

Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé

Gabriela Zegers*, Juan Larraín*, M. Francisca Díaz*, ** y Juan J. Armesto*,**

(*) Fundación Senda Darwin (gabyzegersg@yahoo.es, musgoschiloe@yahoo.com, fdiaz@bio.puc.cl, armesto@bio.puc.cl)

(**) 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

La explotación de musgos del género *Sphagnum* (localmente, pompón o pompoñ) se ha estado realizando en Chile de manera sostenida a partir de 1998. El principal motivo de esta extracción es su exportación a países como Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y Taiwán (**ver recuadro 1**), entre otros, donde se utiliza para el cultivo de orquídeas, para horticultura en general, reproducción vegetativa de frutales, como material aislante y de empaque, para conservación de alimentos y en la industria de pañales. La explotación del pomponal (como se denomina localmente a esta vegetación) se ha centrado en la Región de los Lagos, en las provincias de Llanquihue y Chiloé. Entre los años 1998-2000, la fuerte demanda internacional de pompón transformó esta actividad en una importante fuente de ingreso para la Región. Esta intensa extracción, sin embargo, se realizó sin que existieran iniciativas para asegurar su manejo sustentable.

Por su parte la turba, que se forma por acumulación de profundas capas de materia orgánica en extensas áreas sin árboles donde el musgo *Sphagnum* ha crecido por varios milenios, también ha sido explotada desde hace aproximadamente cinco años en el territorio comprendido entre Chiloé y Tierra del Fuego. A pesar que las turberas también están constituidas por musgos, principalmente *Sphagnum*, es importante aclarar que se trata de productos totalmente distintos. La extracción de turba es en sí una actividad no sustentable, similar a la extracción de suelo vegetal, la cual ha sido estudiada y denunciada en el hemisferio norte por sus graves consecuencias para el balance hídrico regional, como se explicará más adelante, y para el balance de carbono global.

En este artículo se entregan antecedentes sobre la importancia ecológica del musgo *Sphagnum* en las zonas de pomponales y de turberas, y se discuten las

consecuencias que puede tener su extracción masiva tanto en el abastecimiento hidrológico como en el ciclo de carbono, así como sus efectos sobre la diversidad biológica, el paisaje y la calidad de los suelos en la Isla Grande de Chiloé.

FORMACIÓN DE TURBERAS Y POMPONALES EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

Las turberas son ecosistemas únicos que se desarrollan en las zonas del planeta caracterizadas por bajas temperaturas y abundante precipitación (sobre 2m anuales) durante todo el año.

Durante las eras glaciales del Pleistoceno, gran parte del territorio de la Región de Los Lagos fue afectado por una intensa actividad glacial. En el último ciclo glacial, hace 18 a 20 mil años, los hielos cubrieron el valle central de esta zona, así como la mayor parte de la actual Isla Grande de Chiloé. Estos glaciares formaron un paisaje caracterizado por numerosas depresiones, las que fueron rellenadas por el hielo y/o material sedimentario. El descenso de la actividad glacial y el progresivo aumento de la temperatura que se inició hace unos 13.000 años, determinaron el retiro de los glaciares hacia la cordillera andina, lo que permitió dejar atrás grandes lagos y lagunas glaciales, como el lago Llanquihue y el seno de Reloncaví, ahora inundado por el mar (Porter 1981). Las condiciones más frías y húmedas limitaron el crecimiento arbóreo y permitieron el desarrollo de singulares y extensas comunidades vegetacionales sin árboles, con predominio de musgos del género *Sphagnum* (**recuadro 2**). Estas comunidades se desarrollaron en grandes áreas de la Isla de Chiloé y la Región de Los Lagos (Villagrán 1988), originando

Recuadro 1

Mercado del pompón

Según datos entregados por ODEPA, los principales países compradores de pompón chileno son Estados Unidos, Taiwán, Japón y Corea del Sur (Tabla 1). En estos países los precios de este musgo en el mercado interno son 10 veces o más que el obtenido en Chile por el distribuidor. Sin embargo, el volumen de exportación de pompón ha permanecido constante, alrededor de las mil toneladas anuales, a partir de 1999 (Tabla 2). El hecho que los productores nacionales tengan una fuerte competencia con países exportadores tradicionales como Nueva Zelanda, que tiene años de experiencia en este rubro, junto con una mayor oferta mundial del recurso, ha significado una desvalorización del pompón a nivel nacional, lo que repercute directamente en los ingresos de las comunidades locales de la Región de Los Lagos que cosechan este recurso.

La asociación gremial de pomponeros de la zona de Puerto Montt está realizando importantes esfuerzos para generar un mercado nacional para el musgo *Sphagnum*, tanto para el uso en horticultura como en la producción de productos manufacturados, como por ejemplo pañales. De este modo esperan obtener un mejor precio para este musgo, que compense el intenso trabajo requerido para su recolección y secado. Sin embargo, a pesar de las múltiples utilidades que tiene el pompón en otros países, estos usos son prácticamente desconocidos a nivel nacional, por lo que ha sido difícil para la asociación lograr que agricultores o empresarios se decidan a invertir en este producto.

Tabla 1. Principales países compradores del musgo chileno (% volumen) de código 14-04-9090 (Musgos secos)

País	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Corea del Sur	6,69	13,09	17,84	14,93	6,7	0	10,28
Estados Unidos	9,04	12,16	15,7	11,83	35,76	72,3	27,19
Japón	39,19	17,9	23,49	22,86	33,19	0	23,69
Taiwán	39,23	22,05	34,28	27,47	15,77	0	24,07
Indonesia	1,28	10,25	1,75	0,1	0	0	2,32
Venezuela	0	22,45	0	0	0	0	3,89
Uruguay	0	7,26	0	0	0	0	1,25
Dinamarca	0,4	0,4	2,75	3,03	8,1	27,28	7,27

Tabla 2. Total de exportaciones de las tres categorías de musgos (mencionadas en la tabla 1) en toneladas secas. Estos datos corresponden a las exportaciones desde 1998 hasta el primer semestre del año 2003.

Año	Total (t) secos
1998	530
1999	1.245
2000	949
2001	1.100
2002	1.315
2003	906
TOTAL	6.045

una matriz continua en las zonas anegadas, donde la materia orgánica se acumuló por milenios y sobre la cual fue eventualmente posible la colonización de otros tipos vegetacionales como los matorrales y los bosques, durante la etapa del calentamiento postglacial (Figura 1).

Las turberas en la Isla Grande de Chiloé están formadas por una matriz superficial continua de musgos

Recuadro 2

Los *Sphagnum* de Chiloé

Botánicamente, el pompón pertenece al Reino de las Plantas, a la División *Bryophyta*, a la Clase *Musci* y a la Familia de las *Sphagnaceas*. Esta familia comprende sólo un género, *Sphagnum*, compuesto por más de 300 especies descritas.

En el archipiélago de Chiloé conviven varias especies de este género. La más abundante es *S. magellanicum*, que se caracteriza por su color rojo, talla relativamente robusta y hojas con ápice obtuso. Suele cubrir grandes superficies con mal drenaje en terrenos abiertos o cubriendo el suelo de los tepuales (bosques formados por la mirtácea *Tepualia stipularis*), donde se desarrolla con extraordinario vigor. Existen además, al menos 4 especies que nosotros hemos identificado en la zona norte de la Isla: *S. fimbriatum*, *S. falcatulum*, *S. recurvum* y *S. cuspidatum* var. *cuspidatum*. Adicionalmente, la literatura cita otras 2 especies para la Isla: *S. acutifolium* y *S. subnitens*. Todas estas especies son de difícil identificación, siendo su morfología celular y la anatomía foliar la base de su clasificación.

del género *Sphagnum*, sobre una profunda capa de materia orgánica o turba, que puede alcanzar varios metros de profundidad. El musgo *Sphagnum* presenta propiedades químicas y biológicas que lo convierten en un género muy especial dentro del reino vegetal (Clymo & Hayward 1982): constituye ambientes de turbera, caracterizados por una alta acidez y anoxia debidas al anegamiento superficial, bajas temperaturas y la presencia de "sphagnol", compuesto fénolico inhibidor del crecimiento de otras plantas (Aerts *et al.* 1999). Constituye, además, materia orgánica con baja disponibilidad de nutrientes. Todas estas condiciones hacen muy lenta la descomposición de la materia orgánica en estos ecosistemas (Clymo & Hayward 1982, Coulson & Butterfield 1978, Aerts *et al.* 1999, Scheffer *et al.* 2001). Bajo estas circunstancias, la acumulación de materia orgánica puede ocurrir durante miles de años, formando una matriz ideal para la conservación de micro y microfósiles, tales como restos óseos animales y restos vegetales, incluyendo granos de polen (Clymo & Hayward 1982, Schofield 1985, Van Breemen 1995). El análisis de los granos de polen enterrados en las profundidades de la turbera permite reconstruir la historia regional de la vegetación, siendo las capas más profundas las que conservan el polen de más antigüedad. Las turberas son, por lo tanto, una valiosa

La extracción de turba es en sí una actividad no sustentable, similar a la extracción de suelo vegetal, la cual ha sido estudiada y denunciada en el hemisferio Norte por sus graves consecuencias para el balance hídrico regional y para el balance de carbono global.

e irremplazable fuente de información de la paleobotánica (Villagrán 1991, Yonebayashi 1996), constituyendo un registro de la historia de nuestro territorio anterior al poblamiento humano.

El musgo *Sphagnum* presenta un alto valor ecológico por su alta capacidad de almacenar agua en los tejidos y el suelo. Este musgo, tanto vivo como muerto, puede conservar hasta 20 veces su peso seco en agua (Schofield 1985), actuando como un importante reservorio hídrico (Clymo, 1965). A esta cualidad se suma que las turberas dominadas por *Sphagnum* poseen un alto potencial de almacenamiento de carbono, explicada por su lenta tasa de descomposición (Heijmans *et al.* 2002). Debido a la gran extensión de turberas remanentes de la reciente era glacial, existe más carbono incorporado en *Sphagnum* (vivo o muerto) que en cualquier otro género de plantas (Clymo & Hayward, 1982). En el hemisferio Norte, las extensas turberas árticas contienen el 20-30 % de todo el carbono y nitrógeno orgánico de los suelos del planeta (Van Bremen, 1995).

Es importante aclarar que no todos los sitios en donde se desarrolla el musgo *Sphagnum* son turberas. Las turberas corresponden a acumulaciones muy antiguas de material orgánico derivado del crecimiento de *Sphagnum*. La mayoría de los sitios con *Sphagnum* que podemos encontrar en la Región de Los Lagos hoy corresponden a pomponales de origen reciente, formados luego de la quema o tala rasa de bosques característicos de sitios con drenaje pobre. Frecuentemente se forman pomponales después de la quema de 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, 2004).

Las diferencias entre las turberas y pomponales de Chiloé no han sido claramente descritas. Los pomponales, por tratarse de sitios relativamente nuevos, originados por la deforestación en suelos mal drenados, no presentan una capa profunda de turba. Estudios preliminares

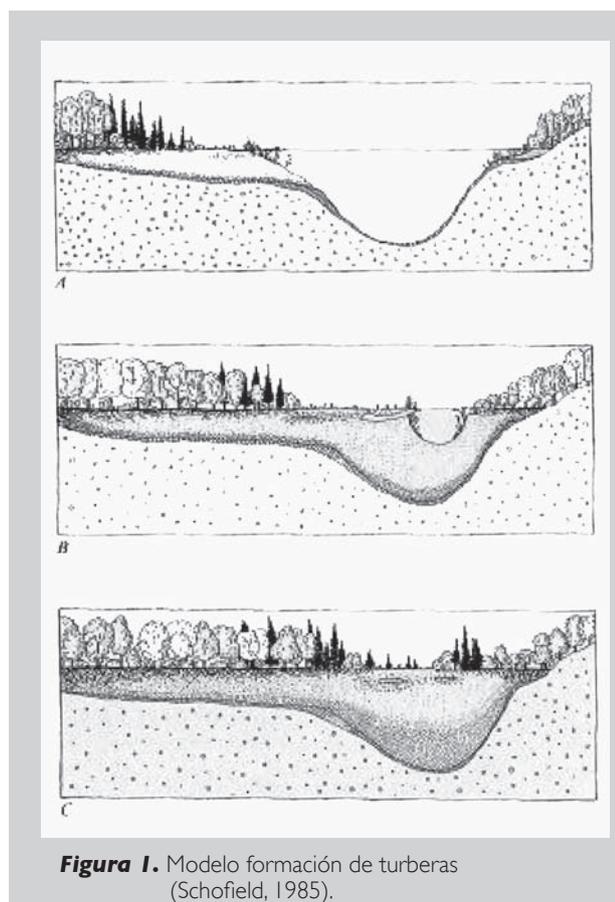


Figura 1. Modelo formación de turberas (Schofield, 1985).

de la flora de pomponales y turberas en la Isla Grande de Chiloé, indican que existen asimismo diferencias en composición florística entre estos dos ecosistemas.

EXTRACCIÓN DE POMPÓN EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

La extracción del pompón en Chiloé, especialmente de la especie *Sphagnum magellanicum* que es la más abundante, ha mostrado un aumento progresivo en los últimos 5 años, constituyendo una fuente de trabajo importante durante los meses de verano en las comunas rurales de Ancud y Castro, donde algunas familias obtienen hasta 600 mil pesos mensuales por la venta del musgo fresco a intermediarios secadores. Los sitios de extracción son pequeños pomponales presentes en el paisaje rural de praderas, matorrales y fragmentos de bosques (**Foto 1**).

Esta actividad se inicia con la cosecha del pompón, labor que es llevada a cabo en general por mujeres y niños del grupo familiar. Luego, los sacos de más o menos 20 kg de musgos húmedos son transportados hasta el camino por los hombres, o por las mismas mujeres con la ayuda de bueyes, desde donde son retirados por vehículos recolectores que proceden a secar el musgo en invernaderos plásticos en la Isla (**Foto 2**). Posteriormente, el musgo se comercializa seco para la exportación.

El valor del saco húmedo (recién cosechado) varía entre los 300-400 pesos por 20 kg de musgo. Una vez seco, el Kg de pompón vale entre 500-650 pesos. Cada saco de 20 kg húmedos equivale aproximadamente a 1,5 kg de *Sphagnum* seco. En algunos casos, los campesinos construyen sus propios secadores artesanales, consiguiendo así un mejor precio para su producto.

Existen actualmente unas diez empresas exportadoras de pompón, la mayoría de las cuales se encuentran en la

R E S U M E N

En los últimos años en Chiloé y la Patagonia se ha observado una intensa y creciente explotación de pomponales y turberas para la exportación de musgos del género *Sphagnum* a países como Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y Taiwán, donde se utiliza para el cultivo de orquídeas, para horticultura en general, reproducción vegetativa de frutales, como material aislante y de empaque, para conservación de alimentos y en la industria de pañales. Con el fin de evitar las negativas consecuencias que puede tener una explotación masiva de pomponales y turberas tanto en el abastecimiento hidrológico como en el ciclo de carbono, así como sus efectos sobre la diversidad biológica, el paisaje y la calidad de los suelos en la Isla Grande de Chiloé, se hace imprescindible la realización de estudios para una mejor comprensión de los procesos biológicos que ocurren en estos ecosistemas, además de una revisión de la legislación existente para que esté acorde con los conocimientos actuales.

Palabras clave: *Sphagnum*, Chiloé, pomponales, turberas

A B S T R A C T

*In recent years, in Chiloé and in Patagonia, there has been an intense and growing exploitation of pomponales and peat bogs for the export of moss of the genus *Sphagnum* to Japan, South Korea, the United States, and Taiwan, where they are used for the cultivation of orchids, for horticulture in general, for vegetative reproduction of fruits, in packaging, in food preservation, and in the diaper industry. To avoid the negative consequences of an over-exploitation of pomponales and peat bogs on water storage and carbon cycles, as well as on biological diversity, landscapes, and soil quality on the island of Chiloé, it is fundamental to perform studies to improve the understanding of the biological processes that occur in these ecosystems. Existing legislation should also be reviewed in light of current knowledge.*

Key words: *Sphagnum*, Chiloé, pomponales, peat bogs

Recibido: junio de 2006.

Aceptado: octubre de 2006.

Foto 1. Extracción de pompón en la comuna de Ancud.

Foto 2. Secado de pompón en la comuna de Ancud.



Región de Los Lagos, pero sólo una de ellas está ubicada en Chiloé, en la comuna de Castro. Esta empresa se encarga de recolectar la mayor parte del pompón de la isla. Para ello se asocia con varias familias y agrupaciones locales, las cuales le venden el pompón seco. El promedio de ingreso mensual por la venta de pompón durante la temporada de verano va desde los 250.000 hasta los 500.000 pesos por familia. Esta suma equivale a una extracción entre 500 y 1.000 kg, considerando un valor de 500 pesos el kg. seco (precio del año 2003; datos de la Empresa Alpha Moss Ltda.).

La extracción artesanal de pompón es una actividad potencialmente sustentable siempre que se realice según un protocolo relativamente simple, empleado en algunos lugares de Chile y en otros países como Australia y Nueva Zelanda (Aburto, comunicación personal; Whinam & Buxton 1997). Este procedimiento consiste en realizar una extracción manual de musgo en las áreas de producción; extraer musgos superficiales, por parches de unos pocos metros cuadrados, dejando parches iguales sin cosechar; dispersar en el sitio manejado los restos (briznas) de musgo que quedan luego del proceso de secado para favorecer la diseminación de propágulos (esporas); y mantener algunos "montículos" intactos para favorecer la dispersión de esporas y, sobre todo, evitar la construcción de drenajes (Whinam & Buxton 1997, Aburto comunicación personal).

EXTRACCIÓN DE TURBA EN LA ISLA DE CHILOÉ

La cosecha de turba es una actividad bastante más difícil que la extracción de pompón. Actualmente, esta operación está regida y regulada por la ley minera, la cual considera —erróneamente— este material biológico como un recurso mineral. Para poder extraer grandes cantidades de turba se requiere el capital suficiente para pagar los derechos mineros y, además, contar con la maquinaria necesaria para poder realizar una excavación del sitio (**Fotos 3 y 4**). Según la ley, cualquier persona puede solicitar una concesión minera, siempre y cuando demuestre que existe "mineral" valioso en el sitio, aun pasando a llevar los derechos del propietario del terreno, sobre todo cuando se trata de campesinos que no tienen los medios para poder informarse y defenderse de la aplicación de esta ley.

Como mencionamos, el pompón puede absorber hasta 20 veces su peso en agua, presentando una saturación de 100%, al igual que la turba que se encuentra en los

estratos más profundos bajo el pompón verde. Algunos sitios pueden tener varios metros de turba, acumulada por cientos o miles de años. Por lo tanto, las turberas se convierten en reservorios de agua importantísimos, especialmente durante períodos secos. Su importancia aumenta si pensamos que la Isla de Chiloé no presenta un suministro de agua a partir de deshielos de montañas, como ocurre en el continente, sino que su única fuente de agua proviene del almacenamiento de aguas lluvias. En los meses de verano con pocas precipitaciones, o después de un año seco, se observan graves problemas de agua en las zonas rurales de Chiloé, debido a que los pozos y ríos muchas veces se secan bajo estas condiciones.

Las turberas son importantes no sólo en el almacenamiento de agua de lluvia, sino también en el flujo de los ríos de la Isla de Chiloé. Existe una relación positiva entre el nivel de la napa y el desagüe de las turberas no explotadas hacia los ríos. En las turberas más antiguas, la capa superficial de *Sphagnum* vivo o débilmente descompuesto actúa como un efectivo sistema de desagüe, transportando rápidamente el exceso de agua a los ríos durante los meses de lluvia (Bragg 1989). Cuando el nivel de la napa de agua subterránea desciende hacia las capas más profundas y descompuestas de turba, este desagüe decae dramáticamente, y el agua es retenida en el interior de la turbera, disminuyendo de esta manera su evaporación durante los meses de verano (Bay 1967).

Estudios realizados en Canadá demuestran que la extracción de las capas profundas de turba, derivadas de siglos de acumulación de materia orgánica, no es una actividad sustentable. Las turberas naturales no vuelven a ser funcionales luego de la explotación, debido a que la excavación altera las condiciones físicas e hidrológicas del sitio, impidiendo el restablecimiento del musgo *Sphagnum* en la superficie (Heathwaite 1994, Price 1996, Van Setters & Price 2001).

A la extracción masiva de la turba, se le suma el impacto del drenaje del agua almacenada en estos ecosistemas a través de canales y surcos (**Foto 3**). Estas actividades hacen que el nivel de la napa de agua descienda a la profundidad de la turba más descompuesta, que se caracteriza por una alta densidad y menos capacidad de retención de agua (Price 1996), perdiendo el suelo orgánico su capacidad de actuar como "esponja". En consecuencia, se presentan amplias fluctuaciones del nivel de la napa entre las estaciones del año y entre años (Price 1997), causando anegamientos durante los meses de lluvia y un aumento en la evaporación de

agua durante los meses cálidos (Fotos 3 y 4).

También es importante mencionar que las turberas dominadas por el musgo *Sphagnum* presentan un alto potencial de acumulación de carbono debido a su bajo índice de descomposición (Clymo & Hayward 1982), almacenando durante milenios grandes cantidades de carbono orgánico en las capas profundas de turba. Alteraciones graves de estos ecosistemas pueden tener importantes consecuencias sobre el ciclo de carbono global (Heijmans *et al.* 2002), liberando masivamente carbono a la atmósfera.

El musgo *Sphagnum* presenta un alto valor ecológico por su alta capacidad de almacenar agua en los tejidos y el suelo. Este musgo, tanto vivo como muerto, puede conservar hasta 20 veces su peso seco en agua, actuando como un importante reservorio hídrico.

se encuentran pedidas para una concesión minera, y dos de ellas están actualmente en proceso de explotación (Quilquico y Tarahuín). Sin embargo, CONAMA, que es el organismo encargado de revisar los EIA, no ha recibido ninguno sobre extracción de turba en esta Región hasta la fecha, de acuerdo a nuestros antecedentes. Tanto CONAMA como el SAG reconocen que existe una seria desinformación acerca de este

tema, por lo que una correcta aplicación de la ley se hace aún más difícil. A esta situación se suma la ausencia de guías prácticas o recomendaciones para el manejo de pompón para la comunidad en general.

CONSIDERACIONES LEGALES

La legislación respecto a esta actividad extractiva de un recurso biológico potencialmente renovable no está clara. La ley minera estipula que para realizar una extracción de turba en la Región de Los Lagos en un área mayor a 30 hectáreas es necesario efectuar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Actualmente, todas las turberas más extensas de la Isla Grande de Chiloé

CONCLUSIONES

Es evidente que para resolver los problemas de regulación y uso del pompón y la extracción de la turba se requiere una comprensión de los procesos biológicos que ocurren en estos ecosistemas. Los países desarrollados del hemisferio Norte tienen un amplio historial de desastres ecológicos causados por la explotación irracional de las turberas, de los cuales nosotros deberíamos aprender.



Foto 4.
Extracción de turba en Quilquico, comuna de Castro.



Foto 3.
Extracción de turba en Tarahuin, comuna de Chonchi.



En las últimas décadas se han intensificado los estudios científicos sobre estos humedales en países como Canadá, Inglaterra, Alemania y Japón, aportando así una nutrida bibliografía al respecto. Sin embargo, quedan muchas interrogantes por aclarar y así lograr una comprensión de los mecanismos de formación y dinámica de las turberas de *Sphagnum* que nos permitan restaurar los ecosistemas que han sido explotados y manejar adecuadamente las turberas que aún permanecen intactas (Hughes 2000).

Debido a la intensa y creciente explotación de turba en los últimos años en Chiloé y la Patagonia se hace imprescindible la realización de estos estudios, además de una revisión de la legislación existente para que esté acorde con los conocimientos actuales. Una tarea inmediata es evitar que la explotación masiva no vaya en desmedro de los derechos de las comunidades locales ni cause daños irreparables al ambiente regional, especialmente en lo que concierne al abastecimiento hídrico. 

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que facilitaron la realización de este estudio, especialmente a don Héctor Aburto, Carlos del Río y a Patricia Jiménez por los datos de ODEPA. Se agradece a Bosque Modelo Chiloé por el financiamiento del proyecto "Evaluación del impacto ecológico y social de la extracción de pompón (*Sphagnum*) en la Isla de Chiloé". Esta es una contribución al programa de investigación de la Estación Biológica Senda Darwin, Chiloé.

Referencias bibliográficas

Aerts R., J.T.A. Verhoeven y D.F. Wigham (1999) Plant-Mediated controls on nutrient cycling in temperate fens and bogs. *Ecology* 80 (7): 2170–2181.

Bay R.R. (1967) Factors influencing soil-moisture relationships in undrained forested bogs. En: *Forest Hydrology*. W. E. Supper y H. W. Lull (eds.). Pergamon Press, Oxford. Pp. 335-342.

Bragg O. M. (1989) The importance of water in mire ecosystems. En: *Cut-over Lowland Raised Mires*. W. Fojt y R. Meade (eds.). Research and Survey in Nature Conservation. No.24. Nature Conservancy Council: Peterborough.

Clymo R. S. (1965) Experiments on the breakdown of *Sphagnum* in two bogs. *Journal of Ecology* 53: 747-758.

Clymo R. S. y P. M. Hayward (1982) The Ecology of *Sphagnum*. En: *Bryophyte Ecology*. A. J. E. Smith (ed.). Chapman & Hall, New York. Pp. 229-289.

Coulson J. C. y J. Butterfield (1978) An investigation of the biotic factors determining the rates of plant decomposition on blanket bog. *Journal of Ecology* 66: 631-650.

Díaz M.F. (2004) Limitantes biológicas e hidrológicas de la sucesión secundaria en bosques de Chiloé. Tesis de Doctorado en Ciencias mención Ecología y Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 141 pp.

Heathwaite A. L. (1994) Hydrological management of a cutover peatland. *Hydrological processes* 8: 245-262.

Heijmans M. M. P. D., H. Klees y F. Berendse (2002) Competition between *Sphagnum magellanicum* and *Eriophorum angustifolium* as affected by raised CO₂ and increased N deposition. *Oikos* 97: 415-425.

Hughes P. (2000) A reappraisal of the mechanisms leading to ombrotrophy in British raised mires. *Ecology Letters* 3: 7-9.

Price J. S. (1996) Hydrology and microclimate of a partly restored cutover bog, Quebec. *Hydrological Processes* 10: 1263-1272.

Price J. S. (1997) Soil moisture, water tension, and water table relationships in a managed cutover bog. *Journal of Hydrology* 202: 21-32.

Porter S. C. (1981) Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research* 16: 263-292.

Scheffer R. A., R. S. P. van Logtestijn y J. T. A. Verhoeven (2001) Decomposition of *Carex* and *Sphagnum* litter in two mesotrophic fens differing in dominant plant species. *Oikos* 92: 44-54.

Schoefield W. B. (1985) The Peat Mosses- Subclass *Sphagnidae*. En: *Introduction to Bryology*. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey. Pp. 32-48.

Van Breemen N. (1995) How *Sphagnum* bogs down other plants. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 270-275.

Van Seters T. E. y J. S. Price (2001) The impact of peat harvesting and natural regeneration on the water balance of an abandoned cutover bog, Quebec. *Hydrological processes* 15: 233-248.

Whinam J. y R. Buxton (1997) *Sphagnum* peatlands of Australasia: an assessment of harvesting sustainability. *Biological Conservation* 82: 21-29.

Villagrán C. (1988) Late Quaternary Vegetation of Southern Isla Grande de Chiloé, Chile. *Quaternary Research* 30: 304-314.

Villagrán C. (1991) Historia de los bosques templados del sur de Chile durante el Tardiglacial y Postglacial. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 447-460.

Yonebayashi C. (1996) Reconstruction of the vegetation at A.D. 915 at the Ohse-yachi Mire, northern Japan, from pollen, present-day vegetation and tephra data. *Vegetatio* 125 (2): 111-122.