

# Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile

## Floristic and hydrological characterization of Chiloé Island peatlands, Chile

MARÍA F. DÍAZ<sup>1,2,\*</sup>, JUAN LARRAÍN<sup>3</sup>, GABRIELA ZEGERS<sup>4</sup> & CAROLINA TAPIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ecología, Casilla 114-D, Santiago, Chile

<sup>2</sup> Instituto de Ecología & Biodiversidad, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

<sup>4</sup> Ainavillo 630, Concepción, Chile

\* e-mail para correspondencia: fdiazi@bio.puc.cl

### RESUMEN

Las turberas son ecosistemas reconocidos mundialmente por actuar como grandes reservorios de agua dulce, afectando el clima y la hidrología local; por ser sumideros de carbono; por albergar especies únicas, contribuyendo así a la biodiversidad; y porque significan un recurso económico para la sociedad. La vegetación de las turberas es dominada por plantas que crecen a ras de suelo formando densas poblaciones, en especial musgos del género *Sphagnum* o plantas vasculares de la familia de las Ciperáceas o Juncáceas. Presentan altos niveles freáticos y una profunda capa de materia orgánica (turba) bajo la capa viva de plantas. La tala y quema de bosques en sitios con drenaje pobre han generado un tipo de ecosistema similar a las turberas donde crece principalmente el musgo *Sphagnum* (turberas antropogénicas o “pomponales”), pero donde la acumulación de turba aún es muy baja. Mientras las turberas naturales son utilizadas para la extracción de turba, en las turberas antropogénicas se cosecha el musgo vivo que se encuentra en la superficie. Las consecuencias ecológicas después de ambas actividades extractivas son distintas. El objetivo de este trabajo es hacer una comparación de la composición florística y de los niveles freáticos entre turberas naturales y antropogénicas. Fueron estudiadas turberas naturales y antropogénicas con y sin extracción de *Sphagnum*. Se registraron 74 taxa (ocho líquenes, 19 brófitas y 47 de plantas vasculares). Las diferencias en composición florística nos permiten distinguir entre turberas naturales y antropogénicas. Los niveles freáticos también difieren entre sitios, siendo menos superficiales en turberas naturales y antropogénicas sin extracción, que en turberas antropogénicas con extracción de *Sphagnum*. Debido a la inexistencia de nieves eternas en la Isla de Chiloé, la alteración hidrológica de estos reservorios de agua dulce proveniente de las lluvias puede traer graves consecuencias ecológicas.

**Palabras clave:** *Sphagnum*, turberas, turberas antropogénicas, diversidad, napa freática.

### ABSTRACT

Peatlands are globally known as major deposits of fresh water and carbon, affecting the planet's weather and local hydrology; for bearing unique plant and animal species, contributing to biodiversity; and because they represent a major economic resource to humanity. Peatlands are dominated by plants forming dense populations, especially *Sphagnum* moss and vascular plants belonging to the Cyperaceae and Juncaceae. They present high water table levels and a deep organic matter layer (peat) below the living layer of plants. The use of fire and logging to clear forests in poor drainage soils have generated a kind of ecosystem similar to peatlands, dominated by *Sphagnum* moss, where peat accumulation is very low or absent (anthropogenic peatlands or “pomponales”). Compared with natural peatlands, they share the presence of *Sphagnum*, but they are very different in the use human beings give to them. While natural peatlands are used for peat extraction, anthropogenic peatlands are harvested for the superficial layer of living moss. The ecological consequences after both extractive activities are also different. The aim of this work is to compare the floristic composition and water table levels between natural and anthropogenic peatlands. We sampled natural and anthropogenic peatlands with and without *Sphagnum* extraction. We registered 74 taxa (eight lichens, 19 bryophytes and 47 vascular plants). Differences in floristic composition allow us to distinguish between natural and anthropogenic peatlands. Water table levels also differ between study sites, being less superficial in natural and anthropogenic peatlands without moss extraction. The hydrological alterations after peatland exploitation would bring serious ecological consequences to Chiloé island, since its only source of water comes from rainfall and is stored in these large reservoirs called peatlands.

**Key words:** *Sphagnum*, peatlands, anthropogenic peatlands, diversity, water table.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los humedales han adquirido gran importancia debido a su valor económico y ecológico. Estos desempeñan una función global fundamental al regular la hidrología, manteniendo la calidad del agua dulce y la integridad de los ciclos hidrológicos, constituyendo verdaderos reservorios hídricos (Bullock & Acreman 2003). Además, regulan la química atmosférica del planeta, actuando como fuente y sumidero de carbono (Clymo & Hayward 1982, Clymo et al. 1998, Gorham 1991, Moore et al. 1998).

Las turberas representan cerca del 50 % de todos los humedales del mundo y se extienden por los cinco continentes (Ramsar 2004). Se encuentran en zonas donde las temperaturas son bajas y la precipitación es abundante (sobre 2.000 mm anuales) durante todo el año. Sin embargo, también existe un grupo excepcional de turberas (bofedales) de alta montaña situados en la estepa árida de los Andes centrales, donde las Juncaceae son las principales formadoras de turba y se abastecen de agua subterránea asociada al derretimiento de nieve (Squeo et al. 2006a).

Se considera que el 90 % de una turbera es agua (Päivänen 1982), por lo que juegan un rol fundamental en el abastecimiento de este elemento en lugares con presencia de temporada seca, ya que mantienen una disponibilidad de agua constante (Parish et al. 2007). Se estima que contienen cerca de un tercio de todo el carbono que se encuentra en el suelo del planeta (Gorham 1991), a pesar de que solo cubren del 4 al 5% de la superficie terrestre (Waddington et al. 2003).

En la creación de una base de datos mundial sobre humedales, y según el informe “Examen global de los recursos de los humedales y prioridades de los inventarios de humedales”, las turberas se definen como un tipo de humedal prioritario (Resolución VII.20 de Ramsar) y se señala, en particular, que se encuentran amenazadas principalmente por el drenaje destinado a generar más tierras para la agricultura y la forestación en Europa, Asia y Norteamérica. Todo esto a pesar de su importancia como sumidero de carbono y como recurso económico (Gorham 1991, Waddington et al. 2003).

Las turberas de *Sphagnum* son un tipo de humedal caracterizado por presentar una matriz

continua superficial de musgos sobre una capa de turba, que puede alcanzar varios metros de profundidad. Esta turba es de origen vegetal y se encuentra en distintos estados de descomposición anaeróbica. El estrato superficial es biológicamente activo, conformado por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas con gran capacidad para retener humedad (Iturraspe & Roig 2000). El principal componente de estas asociaciones es el musgo *Sphagnum*, el cual forma un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío (Schlatter & Schlatter 2004, Van Breemen 1995). Esto ayuda a prevenir la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto, permitiendo que se forme la turba. Tiene una gran capacidad de absorción de agua (hasta 20 veces su peso seco en agua), y por lo tanto, también tiene significancia en la hidrología del área donde se encuentra y en la dinámica de los bosques y paisajes (Roig & Roig 2004). Son sistemas cuya única fuente de agua proviene de los ríos y/o de la lluvia. El resultado es un ecosistema de humedal con una flora y fauna única y especializada (Parish et al. 2007, Van Breemen 1995).

Al sur de Chile, en la Región de Los Lagos, existen muchos humedales dominados por *Sphagnum*, sin embargo, muchos de ellos no corresponden a turberas al no poseer una capa profunda de turba acumulada. El concepto “turbera” –según el Ministerio de Minería de Chile– se asigna a un área donde la turba está siendo producida y acumulada con espesor de perfil mayor a 30 cm. Mundialmente no existe consenso en relación al concepto de turbera y de cuál es el mínimo de profundidad que debe tener para que sea considerada como tal. Sin embargo, los valores oscilan entre 30 y 40 cm (Poulin et al. 2004). Schlatter & Schlatter (2004) distinguen entre turbal y turbera, donde el primero corresponde a un ecosistema con capacidad de 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. Mientras que las turberas corresponden a las áreas donde la turba está siendo producida y acumulada progresivamente, incrementando la potencia del depósito orgánico. Las vegas o mallines

(bofedales en el altiplano de Argentina, Chile, Bolivia y Perú) en determinadas circunstancias ambientales su vegetación puede dar lugar a la formación de una capa de turba (Schlatter & Schlatter 2004). Así por ejemplo, los bofedales andinos del norte de Chile, dominados por *Oxychloe* y *Patosia*, también son considerados turbales, pudiendo acumular varios metros de materia orgánica (Squeo et al. 2006a).

A los sitios con presencia de *Sphagnum* en el sur de Chile, pero sin acumulación de turba, se les conoce localmente como “mallines” o “pomponales” (del vocablo mapuche poñpoñ = musgo o esponja). Estos humedales son de origen reciente, formados luego de la quema o tala rasa de bosques en sitios con drenaje pobre (Díaz et al. 2007, Valenzuela-Rojas & Schlatter 2004), por esto les hemos llamado turberas antropogénicas o formaciones secundarias de *Sphagnum*, donde algunas de ellas presentan acumulación de turba, otras no. Frecuentemente se forman estos humedales después de la quema o tala de tepuales, cipresales o alerzales. Luego de la desaparición del bosque, estos sitios anegados son colonizados por el musgo *Sphagnum* debido a su gran capacidad para tolerar condiciones de anegamiento, y su presencia retarda considerablemente la recolonización arbórea (Díaz & Armesto 2007).

En estas formaciones secundarias de *Sphagnum*, el musgo es cosechado por agricultores de la zona para comercializarlo en el extranjero. Se utiliza principalmente como sustrato para cultivos hortícolas, frutales y de orquídeas, como también para la industria de productos absorbentes y material de empaque, además de presentar diversos usos como planta medicinal (Glime 2007, Rochefort 2000). Según antecedentes de ProChile 2006 las exportaciones en los últimos diez años han aumentado progresivamente, con un promedio de crecimiento para los últimos 4 años de un 20%. La producción del año 1996 fue de 238 t. En el año 2000 bordeó las 1.000 t, llegando en el año 2005 a un total de 2.255 t (Pérez 2007). El musgo es exportado principalmente a Estados Unidos, Corea del Sur, Taiwán y Japón, entre otros (Zegers et al. 2006). La gran demanda ha provocado que algunos agricultores de la Región de Los Lagos hayan hecho un uso indiscriminado del recurso durante los últimos 20 años lo que se ve reflejado directamente en el dramático aumento

de las exportaciones (Pérez 2007), provocando la degradación de estos humedales. La extracción de *Sphagnum* en muchos de estos humedales ha sido completa, dejando sitios completamente inundados donde no se observa regeneración del musgo (H. Aburto, comunicación personal). Hasta el momento, en Chile no existe regulación ni política ambiental para la extracción de *Sphagnum*. Estas formaciones secundarias de *Sphagnum* o pomponales se encuentran en predios de pequeños propietarios o en terrenos fiscales. El impacto ecológico de esta actividad se desconoce.

Debido a su estado sucesional temprano y por la escasa o nula acumulación de turba que presentan estos sitios, estos podrían diferir en su composición florística y niveles freáticos con respecto a las turberas naturales. Los objetivos del presente trabajo son caracterizar turberas naturales y antropogénicas, evaluando si existen diferencias en la composición florística y en la dinámica temporal de escala estacional de sus niveles freáticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

Los sitios de estudio se localizaron en la Isla Grande de Chiloé en las comunas de Ancud, Castro y Chonchi (Fig. 1). Estos comprendieron turberas (con acumulación de más de 30 cm de turba) y turberas antropogénicas (sin acumulación de turba o menor a 30 cm). El clima es templado húmedo con fuerte influencia oceánica. La temperatura media anual en Ancud es 9,1 °C y las precipitaciones en promedio son de 2.100 mm al año con un período más seco durante los meses de verano (enero y febrero) (datos de nueve años en Estación Biológica Senda Darwin, Ancud, Chiloé). En Castro, la temperatura media anual es 11,6 °C y las precipitaciones son de 1599 mm al año (Di Castri & Hajek 1976).

### *Muestreo florístico de turberas naturales y antropogénicas*

Para el análisis florístico fueron estudiadas siete localidades: cuatro de ellas, Púlpito, Romazal, Rilán y Pumanzano corresponden a

turberas naturales o con acumulación de turba mayor a 30 cm, siendo Rilán una turbera explotada para la extracción de turba. Las tres restantes, Senda Darwin, Rapoport y Chanquín, corresponden a turberas antropogénicas, donde la última presenta extracción de la capa superficial de *Sphagnum*. En cada turbera se realizaron 6 transectos lineales paralelos de 50 m de longitud donde se trazaron cuadrantes de 50 x 50 cm cada 10 metros, completando un total de 36 cuadrantes por sitio donde fue registrada la presencia/ausencia de los distintos taxa de plantas y líquenes. La separación entre los transectos varió entre 15 a 25 m dependiendo del tamaño del sitio.

### Monitoreo de napa freática de turberas naturales y antropogénicas

Fue monitoreado el nivel freático en seis sitios: dos de ellos corresponden a turberas naturales, Romazal y Púlpito, ubicadas en la comuna de Castro, dos turberas antropogénicas sin extracción de musgo (Senda Darwin y Rapoport, comuna de Ancud) y dos turberas antropogénicas donde se está cosechando el musgo (Lecam y Curamó, comuna de Ancud). En cada sitio se realizaron dos transectos de 80 m cada uno separados por 30-40 m dependiendo del tamaño del sitio. Cada 20 m se enterraron tubos de PVC de 1 m de largo en el

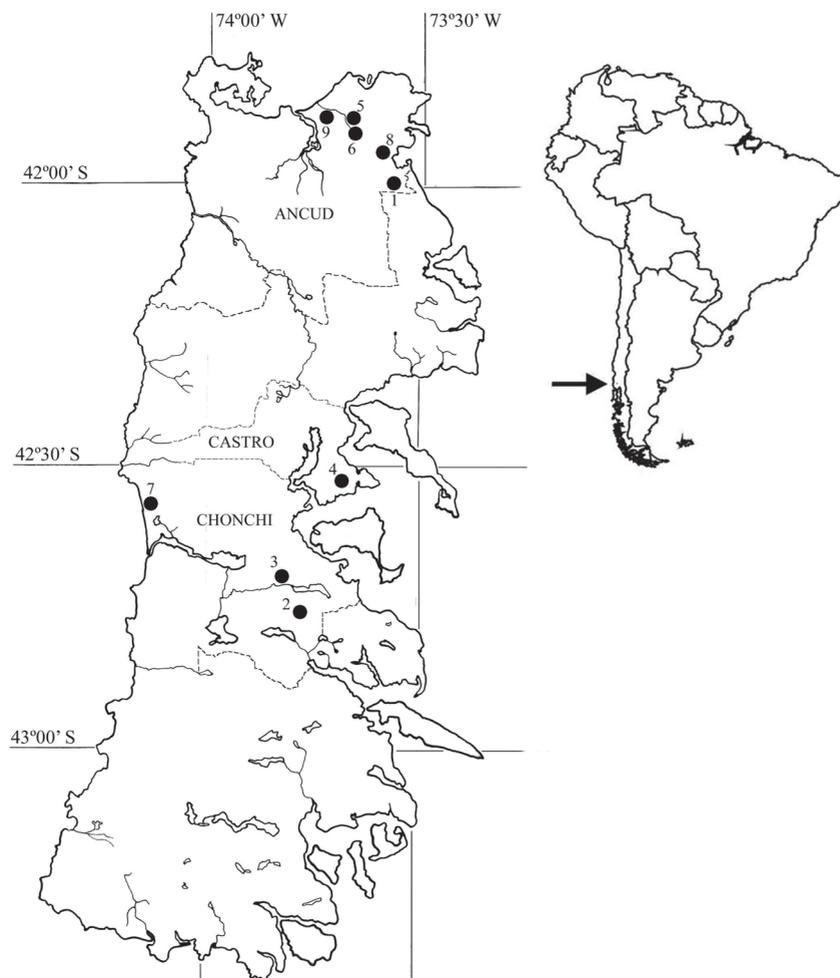


Fig. 1: Sitios de estudio en la Isla Grande de Chiloé en las comunas de Ancud, Castro y Chonchi (Turberas naturales: 1. Pumanzano; 2. Púlpito; 3. Romazal; 4. Rilán. Turberas antropogénicas: 5. Senda Darwin; 6. Rapoport; 7. Chanquín; 8. Lecam; 9. Curamó).

Study sites on Chiloe Island, on Ancud, Castro and Chonchi counties (Natural peatlands: 1. Pumanzano; 2. Púlpito; 3. Romazal; 4. Rilán. Anthropogenic peatlands: 5. Senda Darwin; 6. Rapoport; 7. Chanquín; 8. Lecam; 9. Curamó).

caso de las turberas antropogénicas y de 1,5 m en el caso de las turberas naturales, perforados en su parte inferior y rodeados por arena para permitir el tránsito libre de agua y poder registrar el nivel freático. La diferencia en el largo de estos piezómetros se debe a diferencias de profundidad de ambos tipos de humedales. Se registró el nivel freático una vez al mes durante todo un año, desde junio de 2004 a mayo de 2005.

### *Análisis estadístico*

Con los datos obtenidos de composición florística en cada sitio, se evaluó la similitud entre ellos utilizando el índice de coincidencia simple y la topología del árbol se infirió mediante análisis de UPGMA (Li 1981) con el programa Treecon (Van de Peer & De Watcher 1994). La robustez del agrupamiento se validó mediante análisis de bootstrap con 1.000 iteraciones.

Para analizar los registros de nivel freático se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas comparando entre los distintos sitios de estudio (turberas naturales y turberas antropogénicas con y sin extracción de musgo) y estaciones del año.

## RESULTADOS

### *Composición florística de turberas naturales y antropogénicas*

Se registró un total de 74 taxa en las turberas estudiadas (ocho líquenes, 19 briófitas y 47 plantas vasculares, ver detalles en Tabla 2). Las 20 especies más comunes dan cuenta del 84% de los taxa registrados en el total de los cuadrantes. Entre ellas, las más frecuentes fueron *Myrteola nummularia*, *Sphagnum magellanicum* y *Gaultheria antarctica*, presentes en todos los sitios (Tabla 1). La mayor diversidad se encuentra en las turberas antropogénicas sin extracción de musgo (Senda Darwin y Rapoport) (Fig. 2). Se observa una cierta tendencia a una mayor diversidad en los sitios con perturbación intermedia (si consideramos que las turberas naturales carecen de perturbaciones, y que las turberas antropogénicas con extracción de musgo son las más perturbadas).

TABLA 1

### Especies más comunes en turberas de la Isla de Chiloé

Most common species in Chiloé Island peatlands	
Especie	Porcentaje
<i>Myrteola nummularia</i>	10,41
<i>Sphagnum magellanicum</i>	8,66
<i>Gaultheria Antarctica</i>	8,48
<i>Empetrum rubrum</i>	6,40
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	5,48
<i>Riccardia sp.</i>	5,25
<i>Gaultheria mucronata</i>	5,07
<i>Dicranoloma imponens</i>	4,65
<i>Cladonia rangiferina</i>	4,51
<i>Gleichenia cryptocarpa</i>	3,96
<i>Carex magellanica</i>	3,18
<i>Blechnum penna-marina</i>	2,90
<i>Dicranoloma billardieri</i>	2,49
<i>Juncus stipulatus</i>	2,35
<i>Usnea sp.</i>	2,12
<i>Baccharis patagonica</i>	1,98
<i>Schizaea fistulosa</i>	1,84
<i>Blechnum chilense</i>	1,80
<i>Schoenus rhynchosporoides</i>	1,70
<i>Campylopus introflexus</i>	1,20

Ciertas especies fueron encontradas solo en turberas naturales y otras solo en las antropogénicas (Tabla 2). En las turberas naturales se encontraron dos especies insectívoras (*Drosera uniflora* y *Pinguicula antarctica*) y una Juncaginácea (*Tetroncium magellanicum*) que se encuentran en la isla grande de Chiloé solo en estos ambientes y en las tundras magallánicas de la cordillera de Piuché (Ruthsatz & Villagrán 1991, Villagrán 2002). Algo similar ocurre con el musgo *Tetraplodon mnioides*, solo conocido en la isla en las cordilleras de la costa oeste (Larraín 2007) y en las turberas naturales ahora estudiadas. Algunas especies encontradas en turberas naturales son comunes habitantes de praderas de pastoreo en la isla de Chiloé, como el musgo *Hypnum cupressiforme* var. *mossmanianum*, y las vasculares *Hypochaeris radicata* y *Lotus uliginosus*; estas tres especies son de amplia distribución en todos los continentes, pero no fueron encontradas en turberas antropogénicas, aunque las dos últimas fueron encontradas solamente en la turbera de Rilán, la única de las turberas naturales estudiadas que había sido parcialmente drenada para su explotación.

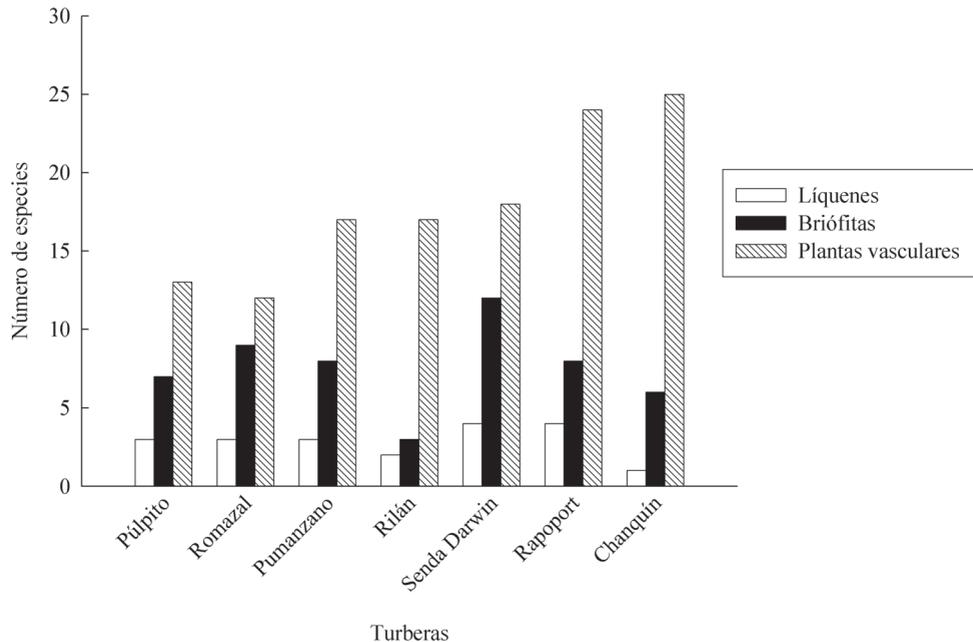


Fig. 2: Riqueza de especies en turberas naturales y antropogénicas de la isla de Chiloé.  
Species richness in natural and anthropogenic peatlands in Chiloé Island.

Es interesante notar la diversidad de líquenes que se encuentran en las turberas naturales, como *Cladonia gracilis*, *C. tessellata*, *Heterodermia leucomelos*, los que crecen sobre la turba o asociados a *Empetrum rubrum* y que no se encuentran en las turberas antropogénicas. En las turberas antropogénicas podemos encontrar *Schoenus rhynchosporoides*, varias especies de *Juncus* y *Apodasmia chilensis*, especies bastante escasas en la isla y que solo se encuentran en ambientes palustres.

El resto de las especies encontradas en las turberas antropogénicas, y que no se encuentran en las turberas naturales, son especies frecuentes en ambientes expuestos a disturbios constantes, como pastizales y tierras agrícolas (e.g. *Aster vahlii*, *Centella asiatica*, *Ugni molinae*), o bien especies propias de los bosques circundantes (como *Blechnum magellanicum*, *Campsidium valdivianum*, *Eucryphia cordifolia*, *Nertera granadensis*, *Tepualia stipularis*, entre otras). Estas últimas generalmente adquieren un hábito enanizado al crecer en estos ambientes. Esto explica el mayor número de especies encontradas en las turberas antropogénicas que en las naturales (Tabla 2).

El análisis de similitud florística entre sitios muestra una separación en dos grandes grupos (Fig. 3). Las turberas naturales conformaron un grupo sustentado por un bootstrap del 94 % quedando la turbera de Pumanzano externa al grupo. Esta fue la turbera menos profunda de las turberas naturales, lo que sugiere que se trata de una turbera más joven. Asimismo, Rilán se separa de Púlpito y Romazal, la diferencia entre estas tres, se da en que Rilán es una turbera explotada para la extracción de turba, y Púlpito y Romazal son turberas naturales sin perturbación antropogénica.

Las turberas antropogénicas formaron un segundo grupo, donde se separa Chanquín, la única turbera antropogénica explotada dentro del análisis, de Senda Darwin y Rapoport, turberas antropogénicas sin explotación.

Hay mayor similitud florística entre las turberas naturales que entre las antropogénicas (i.e., distancias de ca. 25 % versus 40 % respectivamente) (Fig. 3), lo que indica que las turberas antropogénicas son más heterogéneas entre sí que las turberas naturales. Púlpito y Romazal (turberas naturales no explotadas) son muy similares entre sí, con una diferencia de composición florística de solo 10 %.

TABLA 2

Lista de especies encontradas en los sitios estudiados, indicando el tipo de turbera donde se encuentran (TN = turberas naturales; TA = turberas antropogénicas; X = especie presente en al menos un cuadrante)

Checklist of the species found in study sites, showing the type of peatland where they are found (TN = natural peatlands; TA = anthropogenic peatlands; X = specie present in at least one quadrant)

Especies	TN	TA
Líquenes		
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	X	
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	X	X
<i>Cladonia squamosa</i> (Scop.) Hoffm.		X
<i>Cladonia tessellata</i> Ahti & Kashiw.	X	
<i>Heterodermia leucomelos</i> (L.) Poelt	X	
<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson		X
<i>Usnea cf. comosa</i> (Ach.) Röhl.		X
<i>Usnea</i> sp.	X	
Briofitas		
<i>Bazzania</i> sp.	X	
<i>Breutelia dumosa</i> Mitt.		X
<i>Cryptochila grandiflora</i> (Lindenb. & Gottsche) Grolle	X	
<i>Dicranoloma billardieri</i> (Mont.) Paris	X	X
<i>Dicranoloma imponens</i> (Mont.) Ren.	X	X
<i>Frullania</i> sp.	X	X
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. <i>mossmanianum</i> (Müll.Hal.) Ando	X	
<i>Lepicolea</i> sp.	X	X
<i>Polytrichastrum longisetum</i> (Brid.) G.L.Sm.		X
<i>Ptychomnion cygnisetum</i> (Müll.Hal.) Kindb.		X
<i>Ptychomnion densifolium</i> (Brid.) A.Jaeger		X
<i>Riccardia prehensilis</i> (Hook.f. & Taylor) Massal	X	X
<i>Riccardia</i> sp.	X	X
<i>Sphagnum cf. recurvum</i> Beauv.		X
<i>Sphagnum falcatulum</i> Besch.		X
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	X	X
<i>Telaranea</i> sp.		X
<i>Tetraplodon mnioides</i> (Sw. ex Hedw.) Bruch & Schimp.	X	
<i>Ulota cf. germana</i> (Mont.) Mitt.		X
Vasculares		
<i>Anthoxanthum redolens</i> (Vahl) Royen	X	
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.		X
<i>Apodasmia chilensis</i> (Gay) Briggs & Johnson		X
<i>Aster vahlii</i> (Gaudich.) Hook. & Arn.		X
<i>Baccharis patagonica</i> Hook. & Arn.	X	X
<i>Blechnum chilense</i> (Kaulf.) Mett.	X	X

TABLA 2 (continuación)

Especies	TN	TA
<i>Blechnum magellanicum</i> (Desv.) Mett.		X
<i>Blechnum penna-marina</i> (Poir.) Kuhn	X	X
<i>Campsidium valdivianum</i> (Phil.) Skottsb.		X
<i>Campylopus acuminatus</i> Mitt.	X	X
<i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid.	X	X
<i>Carex magellanica</i> Lam.	X	
<i>Carex microglochin</i> Wahlenb. subsp. <i>fuegina</i> Kük.	X	X
<i>Carex</i> sp. 1		X
<i>Carex</i> sp. 2		X
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban		X
<i>Drosera uniflora</i> Willd.	X	
<i>Eleocharis</i> sp.		X
<i>Empetrum rubrum</i> Vahl ex Willd.	X	X
<i>Eucryphia cordifolia</i> Cav.		X
<i>Gaultheria antarctica</i> Hook.f.	X	X
<i>Gaultheria insana</i> (Mol.) D.J.Middleton		X
<i>Gaultheria mucronata</i> (L.f.) Hook. & Arn.	X	X
<i>Gleichenia cryptocarpa</i> Hook.	X	X
<i>Gunnera magellanica</i> Lam.		X
<i>Hymenophyllum dentatum</i> Cav.		X
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	X	
<i>Juncus leersii</i> Marsson		X
<i>Juncus llanquihuensis</i> Barros		X
<i>Juncus planifolius</i> R.Br.		X
<i>Juncus procerus</i> E.Mey		X
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen	X	X
<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr	X	
<i>Myrteola nummularia</i> (Poir.) Berg.	X	X
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce		X
<i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	X	
<i>Oreobolus obtusangulus</i> Gaud.	X	X
<i>Philesia magellanica</i> J.F.Gmel.	X	X
<i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin	X	X
<i>Pinguicula antarctica</i> Vahl	X	
<i>Schizaea fistulosa</i> Labill.	X	X
<i>Schoenus rhynchosporoides</i> (Steud.) Kuek.		X
<i>Serpyllopsis caespitosa</i> C.Chr.	X	X
<i>Tepualia stipularis</i> (Hook. & Arn.) Griseb.		X
<i>Tetroncium magellanicum</i> Willd.	X	
<i>Ugni molinae</i> Turcz.		X
<i>Uncinia brevicaulis</i> Thou.		X
Total 74 taxa	41	58

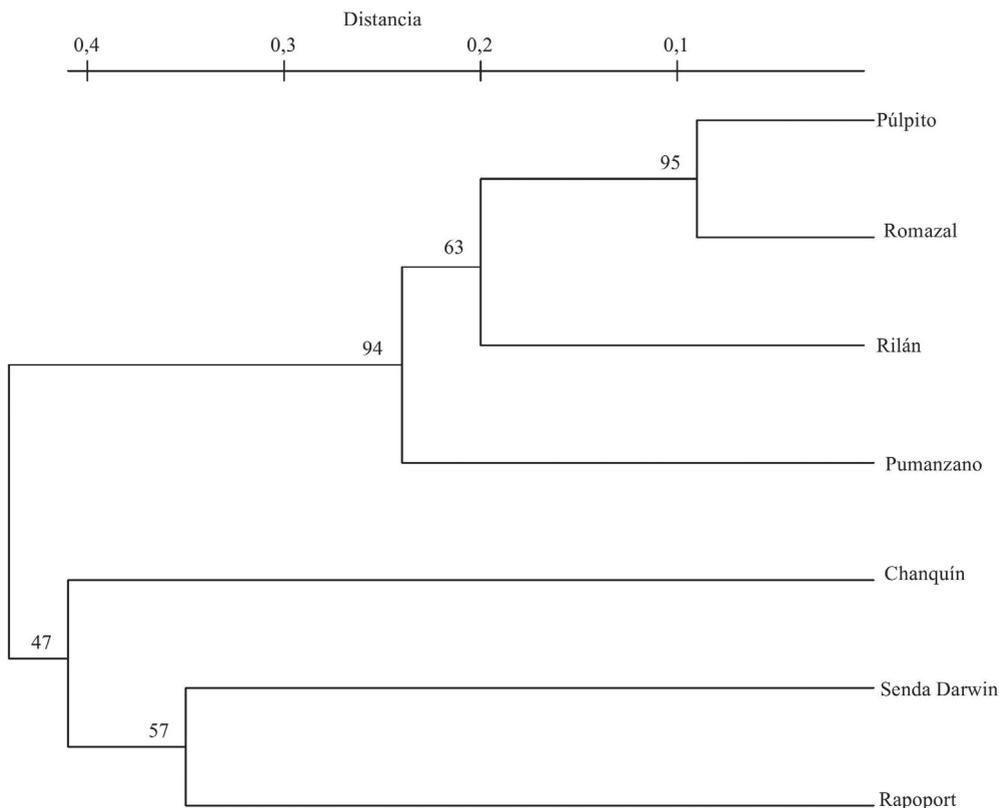


Fig. 3: Dendrograma de similitud florística entre turberas naturales y antropogénicas. El dendrograma fue construido usando el índice de coincidencia simple y la topología se infirió mediante análisis de UPGMA con el programa Treecon. La robustez del agrupamiento se validó mediante análisis de bootstrap con 1.000 iteraciones.

Dendrogram of floristic similarities between natural and anthropogenic peatlands. Dendrogram was constructed using the simple matching coefficient. Dendrogram was inferred using the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) with the Treecon program. The robustness of the cluster was validated by bootstrap analysis with 1000 iterations.

### Registros de nivel freático en turberas naturales y antropogénicas

El análisis de varianza de medidas repetidas mostró que tanto el sitio como la estación tuvieron un efecto significativo sobre la profundidad de la napa freática (Tabla 3). Las turberas antropogénicas con extracción de musgo difirieron significativamente de las sin extracción (Análisis de varianza de medidas repetidas,  $F_{(2,45)} = 8,52$ ;  $P = 0,0007$ , Prueba a posteriori de Tukey,  $P = 0,001$ ). La variación estacional del nivel freático fue menor en las turberas naturales y con menor fluctuación durante los meses secos de verano, en comparación a las antropogénicas (Fig. 4). En

las turberas naturales se observa una diferencia estadísticamente significativa entre el verano y el resto de las estaciones (Prueba a posteriori de Tukey,  $P < 0,0001$ ). Sin embargo, en turberas antropogénicas con y sin extracción de musgo todas las estaciones difieren entre sí (Prueba a posteriori de Tukey,  $P < 0,005$ ). En las turberas naturales siempre fue posible medir el nivel freático, no así en las turberas antropogénicas, donde durante el mes de febrero muchos piezómetros se encontraban totalmente secos. Sin embargo, se observó que desde febrero a mayo de 2005, los niveles freáticos de turberas naturales y antropogénicas con extracción mostraron valores similares.

TABLA 3

Análisis de varianza con medidas repetidas para evaluar diferencias entre sitio y estación del año

Repeated measures analysis of variance to assess differences between sites and season

Fuente	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Entre tratamientos				
Sitio	2	2.933,3	8,52	0,0007
Error	45	344,4		
Dentro tratamientos				
Estación	3	1.118,74	205,72	< 0,0001
Estación x sitio	6	92,3	16,98	< 0,0001
Error	135	5,4		

Las turberas antropogénicas con extracción de musgo presentaron los niveles de napa freática más superficiales entre los tres ambientes. Durante los meses de invierno, en muchos puntos la napa freática afloraba en la superficie. Las turberas naturales presentaron una situación intermedia, y las antropogénicas sin extracción fueron las que presentaron los niveles más profundos de napa freática.

#### DISCUSIÓN

Las condiciones extremas que caracterizan a las turberas hacen que la riqueza de especies sea baja comparada con los ecosistemas adyacentes, generalmente boscosos y relativamente más diversos, incluso entre ecosistemas de turbera; las turberas de *Sphagnum* son consideradas más pobres en riqueza de especies fanerógamas y criptógamas que las turberas de *Donatia* (Roig & Roig 2004). Sin embargo, muchas de las especies que habitan en estos ecosistemas están especializadas para vivir en ambientes que generalmente son adversos para otras especies vegetales (Van Breemen 1995), como lo son la acidez, anoxia, bajo contenido de nutrientes y bajas temperaturas.

En el presente estudio se observaron diferencias en los niveles freáticos entre turberas naturales y antropogénicas. En estas últimas, la napa freática se encuentra casi todo el año muy cercana a la superficie, llegando incluso a aflorar durante los meses de invierno, generando terrenos totalmente inundados. El

mismo fenómeno fue observado durante un estudio realizado en turberas antropogénicas bajo cosecha de musgo, donde se encontró un nivel freático más superficial en los sitios que han sido sometidos a una mayor intensidad de cosecha (Tapia 2008). Durante el período estival, el nivel freático en turberas antropogénicas desciende considerablemente respecto del resto del año, esto puede deberse a un incremento de la evaporación producto de las altas temperaturas y la baja humedad relativa en el ambiente. Además, la ausencia del musgo en turberas cosechadas no permitiría el almacenamiento de agua como ocurre en turberas donde domina el musgo *Sphagnum* con una gran capacidad de acumular y retener agua (Iturraspe & Roig 2000). Así, el nivel freático en turberas antropogénicas presentó una mayor fluctuación durante el año en comparación con las turberas naturales, donde a pesar de bajar en el mes más seco (febrero), se mantuvo relativamente constante durante todo el año. Este resultado apoya la idea del rol de regulador hídrico que cumplen los ecosistemas de turbera. Estos se encargan de almacenar el agua lluvia y descargarla a los ríos de manera regulada, amortiguando el exceso de lluvia característico de la zona en los meses de invierno y disminuyendo la evaporación durante los meses de verano (Díaz et al. 2005, Parkyn et al. 1997). Si bien hay una disminución de los niveles freáticos durante los meses de verano como se ha documentado en otros ecosistemas de turbera, como por ejemplo las altoandinas de la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2006b), siempre fue posible medir

el nivel freático en turberas naturales, no así en turberas antropogénicas donde los piezómetros se encontraron secos especialmente en el mes de febrero.

Las turberas han sido consideradas por la Convención de los Humedales Ramsar por su creciente degradación en países como Canadá, Estados Unidos y varios países europeos. El estado de conservación de estos ecosistemas y los múltiples servicios ecosistémicos que brindan las turberas y humedales en general (Valenzuela-Rojas & Schlatter 2004, Chapman et al. 2003), podrían verse afectados si la extracción de turba y musgo no se regula adecuadamente. Además de distinguir entre turberas naturales y antropogénicas, podemos reconocer entonces que el uso que se da en ambos ecosistemas es distinto también. La extracción de turba y la cosecha de musgo vivo constituyen actividades extractivas cuyas consecuencias ecológicas difieren considerablemente. La primera tiene por objetivo extraer la turba, es decir, la materia

orgánica semidescompuesta que forma los estratos inferiores de las turberas, la cual se recomienda tenga una profundidad mínima de 1,5 m para su extracción (Hauser 1996). La segunda tiene como fin cosechar solo las partes vivas del musgo, que en general se ubican en los 50 cm superficiales de la turbera. Esta segunda actividad se realiza principalmente en turberas antropogénicas donde el musgo es más joven y de mejor calidad para comercializarlo (Tapia 2008), además de crecer menos compactado.

En términos generales, la extracción de turba es una actividad realizada por particulares que operan bajo concesión minera y que, en comparación con la cosecha de musgo vivo, impacta en mayor medida la ecología e hidrología del lugar. Las turberas son drenadas para luego extraer con mayor facilidad la turba, en esta última labor, se utilizan retroexcavadoras, que eliminan por completo la cubierta vegetal, afectando directamente a la biodiversidad. Estas acciones dificultan en extremo la regeneración de la turbera, dejando el

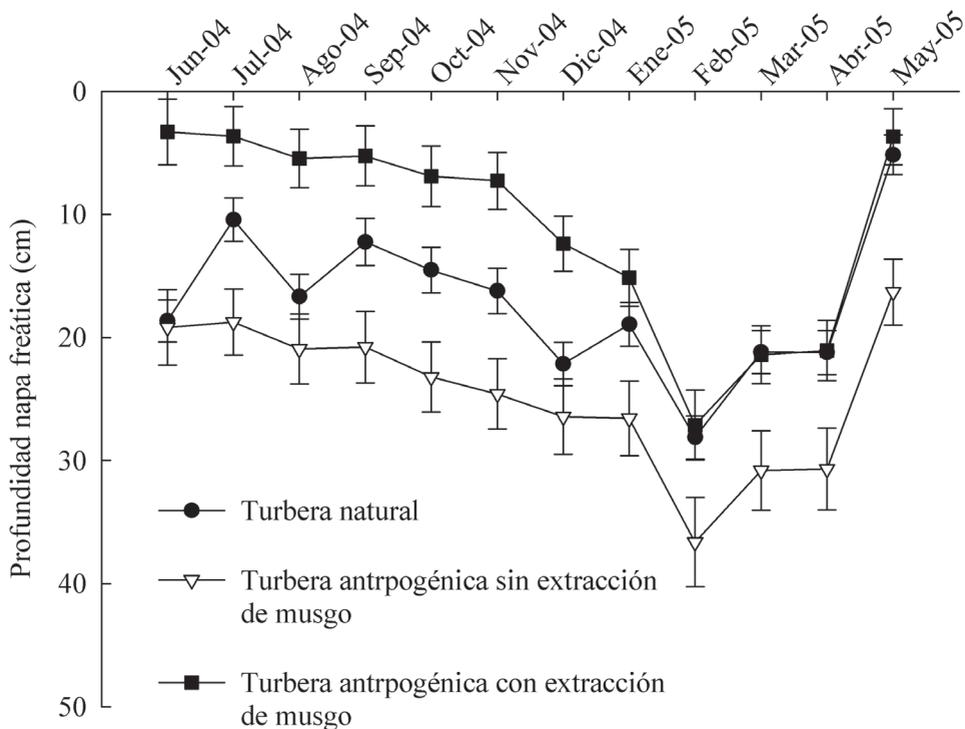


Fig. 4: Nivel freático de turberas naturales y antropogénicas con y sin extracción en la isla de Chiloé. Valores medios mensuales de profundidad de la napa freática  $\pm$  1 EE.

Water table depth in natural and anthropogenic peatlands with and without moss extraction in Chiloé Island. Mean monthly values of water table depth  $\pm$  1 SE.

sustrato mineral expuesto en superficie (San Martín et al. 2004, Zegers et al. 2006). Actualmente, esta es la principal amenaza a este tipo de ecosistemas en la Isla de Chiloé y en muchos otros países (Ramsar 2004). Las turberas naturales no vuelven a ser funcionales luego de la explotación debido a la alteración de las condiciones físicas e hidrológicas necesarias para el restablecimiento del musgo *Sphagnum* (Heathwaite 1994, Price 1996). Las obras de drenaje que se construyen alrededor de las turberas que son explotadas, si bien facilitan la labor de extracción, pueden provocar un gran daño a la hidrología del lugar, muchas veces irreversible. Es por ello que es necesario recalcar la importancia de regular la explotación de las turberas en Chile, ya que un mal uso de estos ambientes puede afectar negativamente la cantidad y calidad de las aguas subterráneas y superficiales. Durante los meses de verano el problema hídrico puede agravarse más si las precipitaciones disminuyen como se predice según informe presentado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 2006) y la extracción ocurre a mayor escala, pudiendo traer como consecuencia problemas en el abastecimiento de agua en las comunidades aledañas a estos sitios.

Por otra parte, la cosecha de musgo vivo es una actividad de tipo artesanal realizada principalmente por pequeños agricultores de la Región de Los Lagos. La cosecha de musgo ocurre mayoritariamente en turberas antropogénicas. Si bien en Chile no existen estudios sobre los efectos ecológicos asociados a la cosecha de musgo, existen algunos antecedentes que nos indican que esta es una actividad potencialmente sustentable en la medida que se realicen algunas prácticas de cosecha que se han llevado a cabo en países como Nueva Zelanda y Australia (Whinam & Buxton 1997) y que han sido puestas en práctica y complementadas por la "Asociación Gremial de Productores del Musgo Pon-pon" en Chile según don Héctor Aburto, presidente de la Asociación (comunicación personal).

En vista de que las actividades económicas asociadas a turberas naturales y antropogénicas y sus consecuentes impactos en el ambiente difieren entre sí, creemos que los resultados de esta investigación pueden ayudar a diferenciar estos dos tipos de humedales, facilitando la elaboración de una normativa ambiental que

regule la explotación de las turberas antropogénicas y promueva la conservación de las turberas naturales.

Para disminuir el impacto humano y hacer un buen manejo de turberas, se debe considerar el área total de la cuenca. Actividades como la tala, caminos, agricultura, pueden alterar la calidad del agua agregando sedimentos y nutrientes, alterando la ecología de la turbera. En la actualidad no existe ningún plan de manejo que regule estas actividades en turberas de ningún tipo. En Australasia, los agricultores han aprendido que la remoción completa del musgo permite la invasión de especies exóticas, lo que inhibe la colonización y el crecimiento del musgo (Whinam & Buxton 1997).

Son necesarios en Chile estudios de crecimiento y regeneración del musgo bajo distintos grados de cosecha o intervención para poder presentar a las autoridades de gobierno un plan de manejo que haga del musgo un recurso sustentable en el tiempo.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de Bosque Modelo Chiloé. Agradecemos también el apoyo de FONDAP-FONDECYT 1501-0001 al Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad durante la preparación del manuscrito. A Sergio Cuyul y a las comunidades indígenas adscritas a la Federación Huilliche de Chiloé, que participaron en el proyecto. A la asociación de pomponeros y su presidente, don Héctor Aburto. Al equipo de Fundación Senda Darwin por su participación y colaboración en distintas etapas del proyecto. A Nicolás García por la determinación de varias plantas vasculares y a Reinaldo Vargas por la determinación de los líquenes. A Rafael Guevara por su colaboración en el análisis de similitud florística. Esta es una contribución al programa de investigación de la Estación Biológica Senda Darwin, Chiloé.

#### LITERATURA CITADA

- BULLOCK A & M ACREMAN (2003) The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences* 7: 358-389.  
CHAPMAN S, A BUTLER, A FRANCEZ, F LAGGOUN-

- DÉFARGE, H VASANDER M SCHLOTTER, J COMBE, P GROSVERNIER, H HARMS, D EPRON, D GILBERT, & E MITCHELL (2003) Exploitation of northern peatlands and biodiversity maintenance: a conflict between economy and ecology. *Frontiers in Ecology and Environment* 1: 525-532.
- CLYMO RS & PM HAYWARD (1982) The ecology of *Sphagnum*. En: Smith AJE (ed) *Bryophyte Ecology*: 229-289. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- CLYMO RS, J TURUNEN & K TOLONEN (1998) Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81: 368-388.
- CONAMA (2006) Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final. Realizado por: Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 71pp.
- DI CASTRI F & ER HAJEK (1976) *Bioclimatología de Chile*. Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 128 pp.
- DÍAZ MF & JJ ARMESTO (2007) Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13-26.
- DÍAZ MF, G ZEGERS & J LARRAÍN (2005) Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. En: <http://www.sendadarwin.cl>
- DÍAZ MF, S BIGELOW & JJ ARMESTO (2007) Alteration of the hydrologic cycle due to forest clearing and its consequences for rainforest succession. *Forest Ecology and Management* 244: 32-40.
- GLIME J (2007) Economic and ethnic uses of bryophytes. En: Zander REA (ed) *Flora of North America* 27: 14-41. Oxford University Press, New York, USA.
- GORHAM E (1991) Northern Peatlands - Role In The Carbon-Cycle And Probable Responses To Climatic Warming. *Ecological Applications* 1: 182-195.
- HAUSER A (1996) Los depósitos de turba en Chile y sus perspectivas de utilización. *Revista Geológica de Chile* 23: 216-229.
- HEATHWAITE AL (1994) Hydrological management of a cutover peatland. *Hydrological Processes* 8: 245-262.
- ITURRASPE R & C ROIG (2000) Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego - Argentina. En: Coronato A & C Roig (eds) *Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego*. Disertaciones y Conclusiones: 85-93. Ushuaia, Argentina.
- LARRAÍN J (2007) Adiciones a la flora de musgos de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Gayana Botánica* 64: 7-23.
- LI WT (1981) Simple method for constructing phylogenetic trees from distance matrices. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 78: 1085-1089.
- MOORE TR, NT ROULET & JM WADDINGTON (1998) Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands. *Climatic Change* 40: 229-245.
- PÄIVÄNEN J (1982) Main Physical Properties of Peat Soils. En: Laine J (ed) *Peatlands and their utilization in Finland*: 33-36. Finnish Peatland Soc., Helsinki, Finland.
- PARISH F, A SIRIN, D CHARMAN, H JOOSTEN, T MINAEVA & M SILVIUS (2007) Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen. 187 pp.
- PARKYN L, RE STONEMAN & AP INGRAM (eds) (1997) *Conserving Peatlands*. CAB International, Walingford, United Kingdom. xxi + 500 pp.
- PÉREZ IL (2007) Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum*. Tesis Ingeniero Forestal, Área de Recursos Naturales, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile. 69 pp.
- POULIN M, L ROCHEFORT, S PELLERIN & J THIBAUT (2004) Threats and protection for peatlands in Eastern Canada. *Géocarrefour* (Francia) 79: 331-345.
- PRICE JS (1996) Hydrology and microclimate of a partly restored cutover bog, Quebec. *Hydrological Processes* 10: 1263-1272.
- RAMSAR (2004) *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales*. Secretaría de convención RAMSAR Gland, Suiza.
- ROCHEFORT L (2000) *Sphagnum* - A keystone genus in habitat restoration. *The Bryologist* 103: 503-508.
- ROIG C & FA ROIG (2004) Consideraciones generales. En: Blanco DE & VM Balze (eds) *Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, Publicación No. 19: 5-21. Wetlands International - América del Sur, Buenos Aires, Argentina.
- RUTHSATZ B & C VILLAGRÁN (1991) Vegetation pattern and soil nutrients of a Magellanic moorland on the Cordillera de Piuchué, Chiloé Island, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 461-478.
- SAN MARTÍN C, C RAMÍREZ & H FIGUEROA (2004) Estudio de la vegetación de "mallines" y "campañas" en la Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Revista geográfica de Valparaíso (Chile)* 35: 261-273.
- SCHLATTER RP & JE SCHLATTER (2004) Los turbales de Chile. En: Blanco DE & VM Balze (eds) *Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, Publicación No. 19: 75-80. Wetlands International - América del Sur, Buenos Aires, Argentina.
- SQUEO FA, BG WARNER, R ARAVENA & D ESPINOZA (2006a) Bofedales: High Altitude Peatlands of the Central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 245-255.
- SQUEO FA, E IBACACHE, B WARNER, D ESPINOZA, R ARAVENA & JR GUTIÉRREZ. (2006b) Productividad y diversidad florística de la vega Tambo. En: Cepeda J (ed) *Geoecología de los Andes Desérticos: La Alta Montaña del Valle del Elqui*: 325-351. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- TAPIA C (2008) Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la Provincia de Llanquihue, Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 74 pp.
- VALENZUELA-ROJAS J & R SCHLATTER (2004) Las turberas de la Isla Chiloé (X Región, Chile): aspectos sobre usos y estado de conservación. En: Blanco DE & VM Balze (eds). *Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, Publicación No. 19: 87-92. Wetlands International - América del Sur, Buenos Aires, Argentina.

- VAN BREEMEN N (1995) How *Sphagnum* bogs down other plants. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 270-275.
- VAN DE PEER Y & R DE WATCHER (1994) TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Computer Applications in the Bioscience* 10: 569-570.
- VILLAGRÁN C (2002) Flora y Vegetación del Parque Nacional Chiloé: Guía de excursión botánica por la Cordillera de Piuché. Gobierno de Chile. Cooperación Nacional Forestal (CONAF). 50 pp.
- WADDINGTON JM, L ROCHEFORT & S CAMPEAU (2003) *Sphagnum* production and decomposition in a restored cutover peatland. *Wetlands Ecology and Management* 11: 85-95.
- WHINAM J & R BUXTON (1997) *Sphagnum* peatlands of Australasia: an assessment of harvesting sustainability. *Biological Conservation* 82: 21-29.
- ZEGERS G, J LARRAÍN, MF DÍAZ & JJ ARMESTO (2006) Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo (Chile)* 22: 28-34.