto que un buen modelo de preservación y desarrollo sostenible para las turberas, requiere que sea un sistema integrado, que responda a las complejidades de estos ecosistemas y que resguarde sus servicios a mediano - largo plazo, como lo puede hacer un sistema de pago por servicios ecosistémicos.

Los PSE en el mundo se han desarrollado con éxito principalmente en zonas en las que se estaba incubando o escalando un conflicto socioambiental entre los diferentes actores implicados. Tal como es el caso de las turberas de Chiloé, donde el tema tiene aristas ecológicas, sociales y económicas, por lo que hace suponer que ésta es una de las estrategias de conservación más óptimas para hacer frente a este problema ambiental.

Dentro de los principios básicos de un PSE está el hecho de que los servicios que se oferten estén bien definidos. En este caso, los servicios ofertados están basados en evidencia científica clara y consensuada, se han realizado evaluaciones en terreno, se han llevado a cabo numerosos análisis y a esto se suma la existencia de cuantiosa literatura científica, de importantes organizaciones como IUCN, Wetland International, Ramsar, etc., que documentan los servicios ecosistémicos de las turberas y hacen un llamado a conservarlas por su importancia ecológica y alto grado de amenaza.

Otro elemento importante en el éxito de un PSE es el apoyo local y gubernamental. Durante la etapa de divulgación de este trabajo, la idea del PSE de las turberas de Chiloé fue socializada en diversas instancias. Dentro de esto se cuentan las conversaciones con profesionales del gobierno regional y autoridades locales como los alcaldes de las comunas de Dalcahue y Chonchi, quienes mostraron su interés en el tema y disposición para colaborar en futuras acciones. Pero sin duda, uno de los apoyos más relevantes fue el de algunos dueños de los predios estudiados, que también manifestaron su interés en esta iniciativa.

Respecto al marco institucional, si bien es cierto que Chile no tiene legislación, normativa ni una institucionalidad para el desarrollo de un sistema de pago por servicios ecosistémicos, existe un compromiso político expresado en el plan de acción para la Implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, que señala como meta contar con un sistema de pago por servicios ambientales y normas "ad hoc" (CONAMA, 2005). Así mismo, hemos

podido constatar también el interés y compromiso que existe de parte de autoridades como la Encargada Nacional de Humedales, para desarrollar proyectos de este tipo.

Por lo demás, tanto las turberas como la conservación de la biodiversidad están amparadas por acuerdos internacionales y normas nacionales (tabla 4.18.), que reafirman la importancia de estos temas y dan un respaldo gubernamental para esta propuesta.

Finalmente, es relevante destacar que a raíz de la reforma que se está desarrollando en la institucionalidad ambiental chilena, se abre una gran puerta para establecer el marco legal y gubernamental necesario para la implementación de un sistema de PSE a nivel nacional. Es de esperar que con la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, se puedan asignar responsabilidades en estos temas y se logre concretar una iniciativa de este tipo, tan necesaria para el resguardo del patrimonio natural de Chile y su desarrollo sostenible.

ACUERDOS	AÑO DE PROMULGACIÓN EN CHILE	NORMA
Convenio sobre Diversidad Biológica	1995	Decreto N° 1963 Ministerio de Relaciones Exteriores
Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención RAMSAR)	1981	Decreto N° 771 Ministerio de Relaciones Exteriores.
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	1995	Decreto N° 123 Ministerio de Relaciones Exteriores
Convención sobre la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, suscrita en UNESCO	1980	Decreto N° 259 Ministerio de Relaciones Exteriores
Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente	1994	Ley 19.300 Ministerio Secretaria General de la Presidencia
Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile	2005	CONAMA
Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad, Décima Región de Los Lagos	2002	CONAMA

Tabla 4.18. Marco legal que ampara a las turberas y la conservación biológica en Chile.

4.6. REFERENCIAS

- ARAMBURU MAQUA, M. P., ESCRIBANO BOMBÍN, R., LÓPEZ HERNÁNDEZ, R. & SÁNCHEZ RAMOS, P. 2004. Estudio y Cartografía del Paisaje de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno de La Rioja. <http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=455987&IdDoc=461894>.
- BRACER, C., WAAGE, S. & INBAR, M. 2007. Getting Started: Un Manual Introductorio para Evaluar y Desarrollar Pagos por Servicios Ambientales Forest Trends, The Katoomba Group & Ecosystem Marketplace. 72 pp.
- CABRERA, J. & ROJAS, Y. 2009. Pago por Servicios Ambientales: Conceptos y Aplicación en Chile. Informe Técnico 177. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 151 pp.
- CABRERA, J., GAYOSO, S., CORDERO, D., OBREQUE, F. & VERGARA, G. 2010. El estado del arte del Pago por Servicios Ambientales en Chile. UICN, INFOR & FIA. Valdivia, Chile. 63 pp.
- CARROLL, N. 2008. Compliant Biodiversity Offsets. *In: ForestTrends & EcosystemMarketplace* (ed.). Payments for Ecosystem Services: Market Profiles. Forest Trends and the Ecosystem Marketplace.
- CONAMA. 2005. Plan de Acción de País para la Implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 132 pp.
- CHARMAN, D. 2002. Peatlands and environmental change. J. Wiley & Sons, London & New York. 301 pp.
- CHAVES, G. & LOBO, S. 2000. El Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica, Información general. Fomento – SINAC.
- DEL ÁLAMO, C., RÁBADE, J. M., CASTELLANO, E., LOZANO, B. & MARTÍNEZ DE ANGUITA, P. 2010. Montes, servicios ambientales y mecanismos de mercado. Paper presented at the, CONAMA 10. Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- ECOSYSTEMMARKETPLACE. 2012a. US Conservation Banking. http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/web.page.php?section=biodiversity_market&page_name=uscon_market. [7 march 2012].
- ECOSYSTEMMARKETPLACE. 2012b. US Wetland Banking. http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/web.page.php?section=biodiversity_market&page_name=uswet_market. [7 march 2012].
- ENGEL, S., PAGIOLA, S. & WUNDER, S. 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics* 65 (4): 663-674.
- FAO. 2009. Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina. Programa FAO/OAPN, Santiago, Chile.
- FUENTES, R. 2011. Departamento Fomento y Municipios, Gobierno Regional Los Lagos, Gobierno de Chile. Comunicación Personal. Comunicación personal.
- GREIBER, T. 2010. Introducción. 1-4. *In: Greiber, T. (ed.). Pagos por Servicios Ambientales. Marcos Jurídicos e Institucionales.* UICN. Gland, Suiza.
- HAMILTON, K., SJARDIN, M., MARCELLO, T. & XU, G. 2008. Forging a Frontier: State of the Voluntary Carbon Markets 2008. Ecosystem Marketplace & New Carbon Finance. http://ecosystemmarketplace.com/pages/article.library.others.php?component_id=6482&component_version_id=9669&language_id=12.
- ITURRASPE, R. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. Buenos Aires.
- JOOSTEN, H. 2011. Selling peatland rewetting on the compliance carbon market. *In: Tanneberger, F. & Wichtmann, W. (ed.). Carbon credits from peatland rewetting: climate, biodiversity, land use.* Schweizerbart science. Stuttgart, Germany.

- LINACRE, N., KOSSOY, A. & AMBROSI, P. 2011. State and Trends of the Carbon Market 2011. World Bank. Washington, D.C.
- MADSEN, B., CARROLL, N., KANDY, D. & BENNETT, G. 2011. 2011 Update: State of Biodiversity Markets. Ecosystem Marketplace, Forest Trends Washington, DC. http://www.ecosystemmarketplace.com/reports/2011_update_sbdm.
- MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. World Resources Institute. Washington, DC.
- MENA, M. & GODOY, A. 2010. II Encuesta sobre Percepción y Actitudes hacia el Medioambiente. Centro de Investigación para la Sustentabilidad - Universidad Andrés Bello y Centro de Opinión Pública Opina.
- MUÑOZ-PEDREROS, A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 139-156.
- O'SULLIVAN, R. & EMMER, I. 2011. Selling peatland rewetting on the voluntary carbon market. 94-97. *In: Tanneberger, F. & Wichtmann, W. (ed.). Carbon credits from peatland rewetting: climate, biodiversity, land use. Schweizerbart science. Stuttgart, Germany.*
- PAGIOLA, J. 2006. Payments for Environmental Services: An Introduction. Environment Department, World Bank. 15.
- PAGIOLA, S. 2008. Payments for environmental services in Costa Rica. *Ecological Economics* 65 (4): 712-724.
- PAGIOLA, S. & PLATAIS, G. 2005. Introduction to payments for environmental services. ESSD Week 2005 - Learning Days. World Bank. 57. <http://siteresources.worldbank.org/INTEEL/214584-1115796410065/20887700/IntrotoPES.ppt>.
- PARISH, F., SIRIN, A., CHARMAN, D., JOOSTEN, H., MINAYEVA, T., SILVIUS, M. & STRINGER, L. 2008. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- PATFOR. 2010. Pago por servicios ambientales, una introducción. Plan de Acción Territorial forestal de la Comunitat Valenciana, Generalitat Valenciana.
- PETERS-STANLEY, M., HAMILTON, K., MARCELLO, T. & SJARDIN, M. 2011. Back to the Future: State of the Voluntary Carbon Markets Bloomberg New Energy Finance and Forest Trends' Ecosystem Marketplace.
- RÁBADE, J. M., CASTELLANO, E., LORENTE, I., CABRERIZO, M., MARTÍN, C. & PICAZO, I. 2008. Hacia la creación de Bancos de Hábitats en España. *Ecosostenible* 39: 31-40.
- RAMÍREZ, M. C. 2007. El Mercado de los CER's, una Alternativa Rentable y Sostenible. *Revista M-M* 58: 46.
- RAMSAR. 2004. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- RODRÍGUEZ, J. M. 2010. Experiencia de Costa Rica en el pago de servicios ambientales. Paper presented at the, Jornadas Internacionales sobre Pagos por Servicios Ambientales, Valencia, España.
- RYDIN, H. & JEGLUM, J. K. 2006. *The Biology of Peatlands* Oxford University Press. 360 pp.
- SOLARI, F. & CAZORLA, L. 2009. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación Nº30 30: 213-226.
- STANTON, T., ECHAVARRIA, M., HAMILTON, K. & OTT, C. 2010. State of Watershed Payments: An Emerging Marketplace. Ecosystem Marketplace. http://www.foresttrends.org/documents/files/doc_2438.pdf.
- TANNEBERGER, F. & WICHTMANN, W. (eds) 2011. Carbon credits from peatland rewetting: climate, biodiversity, land use. Stuttgart, Germany. Schweizerbart science.
- VALDÉS, A. 2012. Estimación del almacenamiento de carbono en bosques deciduos de *Nothofagus* y turberas de Tierra del Fuego, Chile. Seminario de título de Biología Ambiental. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

- WBCSD & IUCN. 2007. Business and ecosystems. Markets for Ecosystem Services. New Challenges and Opportunities for Business and the Environment. World Business Council for Sustainable Development (Conches-Geneva, Switzerland) & The World Conservation Union (Washington DC, USA).
- WUNDER, S. 2006. Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales. In *CIFOR Occasional Paper No. 42(s)*.

CONCLUSIONES GENERALES

- La diversidad brio-liquénica presente en las turberas estudiadas es alta, tiene especies poco habituales y de distribución restringida. Con esto queda patente la importancia que tienen estos ecosistemas en la conservación de la biodiversidad y el significativo aporte que ha supuesto estudiar estos grupos botánicos poco conocidos en Chile.
- En el estudio comparativo entre los tres tipos de hábitat turberas, pomponales y tepuales, se observa que existen diferencias significativas en la composición florística de estos hábitats, siendo pomponales y turberas más afines entre sí. Por el contrario, los tepuales están distanciados de los otros dos grupos.
Otro aspecto a destacar es que los pomponales presenta una composición de especies y abundancias relativas que no ha ocurrido en el pasado. Estas nuevas combinaciones de especies tienen el potencial de cambiar el funcionamiento del ecosistema, y son resultantes de la intervención humana, pero que no dependen del hombre para su mantenimiento, características que son claves y describen a un ecosistema emergente. Por lo tanto, podríamos señalar que los pomponales pueden ser calificados como ecosistemas del tipo antes mencionado.
- Desde un punto de vista global, los parámetros químicos de los ecosistemas estudiados muestran que tanto pomponales como turberas tienen características de la química del agua superficial similares, que las hacen ubicarse dentro de las clasificaciones típicas de turberas en un mismo segmento, con sutiles diferenciaciones. En resumen, se puede señalar que los sitios estudiados corresponden a *bogs*, son oligotróficos, la mayoría son ombrotroficados y dos de ellos son de transición.
- Los resultados indican que existen importantes gradientes ambientales que afectan la estructura de las comunidades brio-liquénicas en las turberas esfagnosas de Chiloé. Estos gradientes corresponden a: condiciones ombrotroficadas-minerotroficadas y condiciones talasotroficadas-litotroficadas.
- La capacidad potencial de almacenamiento de agua dulce para la Isla Grande de Chiloé es altísima. Esta capacidad de retención hace que las turberas puedan ser consideradas como acuíferos libres, que son recargados casi exclusivamente por precipitaciones y que actúan como reguladores hidrológicos.
Junto a ello, la turba opera como filtro natural hacia las aguas subterráneas, por lo que su alteración podría tener impacto directo en la calidad del agua.
Otro elemento importante a tener en cuenta es que la isla grande carece de un suministro de agua a partir de deshielos de montañas como ocurre en el continente. Su única fuente de agua proviene del almacenamiento de las precipitaciones de lluvia y bajo el contexto climático actual, en un escenario donde

el nivel de precipitaciones ha bajado, el almacenamiento de agua y la gestión de los recursos hídricos es vital para la isla.

- Las tasas de acumulación de carbono en las turberas de Chiloé durante los últimos 100 años han sido significativas al compararlas con valores de otras zonas templadas, destacándose especialmente los pomponales, que presentan las mayores tasas. Esto último indica que estos ambientes jóvenes están más activos, tienen mayor capacidad para producir materia orgánica y almacenar carbono. En síntesis, existe evidencia de la significativa cantidad de carbono almacenado en estos sitios que podría liberarse como CO₂, si éstas fueran drenadas.
- Las actividades divulgativas realizadas han sido muy importantes para determinar el grado de información que tiene la comunidad sobre el tema en estudio. Ha quedado en evidencia que la campaña de sensibilización sobre los servicios ecosistémicos que prestan las turberas y la importancia que éstas tienen para la isla puede cambiar la visión de la población, que ha considerado a las turberas como sitios anegados, sólo relevantes para la explotación.
- A la luz de los resultados obtenidos, se fundamenta la propuesta de establecer un sistema de pagos por servicios ecosistémicos como forma de compensación de emisiones de CO₂ voluntarias, de resguardo de la biodiversidad y de reservorio de agua dulce, con los que la población local consiga una fuente de ingresos sin necesidad de realizar actividades extractivas, lo que permitiría conservar las turberas, reducir emisiones de CO₂ y tener un desarrollo económico sostenible. Esta propuesta se proyecta como una alternativa viable, ya que distintas autoridades locales y regionales se han mostrado interesadas en su implementación. En adición a esto, en un sondeo inicial de mercado realizado a empresas chilenas y españolas, éstas han considerado que la propuesta tiene un interesante potencial de desarrollo para acciones de responsabilidad social corporativa.
- De acuerdo a las observaciones realizadas en campo, en un número significativo de localidades: la sobreexplotación, las malas prácticas de cosecha del musgo vivo y la explotación de turba, han iniciado una preocupante degradación de estos ecosistemas, afectando directamente los servicios ecosistémicos que prestan. Esto conlleva pérdidas de biodiversidad endémica, se elimina valiosa información de interés científico que se ha almacenado durante miles de años, desaparece una belleza paisajística singular con gran potencial turístico y recreativo, entre muchos otros servicios afectados. Es preciso iniciar estudios de restauración ecológica como respuesta a los fuertes impactos ejercidos por las actividades extractivas.

- Finalmente, es urgente para Chile realizar una tipificación tanto de humedales como de turberas y aumentar el conocimiento científico que se tiene sobre éstas para lograr una mejor comprensión de estos ecosistemas, de modo que se establezca una línea base de conocimiento, clara y con fundamento técnico-científico que conduzca a establecer políticas públicas para la preservación y uso sostenible de las turberas, resguardando el inmenso patrimonio natural que ellas constituyen.

ANEXOS

- **ANEXO DIGITAL I:** Cuadernillo Taller Escuelas "Las Turberas y el Pompón".
- **ANEXO DIGITAL II:** Cuadernillo Taller "Turberas, Ecoturismo y Desarrollo Sustentable".
- **ANEXO DIGITAL III:** Guía fotográfica de Musgos, Hepáticas y Líquenes de ecosistemas turbosos de la Isla Grande de Chiloé.
- **ANEXO DIGITAL IV:** Poster Musgos, Hepáticas y Líquenes de Chiloé.
- **ANEXO DIGITAL V:** Tríptico informativo.
- **ANEXO DIGITAL VI:** Cartel informativo "Las turberas y la turba".
- **ANEXO DIGITAL VII:** Cartel informativo "Origen de las turberas".
- **ANEXO DIGITAL VIII:** Cartel informativo "Importancia de las turberas".
- **ANEXO DIGITAL IX:** Cartel informativo "Habitantes de las turberas".
- **ANEXO DIGITAL X:** Juego "Criptograma".
- **ANEXO DIGITAL XI:** Juego "Sopa de letras".
- **ANEXO DIGITAL XII:** Juego "Laberinto".