



El presente libro titulado "Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes" tiene por objetivo aportar herramientas para comprender cuáles son las funciones y servicios de las turberas, entender qué son, cuál es su origen, cómo ha sido su evolución en el tiempo, cuáles son los elementos biológicos que la integran y cuál es su aporte en la mitigación del cambio climático que nos afecta hoy a todos por igual.

El contenido de este libro fue producto del apoyo del Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena, Secretaría Regional Ministerial de Agricultura e INIA Kampenaike, junto a la colaboración de numerosos investigadores de diversas universidades y centros de investigación nacionales e internacionales. Todos ellos asumieron un gran desafío y generosamente decidieron ayudar a dar a conocer las funciones y los servicios ecosistémicos de las turberas, entendiendo que estos humedales presentan características únicas y complejas, que tienen importancia por regular el cambio climático, el ciclo del agua y por contener una diversidad biológica única, sólo presente en estos ecosistemas.

Por tal razón, esperamos que este trabajo sirva de guía tanto para las instituciones públicas de competencia y gestión ambiental, así como para los profesores, alumnos de educación básica, media, universitaria y la ciudadanía en su conjunto. Ya que necesitamos que todos puedan empoderarse de los doce capítulos que constituyen este libro.



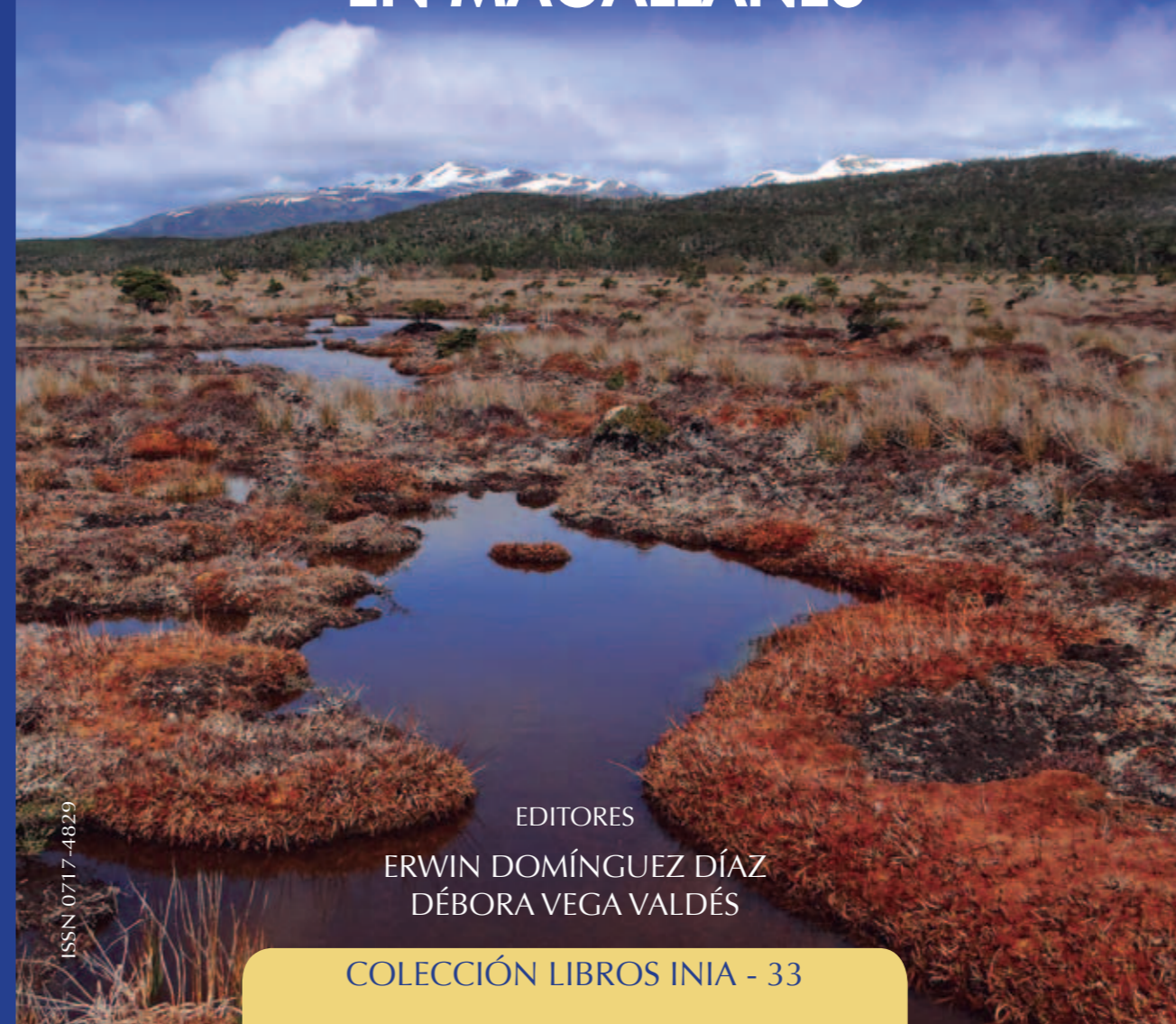
Colección
Libros
INIA
N° 33

FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS TURBERAS EN MAGALLANES



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA

FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS TURBERAS EN MAGALLANES



EDITORES

ERWIN DOMÍNGUEZ DÍAZ
DÉBORA VEGA VALDÉS

COLECCIÓN LIBROS INIA - 33

ISSN 0717-4829





FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS TURBERAS EN MAGALLANES



Erwin Domínguez Díaz y Débora Vega-Valdés, editores

Este libro entrega resultados obtenidos en el marco del programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, financiado por el Gobierno Regional de Magallanes, unidad técnica SEREMI Agricultura y ejecutado por INIA Kampenaike.

Unidad Técnica SEREMI Agricultura:

Ricardo Bennewitz Martínez – Coordinador y Supervisor Técnico.

Lorena Cancino Osorio – Apoyo Supervisión Técnica.

Geomara Ojeda Ruiz – Coordinadora y Supervisora Financiera.

Editores:

Erwin Domínguez Díaz, M. Sc. en Botánica

email: edominguez@inia.cl

Débora Vega Valdés, Geógrafa

email: debora.vega@inia.cl

Director Responsable:

Claudio Pérez Castillo. M. Sc., Ph. D.

Director Regional INIA Kampenaike

Libro INIA N° 33

Cita bibliográfica correcta, la obra completa debe citarse como sigue:

Domínguez, E. y D.Vega-Valdés (eds.) 2015. Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Cita bibliográfica correcta por capítulo:

Capítulo 1.

Díaz, M.F., W. Silva y C.A. León. 2015. Características de los ecosistemas de turberas, factores que influyen en su formación y tipos. Cap. 1 p. 27 - 39. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 2.

Vega-Valdés, D. y E. Domínguez. 2015. Análisis espacial de la distribución geográfica de las Turberas de *Sphagnum* en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Cap. 2 p. 43 - 77. En: E. Domínguez y D. Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 3.

Villa-Martínez, R., H. Mansilla, J.C. Aravena y E. Domínguez. 2015. Las turberas como archivos de cambios paleoambientales. Cap. 3 p. 81 - 97. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 4.

Iturraspe, R. 2015. Hidrología de turberas. Cap. 4 p. 101 - 123. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 5.

Larraín, J. 2015. Musgos y hepáticas en las turberas. Cap. 5. p. 127 - 145. En: E. Domínguez y D. Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 6.

Domínguez, E., D.Vega-Valdés, O. Dollenz, R.Villa-Martínez, J.C. Aravena, J.M. Henríquez y C. Muñoz-Escobar. 2015. Flora y vegetación de turberas de la Región de Magallanes. Cap. 6 p. 149 - 195. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 7.

Jerez, V. y C. Muñoz-Escobar. 2015. Coleópteros y otros insectos asociados a turberas del páramo magallánico en la Región de Magallanes, Chile. Cap. 7 p. 199 - 224. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 8

Ortiz, J.C. 2015. Anfibios de las turberas del extremo austral de Chile. Cap. 8 p. 229 - 240. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 9

Riveros, G., A. Kusch, J. Cárcamo y E. Domínguez 2015. Avifauna en turberas Fuego - Patagónicas. Cap. 9 p. 245 - 275 En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 10

Guzmán, J.A. 2015. Roedores de las turberas en Magallanes. Cap. 10 p. 279 - 293. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 11

Loisel, J. 2015. Las turberas como sumideros de carbono. Cap. 11 p. 297 - 315. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Capítulo 12

Saavedra, B. y A. Figueroa. 2015. Visión y experiencias para la conservación de turberas en Chile. Cap. 12 p. 319 - 334. En: E. Domínguez y D.Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA N° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

© 2015. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike, Angamos N° 1056, Punta Arenas, Chile. Casilla 277, Punta Arenas, Chile. Tel.: 56-61- 2242322, email: edominguez@inia.cl

ISSN 0717 - 4713

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Comité editor:

Marta Alfaro V. Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Remehue. Osorno. Chile.

Juan Carlos Aravena, M. Sc. y Doctor en Ciencias Biológicas. PMI Gaia -Antártica, Universidad de Magallanes. Punta Arenas. Chile.

Edgardo Casanova Pino, Geógrafo, Jefe Departamento Gestión y Ordenamiento Territorial Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena. Punta Arenas. Chile.

Orlando Dollenz Álvarez, M. Sc. en Botánica. Facultad de Cs. Universidad de Magallanes. Punta Arenas. Chile.

Erwin Domínguez Díaz, M. Sc. en Botánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Kampenaike. Punta Arenas. Chile.

Jaime Pizarro, Profesor de Biología - M. Sc. en Zoología, Facultad de Cs. Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

Mauricio Rondanelli Reyes, Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas Universidad de Concepción. Concepción. Chile.

Sebastián Teiller Arredondo, Lic. en Ciencias Biológicas. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central. Santiago. Chile.

Débora Vega Valdés, Geógrafa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Kampenaike. Punta Arenas. Chile.

Pedro F. Victoriano, Doctor en Ciencias Biológicas mención Zoología, Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas Universidad de Concepción. Concepción. Chile.

Rodrigo Villa-Martínez, M. Sc. y Doctor en Ciencias Biológicas. PMI Gaia -Antártica, Universidad de Magallanes. Punta Arenas. Chile.

Revisión Ortotipográfica: Lorena Díaz Andrade.

Diseño y Diagramación: Gabriel Orlando Quilahuilque y Camila Díaz Lara.

Impresión: 10 de Febrero de 2015

Cantidad de ejemplares: 1.000

Punta Arenas, Chile.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena a través del Fondo para el Desarrollo de Magallanes - FONDEMA y también a la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de Magallanes su participación como Unidad Técnica.



En memoria de Carolina Tapia Mansilla †,
quien trabajó con compromiso y convicción
en la formulación, ejecución y coordinación
de las actividades de este programa.

ÍNDICE

Presentación	17
Prólogo	19
Introducción	21
Capítulo 1: Características de los ecosistemas de turberas, factores que influyen en su formación y tipos	27
Introducción: ¿Qué son los ecosistemas de turberas?	27
¿Cómo se forman las turberas?	29
Estructura de una turbera	30
¿Cómo se clasifican las turberas?	31
Importancia ecológica e impacto humano sobre las turberas	34
Conclusiones	37
Bibliografía	38
Capítulo 2: Análisis espacial de la distribución geográfica de las Turberas de <i>Sphagnum</i> en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena	43
Introducción	43
Objetivos	45
Métodos y materiales	45
Herramientas de trabajo	47
Aproximación a la evolución cartográfica sobre las turberas de Magallanes	48
Corrección vectorial a la base digital realizada por el Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes, por Ruiz y Doberti (2005)	66
La reedición acorde a las formas de la unidad homogénea de turberas para la identificación y zonificación de las Turberas de <i>Sphagnum</i> , a partir del análisis visual de imágenes satelitales en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena	69
Limitantes del estudio	73
Conclusiones	74
Propuestas	75
Bibliografía	76
Capítulo 3: Las turberas como archivos de cambios paleoambientales	81
Introducción	81
Área de estudio	84
Métodos	86
Resultados: Estratigrafía y cronología	87
Estratigrafía de Polen:	88
1.- Estancia Vicuña	88
2.- Laguna Parrillar	89
Discusión e implicancias paleoambientales	90
Laguna Parrillar	93
Conclusiones	95
Agradecimientos	95
Bibliografía	97

Capítulo 4: Hidrología de turberas	101
Introducción	101
El agua en las turberas	103
Almacenamiento y movimiento del agua en el cuerpo de la turbera	105
Almacenamiento de agua en la superficie de la turbera	107
Balance hídrico	109
La importancia de las funciones hidrológicas de las turberas	111
Fragilidad de las turberas ante alteraciones de su régimen hidrológico y efectos adversos relacionados	114
El castor alcanza también a las turberas	117
Conclusiones	119
Bibliografía	122
Capítulo 5: Musgos y hepáticas en las turberas	127
Introducción	127
Estado del conocimiento	131
Estudios en desarrollo	133
Agradecimientos	144
Bibliografía	144
Capítulo 6: Flora y vegetación de turberas de la Región de Magallanes	149
Introducción	149
Metodología: Área de estudio	152
Levantamiento de la información	155
Análisis estadísticos	156
Resultados: Riqueza y composición	157
Discusión: Riqueza y composición	165
Estructura comunitaria y diversidad	166
Conclusiones	169
Agradecimientos	169
Bibliografía	170
Anexo 1: Fotografías de las turberas estudiadas	176
Anexo 2: Lista florística de la vegetación de las turberas en Magallanes	179
Anexo 3: Flora típica de turberas en Magallanes	184
Capítulo 7: Coleópteros y otros insectos asociados a turberas del páramo magallánico en la Región de Magallanes, Chile	199
Introducción	199
Diversidad y roles tróficos	202
Aspectos biogeográficos	204
Distribución de Coleópteros	205
Aspectos de Conservación	209
Agradecimientos	212
Bibliografía	213
Apéndices	219
Capítulo 8: Anfibios de las turberas del extremo austral de Chile	229
Introducción	229
Metodología	230
Resultados y discusión	231
Distribución	235

Conservación	235
Conclusiones	237
Agradecimientos	237
Bibliografía	238
Capítulo 9: Avifauna en turberas Fuego-Patagónicas	245
Introducción	245
Área de estudio	249
Método: Muestreos de avifauna	249
Descripción de las turberas y su clasificación	253
Turberas de <i>Sphagnum</i>	254
Turberas pulvinadas	255
Turbera graminiforme o graminoide	256
Resultados. Similitud Taxonómica de presencia y ausencia de aves en las diferentes turberas	257
Caracterización cuantitativa de las comunidades de aves en turberas de la porción noroccidental de Magallanes	258
Avifauna de Turbera de <i>Sphagnum</i>	260
Avifauna de turbera pulvinada	260
Avifauna de turbera graminiforme	262
Avifauna de turbera arbustiva	264
Avifauna de turbera arbolada	266
Uso de las turberas por las especies de aves	268
Discusión	270
Bibliografía	272
Capítulo 10: Roedores de las turberas en Magallanes	279
Introducción	279
Roedores de las turberas de Magallanes	282
Dieta de los roedores de las turberas en Magallanes	286
Bibliografía	290
Capítulo 11: Las turberas como sumideros de carbono	297
Introducción	297
La estimación de las reservas de carbono de las turberas de Magallanes	299
Cuantificación de la acumulación de carbono a largo plazo en turberas de Magallanes	306
Los efectos del cambio climático y el drenaje de las turberas de Magallanes	309
El valor de las turberas para créditos de carbono	312
Conclusión	314
Bibliografía	315
Capítulo 12: Visión y experiencias para la conservación de turberas en Chile	319
Introducción	319
Amenazas a turberas chilenas	320
Pautas para guiar la conservación de turberas en Chile	326
Mesa de Turberas, planificación de conservación desde la Administración	326
Investigaciones para la conservación de turberas	328
Erradicación de invasores, el abatimiento definitivo de una amenaza	331
Conclusión	332
Bibliografía	333

Presentación

La presente publicación tiene por objetivo aportar herramientas para comprender cuáles son las funciones y servicios de las turberas, entender qué son, cuál es su origen, cómo ha sido su evolución en el tiempo, cuáles son los elementos biológicos que la integran y cuál es su aporte en la mitigación del cambio climático que nos afecta hoy a todos por igual.

El contenido de este libro fue producto de la colaboración y el apoyo de numerosos investigadores de diversas universidades y centros de investigación nacionales e internacionales, los que asumieron un gran desafío y generosamente decidieron ayudar a dar a conocer las funciones y los servicios ecosistémicos de las turberas de Magallanes, entendiendo que estos ecosistemas constituyen humedales de características únicas y complejas, que tienen importancia por regular el cambio climático, el ciclo del agua y por contener una diversidad biológica única, sólo presente en estos ecosistemas.

Por tal razón, esperamos que este trabajo sirva de guía tanto para las instituciones públicas de competencia ambiental, así como para los profesores, alumnos de educación básica, media, universitaria y la ciudadanía. Ya que necesitamos que todos puedan empoderarse de estos doce capítulos, que muestran lo singular de estos ecosistemas que están presentes en la Región de Magallanes.

Es por eso que esta Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, preocupada por el desarrollo y uso sostenible de este recurso natural, a través del financiamiento del Gobierno Regional (FONDEMA), ha elaborado y supervisado desde el año 2009, la ejecución por parte de INIA Kampenaike, del Programa denominado

“Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”.

Este programa se ha concentrado en el desarrollo de acciones concretas que han permitido obtener resultados y productos en varios ámbitos, tales como, elaboración de cuatro boletines: 1) Manual de evaluación del paisaje de turberas, 2) Manual de buenas prácticas del musgo *Sphagnum*, 3) Bases comerciales para el desarrollo sostenible del musgo *Sphagnum* en Magallanes, Chile y 4) Bases para un protocolo de restauración ecológica de Turberas de *Sphagnum* en Magallanes, Chile. Además de cinco informativos, ocho presentaciones a congresos y tres publicaciones de divulgación y dos científicas, generándose para la Región de Magallanes un aporte al conocimiento científico-técnico de nuestros recursos naturales.

Considerando que se proyecta un incremento en el tamaño poblacional y un acelerado consumo de los recursos naturales para el año 2050, si no se toman los resguardos, como un adecuado manejo de los mismos que permita un desarrollo armónico sostenible en el tiempo, pondremos en riesgo las funciones y servicios de las turberas, su relación local, regional, nacional y situación a nivel global.

La única forma consciente de resguardar nuestros recursos naturales es reconociendo sus características y luego su importancia, de esa manera podremos velar juntos por un desarrollo sostenido. Finalmente, esperamos que este libro sea una herramienta de análisis que ponga en valor a las turberas de la Región de Magallanes, a escala nacional e internacional y sea un manual para los responsables políticos, las audiencias técnicas y otros interesados en las turberas.

ETEL LATORREVARAS

Médico Veterinario, M. Sc.
Secretaría Ministerial de Agricultura
Región de Magallanes y
la Antártica Chilena

Prólogo

En términos generales, tanto a nivel nacional como regional, la explotación de los recursos naturales no es ni ha sido sustentable. Producto de ello son los índices crecientes de erosión antrópica que afecta al país, con las consecuentes externalidades negativas asociadas a dichos manejos. Junto a lo anterior, es importante hacer conciencia en la sociedad que el ecosistema magallánico es único por sus características de suelo, clima y sistemas de explotación silvoagropecuaria. Las praderas naturales así como las turberas y sus productos asociados no escapan a lo anterior. La formación o generación de la turba y el musgo *Sphagnum* demora cientos y decenas de años, respectivamente, por lo que una explotación desmedida significa la extinción de estos recursos.

La misión del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) es generar y transferir conocimientos y tecnologías estratégicas a escala global, para producir innovación y mejorar la competitividad del sector agroalimentario. Para cumplir con lo anterior, se han establecido siete programas de investigación. Uno de ellos es el programa de Sustentabilidad y Medioambiente que tiene como objetivos producir conocimientos, basados en la investigación científica de calidad, y contribuir al mejoramiento de la sostenibilidad de los ecosistemas que son

usados en la agricultura nacional, incorporando criterios de mayor sostenibilidad ecológica y productiva, adaptada a los nuevos escenarios de cambio climático.

Se debe conocer y valorar la importancia de los ecosistemas productivos, como son las praderas naturales presentes en la estepa patagónica, así como el bosque subantártico y las turberas, los cuales se caracterizan por las funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan al hombre, que contribuyen a mantener la biodiversidad. Las turberas producen y almacenan carbono, mediante la acumulación lenta de materia orgánica en forma de turba. Estos ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos, espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación a través del turismo, entre otras.

Mediante esta publicación, INIA Kampenaike hace un aporte al conocimiento, generando una base científico-ambiental sobre estos tipos de humedales que paulatina y progresivamente se reconocen y valoran como parte del patrimonio natural y cultural de la zona macroaustral de Chile. Este conocimiento ayudará con la compleja y difícil tarea de implementar un manejo sostenido en la Región de Magallanes.

CLAUDIO PÉREZ CASTILLO
Ing. Agrónomo, M. Sc., Ph. D.
Director Regional
INIA Kampenaike



Introducción

Las turberas proporcionan importantes funciones y servicios ecosistémicos, incluyendo la regulación del agua, la conservación de una biodiversidad específica, y el secuestro y almacenamiento de carbono. Ellas representan entre el 50 - 70% de los humedales del mundo. Su distribución mundial se concentra en las zonas frías del Hemisferio Norte. Éstas se caracterizan por su capacidad de acumular grandes cantidades de materia orgánica semi-descompuesta, conocida como turba, bajo condiciones de saturación de agua permanente.

Son reconocidas a nivel mundial como un recurso económico y ecológico por contribuir al almacenamiento de carbono atmosférico. Siendo la función de sumidero de carbono uno de los elementos que ha cobrado mayor importancia en la actualidad, superando incluso al de los bosques, y por lo tanto la relevancia actual de conservarlas dentro de las áreas protegidas, para prevenir el aumento de las emisiones de gases con efecto invernadero y el calentamiento global. Por otra parte, los depósitos de turba son también un archivo paleoambiental, que contiene información sobre los cambios climáticos que ha sufrido la Tierra, durante los últimos siglos.

La turba es considerada como un estado primario en la formación del carbón, es por ello que su uso más tradicional ha sido el energético. En Europa Oriental, Irlanda y países escandinavos, la turba sigue siendo una importante fuente de energía, especialmente en la generación termoeléctrica. Sin embargo, la turba posee una multiplicidad de usos, los cuales han ido reemplazando paulatinamente al energético por sustrato



para el cultivo de alimentos para la agroindustria. También ha sido usada en la industria de hidrocarburos como un eficiente remediador de pasivos ambientales y para controlar derrames de petróleo. Otros usos "no extractivos" son: el turismo de intereses especiales, la investigación científica para evaluar las funciones ecológicas que cumplen las turberas y los servicios que proporcionan a los seres humanos que viven en su entorno.

Las turberas en el Hemisferio Norte han sido usadas intensamente desde 1800, esto ha causado la degradación de estos humedales, teniendo como principales causas la acción del hombre, particularmente debido al drenaje profundo para la extracción de turba o el cambio de uso de suelo para la habilitación de tierras agrícolas y forestales. Así la extracción de turba fue considerada una actividad no sustentable debido a que las turberas intervenidas no se recuperaban en forma natural después de su explotación. Es por eso que varios países, que en el pasado explotaron sus turberas en forma indiscriminada, hoy estudian el cómo restaurarlas, desarrollando líneas de investigación tendientes a implementar planes de recuperación, rehabilitación y restauración ecológica entre las empresas, centros de investigación e instituciones de gobierno vinculadas a la agricultura, medio ambiente y minería.





En Chile las turberas se distribuyen entre las regiones de la Araucanía y Magallanes, siendo esta última la región con mayor abundancia del recurso, estimándose en alrededor de un 17% de su superficie terrestre, encontrándose el 83% de ellas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

En nuestra región, la extracción de turba es una actividad que se inició entre la década de los 80 y 90, que sólo en los últimos cuatro años ha despertado un mayor interés por su aprovechamiento. En la actualidad existen sólo dos explotaciones activas (Cameron en Tierra del Fuego y San Juan al sur de la Península de Brunswick) en donde se extrae la turba rubia molida que es enviada principalmente a la zona central para ser utilizada en horticultura, básicamente como material de embalaje para las exportaciones de bulbos de *Lilium* en estado de reposo en la industria de la floricultura en Chile, según ODEPA.

Cabe señalar que la turba en Chile es considerada una sustancia fósil concesible, de acuerdo al Código de Minería (Ley N°18.248, Art. 5°), por lo tanto, está bajo la administración del Ministerio de Minería. Debido a que la turba yace bajo un estrato biológicamente activo, aeróbico,

conformado principalmente por plantas hidrófilas, entre ellas el musgo *Sphagnum* que otorga bienes y servicios a los habitantes del mundo rural, la SEREMI de Agricultura de Magallanes ha decidido abordar, en conjunto con la SEREMI de Minería, las problemáticas ligadas al aprovechamiento del recurso en la región desde el año 2000.

Por otra parte, existe una presión creciente por parte de empresarios nacionales y extranjeros que ven en el recurso musgo *Sphagnum* la ausencia de una normativa para su explotación, viendo una gran oportunidad de negocio a corto plazo de carácter extractivo y sin resguardos ambientales, pudiendo producir un daño ecológico que no se condice con las políticas de desarrollo que ha impulsado el Gobierno Regional.

En Chile la agricultura es la segunda actividad económica después de la minería, que ha crecido durante el último decenio a tasas superiores al PIB nacional, perfilando al país como potencia agroalimentaria. Esta actividad, en la fase de viverización de las especies comerciales, demanda como principal insumo la turba (sustrato base para cultivos), constituyendo la compra de ésta, un 60% del costo de los insumos asociados. Esta

turba proviene principalmente de Canadá, a pesar de su gran abundancia en el sur del país. Es por ello que para las empresas agrícolas nacionales (emplazadas en su mayoría en la zona central del país) el abastecimiento de turba nacional constituye una alternativa muy interesante que podría reducir sus costos, siendo la Región de Magallanes la zona que presenta las mejores características para estos fines.

Frente a este escenario el MINAGRI ha tenido un especial interés en generar diversas investigaciones y trabajos aplicados destinados todos estos a dar a conocer las turberas como ecosistemas valiosos y representativos, promoviendo a través de sus productos y actividades un uso racional desde diversas aristas, como por ejemplo una perspectiva ambiental, económica productiva, social e investigativa vinculada a las turberas como un recurso territorial.

Los hitos más importantes que han caracterizado este proceso de trabajo en función de la generación y desarrollo de esta temática han sido:

- En 1997 se desarrolla la primera mesa gubernamental que analiza los alcances de la explotación del recurso *Sphagnum* en la Región de Los Ríos y Los Lagos. Los actores activos fueron el MINAGRI, ODEPA, SAG, CONAMA.
- Posteriormente en 2002, reconociendo la importancia y las potencialidades de este recurso, el MINAGRI y MINERÍA trabajan en conjunto para desarrollar un inventario de las turberas en Magallanes, trabajo publicado en el 2005 por Ruiz y Doberti denominado *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*.
- Entre 2009 y 2015, posteriormente el Ministerio de Agricultura implementa el programa "Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes", ejecutado por INIA-KAMPENAIKE, que ha tenido como propósito promover el reconocimiento de funciones y servicios de las turberas desde una perspectiva territorial en la macro-zona austral de Magallanes, a través del financiamiento del Gobierno Regional (proyec-



to FONDEMA), el cual busca establecer los mecanismos del uso racional como son las buenas prácticas, la restauración (recuperación, rehabilitación y restauración ecológica); todos estos aspectos han permitido desarrollar una red de investigación y actores que articula a diversas instituciones públicas del Ministerio de Agricultura como el SAG, CONAF, INIA, INDAP y FUCOA, en la ejecución de este programa, como también el interés de estos servicios por futuros trabajos. Importante ha sido la implementación de una mesa Técnica política interregional sobre las turberas y el musgo *Sphagnum*, como también el trabajo conjunto con otras instituciones públicas que han sido partícipes del proceso, ya que poseen las competencias, atribuciones, participación directa e indirecta como es el Ministerio del Medio Ambiente, SEA, Minería, Bienes Nacionales, Energía, Municipalidades, Gobernación y el Gobierno Regional de Magallanes.

Por lo anterior, se puede afirmar que las turberas, emplazadas en Magallanes, constituyen ecosistemas de alto valor económico y ambiental, y a su vez frágiles ante la intervención humana. Por ello se plantea que el uso de ellas ha de ser concebido bajo los conceptos de uso racional, conservación y zonificación del territorio, en donde se establezcan los procedimientos más adecuados ambientalmente para las labores de extracción de turba o de *Sphagnum* y las medidas específicas de restauración, como también identificar cuáles serán las áreas destinadas a la actividad extractiva y de conservación.

Erwin Domínguez Díaz
Coordinador del Programa Turbera
INIA Kampenaike

Ricardo Bennewitz Martínez
Unidad Técnica
SEREMI de Agricultura



Capítulo 1

Características de los ecosistemas de turberas, factores que influyen en su formación y tipos.

María F. Díaz¹, Wladimir Silva², Carolina A. León³

¹Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Andrés Bello. Santiago, Chile. ²Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

³Universidad Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile.

E-mail: mdiaz@unab.cl

Introducción ¿Qué son los ecosistemas de turberas?

Son grandes extensiones de humedales distribuidas principalmente en latitudes altas en ambos hemisferios, aunque también pueden encontrarse en zonas tropicales (Figura 1). Este tipo de humedal cubre más de 4 millones de km² en todo el mundo, está

presente en más de 180 países y representa al menos un tercio de los humedales a nivel mundial (Parish et al., 2008). En su definición más amplia, estos ecosistemas pueden encontrarse en climas árticos, boreales, templados o tropicales.

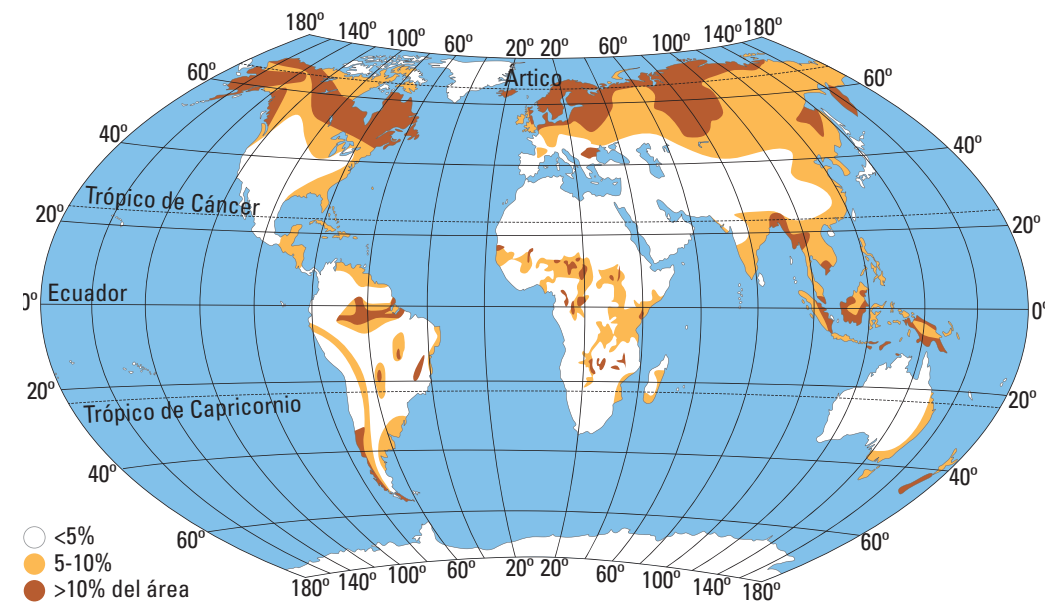


Figura 1. Distribución de turberas a nivel mundial (Lappalainen, 1996).



En su definición más simple, los ecosistemas de turberas son ambientes terrestres en los cuales la producción primaria neta excede la descomposición de la materia orgánica. La descomposición en estos ecosistemas es muy lenta debido a una serie de condiciones y restricciones a este proceso propias de estos ambientes, por ejemplo: anegamiento constante, acidez, anoxia (falta de oxígeno), baja disponibilidad de nutrientes, bajas temperaturas, y a los sustratos que son relativamente poco lábiles (Moore y Basiliko, 2006). Esto produce la acumulación de un depósito rico en materia orgánica parcialmente descompuesta, llamado turba. Con todas estas características, las turberas son ecosistemas que albergan una flora y fauna única y adaptada a estos ambientes (Parish *et al.*, 2008).

Desde su formación a partir del Último Máximo Glacial (18 mil años AP), estos ecosistemas

han acumulado grandes cantidades de carbono en forma de materia orgánica poco descompuesta y, en la actualidad, son los reservorios terrestres de carbono más importantes, almacenando más de 600 Gt en forma de turba (Yu *et al.*, 2010).

Las turberas se encuentran usualmente en lugares donde la precipitación es alta (entre 800 y 6.000 mm de precipitación anual) y la evaporación es baja, en áreas donde nunca o rara vez hay sequías de verano; en áreas frías (e.g., boreales y subantárticas) y húmedas (i.e. oceánicas y tropicales húmedas). Se caracterizan además por presentar un nivel freático muy cercano a la superficie del suelo, con leves fluctuaciones estacionales. En Chile, se encuentran desde la Región de la Araucanía hasta la Región de Magallanes, alcanzando su máxima extensión y diversidad al sur del Archipiélago de las Guaytecas.

¿Cómo se forman las turberas?

Clásicamente se han descrito dos procesos que explican la formación de las turberas: la terrestriación y la paludificación (Figura 2). En la primera la formación deriva del relleno progresivo de un cuerpo de agua como un lago o una laguna, donde la vegetación va invadiendo desde los márgenes y sus restos se van acumulando en el lugar. En el segundo proceso, la paludificación, la

turba se acumula sobre una superficie mineral, plana o ligeramente convexa, pero sin una concavidad bien definida; en estos sitios, la elevada pluviosidad y la saturación del sustrato son los responsables de las limitaciones a la degradación de los restos vegetales que favorecen su acumulación para la formación de turba (Martínez Cortizas *et al.*, 2009).

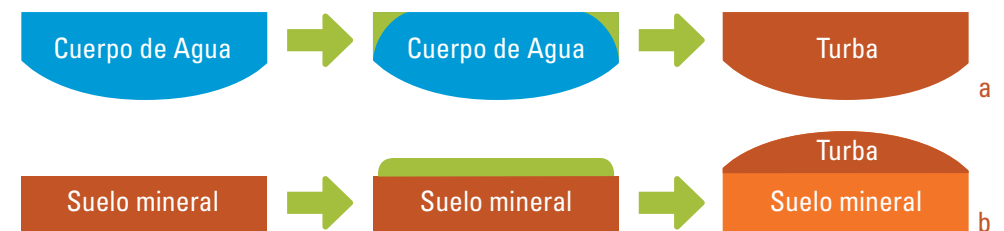


Figura 2. Proceso de A. terrestriación y B. paludificación (modificado de Schumann y Joosten, 2008).

El proceso más común y característico en latitudes altas de ambos hemisferios se refiere al desarrollo postglacial de las turberas. La distribución geográfica de las turberas del sur de Chile se relaciona fuertemente con la historia glacial de la zona. Los glaciares formaron un paisaje caracterizado por numerosas depresiones, que fueron rellenadas por el hielo y material sedimentario (Hauser, 1996). El descenso de la actividad glacial debido al progresivo aumento de las temperaturas determinó el retiro de los glaciares, dejando grandes masas de agua producto de la fusión del hielo, lo que permitió la formación de numerosos humedales y lagunas someras, que con el paso del tiempo fueron colonizados por las comunidades vegetales que se



observan en la actualidad, con especies como el musgo *Sphagnum* y otras briófitas, importantes pioneras colonizadoras de zonas con drenaje pobre y márgenes de lagos. Así, gran parte de las turberas de la Patagonia se estima que iniciaron su formación entre los 17.000 y 13.500 años AP (años calendario) (Yu *et al.*, 2010).

Estructura de una turbera

En una turbera se pueden reconocer dos capas funcionales con propiedades muy distintas: el acrotelmo y el catotelmo (Figura 3). El acrotelmo es la capa superficial biológicamente activa de una turbera, va desde la superficie hasta una profundidad determinada por el nivel freático (usualmente entre 0,3 y 0,5 m de profundidad). Esta capa está dominada por plantas hidrófilas con una gran capacidad para retener agua, especialmente musgos del género *Sphagnum*. Esta es una zona aeróbica y con alta conductividad hidráulica, en ella tienen lugar procesos como la fijación de carbono y la descomposición de la materia orgánica.

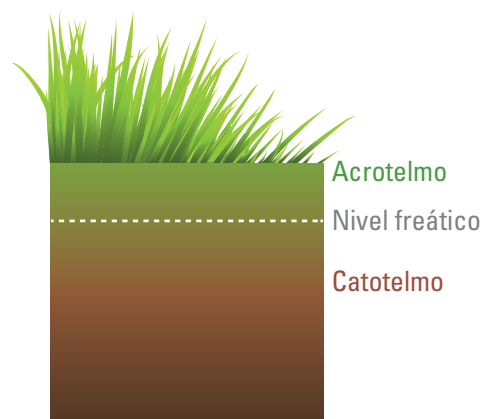


Figura 3. Estructura de una turbera. Acrotelmo y catotelmo.



El catotelmo corresponde a la sección de materia orgánica ubicada inmediatamente bajo el acrotelmo, desde el nivel freático y hasta el suelo mineral. Se encuentra en un estado de anegamiento constante, por lo que aquí la materia orgánica la descomponen microorganismos que logran hacer este proceso sin presencia de oxígeno y, por lo mismo, es muy lento. Así, la materia orgánica que pasa desde el acrotelmo al catotel-

mo se acumula en esta última capa en un estado de descomposición incompleta a una tasa menor a 1 mm/año (Iturraspe, 2010), y en el largo plazo, genera la capa de turba característica de estos ecosistemas, la cual puede alcanzar varios metros de profundidad. Desde el acrotelmo al catotelmo, las estructuras vegetales van degradándose hasta hacerse irreconocibles, perdurando sólo tallos y raíces más resistentes a la descomposición.



¿Cómo se clasifican las turberas?

Los ecosistemas de turberas han sido clasificados según distintos criterios respondiendo a las diferentes escalas y enfoques de estudio, como por ejemplo, su topografía, su hidrología, la química del agua, el pH, entre otros. Uno de los enfoques más usados es la categorización en función de características superficiales como la flora, la concentración de nutrientes y el origen del agua que las abastece.

nutrientes o estado nutricional, las turberas pueden ser divididas a grandes rasgos en tres tipos: eutróficas, aquellas que poseen niveles altos de nutrientes, especialmente de minerales como carbonato de calcio, con un pH entre 6 y 7; oligotróficas, aquellas que tienen una baja disponibilidad de nutrientes, y cuyo pH fluctúa entre 3 y 4; y mesotróficas, aquellas que presentan condiciones intermedias entre los dos tipos anteriores.

Tomando como referencia la concentración de

El origen del agua que abastece a las turberas



está directamente relacionado con el origen de los nutrientes, dependiendo de esta condición podemos encontrar tres tipos: ombrotáficas, aquellas en las cuales el agua proviene exclusivamente de precipitaciones y caracterizadas por una baja concentración de nutrientes y minerales; minerotáficas, aquellas que reciben

aporte de aguas superficiales, subterráneas o ambas, por lo que tienen una mayor concentración de nutrientes, y normalmente son eutróficas o mesotróficas; y de transición, aquellas que presentan características intermedias entre minerotráfica y ombrotráfica.

Las comunidades vegetales dominantes que constituyen la matriz del ecosistema son otro de los criterios más ampliamente utilizados. En Chile, las turberas de la zona sur se han clasificado de manera más efectiva y útil según la comunidad vegetal dominante, a partir de un

criterio estrictamente botánico. Pisano (1977) identificó principalmente cuatro comunidades vegetacionales características para el Complejo de Tundras Magallánicas, que relacionó con las diferencias en las precipitaciones a las que están sujetas. Así, de Este a Oeste (e.g., en la dirección de un aumento de las precipitaciones), podemos resumirlas en 3 tipos principales:

Turberas esfagnosas o de *Sphagnum*, aquellas dominadas por cojines laxos del musgo *Sphagnum magellanicum* (Figura 4A), generalmente de color rojizo, los cuales pueden estar acompañados de otras briófitas, líquenes, juncos, arbustos o árboles enanos. En la Región de Magallanes, especies como *Tetroncium magellanicum*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Carex magellanica*, *Myrteola nummularia* y *Drosera uniflora* acompañan a *Sphagnum magellanicum* en este tipo de turberas. También algunos árboles enanos en baja densidad como el ñirre (*Nothofagus antarctica*), coigüe (*Nothofagus betuloides*) y ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*).

Turberas gramínoideas, dominadas por especies semejantes a una gramínea, como ciperáceas y juncáceas de los géneros *Carex*, *Schoenus* o *Carpha*, con una fisonomía de pradera. La vegetación dominante también puede estar aso-

ciada con briófitas, líquenes y algunos árboles dispersos. Estas turberas además pueden ser colonizadas por especies arbóreas de tamaño pequeño, como ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*), ñirre (*Nothofagus antarctica*), coigüe (*Nothofagus betuloides*) y tepú (*Tepualia stipularis*).

Turberas pulvinadas, son aquellas dominadas por plantas que crecen en forma de cojines compactos y duros como *Donatia fascicularis* (Figura 4B) y *Astelia pumila* (Figura 4C), también pueden estar asociadas con otras especies de briófitas, herbáceas o arbustivas como *Caltha dioneifolia*, *Bolax caespitosa*, *Gaimardia australis*

y *Phyllachne uliginosa*. A veces forman parches dentro de las Turberas de *Sphagnum* y Turberas gramínoideas en la Región de Magallanes. Al norte de ésta, se encuentran a manera de islas, en las cimas más altas, expuestas y lluviosas de la Cordillera de la costa entre Temuco y Chiloé.

Esta clasificación es muy aceptada en la actualidad. Además, se ha observado que el cambio vegetacional no está determinado sólo por la restricción climática dada por las diferencias en las precipitaciones, sino que también por las características biogeoquímicas de la turba y la influencia del aerosol marino (Kleinebecker et al., 2008).

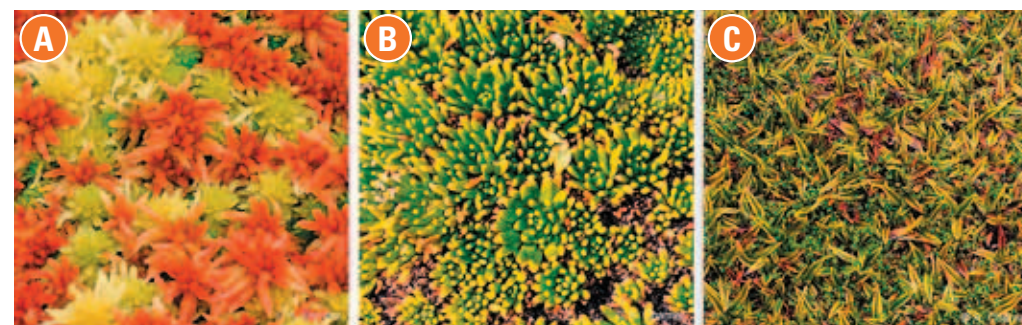


Figura 4. Aspecto de **A.** cojines de *Sphagnum magellanicum*, **B.** cojines de *Donatia fascicularis* y **C.** cojines de *Astelia pumila*.





Importancia ecológica e impacto humano sobre las turberas

A nivel mundial, las turberas son de gran relevancia ecológica. Estas desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, puesto que son refugio de algunas especies raras e inusuales (Parish *et al.*, 2008; Ramsar, 2004). Intervienen además 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 pe-

sados (Martínez Cortizas *et al.*, 2009).

Las turberas participan también en el almacenamiento de carbono, gracias a la acumulación de las capas de turba, y en la fijación de dióxido de carbono (CO_2). Desde el inicio de su formación durante la transición Pleistoceno – Holoceno, las turberas han acumulado, lentamente, más de 600 Gt de carbono en forma de turba a nivel global (Yu *et al.*, 2010) y, en la actualidad, son los reservorios de carbono más eficientes entre los ecosistemas terrestres: con sólo el 3% del total de la superficie terrestre del planeta, contienen tanto carbono como toda la biomasa de



los ecosistemas terrestres, dos veces el carbono contenido en la biomasa de los bosques, y casi la misma cantidad del carbono que se encuentra en la atmósfera. Así, las turberas son uno de los principales reguladores del clima a nivel global, dado que capturan el CO_2 de la atmósfera y lo acumulan bajo la superficie del suelo en el largo plazo. Sin embargo, esta función puede verse amenazada bajo las condiciones del cambio climático que experimenta actualmente el planeta. Con mayores temperaturas y menores precipitaciones, podría observarse un aumento de la tasa de descomposición de la materia orgánica, y con esto la liberación de una mayor cantidad de CO_2 a la atmósfera. De esta forma, este gran reservorio de carbono podría convertirse en una fuente de CO_2 , liberando gran parte del carbono acumulado durante miles de años. Asimismo, producto de la extracción de turba con fines comerciales, la materia orgánica normalmente húmeda entra en contacto con el aire y comienza a oxidarse y descomponerse, liberando de esta forma dióxido de carbono a la atmósfera, contribuyendo así al cambio climático (Parish *et al.*, 2008).

Por otra parte, son importantes archivos paleoambientales para reconstruir los cambios paisajísticos y climáticos del pasado, e intervienen en la preservación del patrimonio cultural, conservando restos arqueológicos (Parish *et al.*, 2008; Ramsar, 2004).

El impacto del ser humano sobre las turberas data desde hace muchos años. Desde principios



del siglo XIX, el área de turberas en el mundo se ha reducido entre 10 y 20%, producto de presiones directas como el drenaje de estas áreas, la conversión de la tierra, excavación, anegamiento y presión de visitantes; o indirectas, como la contaminación atmosférica y del agua, la extracción del agua, el desarrollo de infraestructura y el cambio climático actual (Parish *et al.*, 2008). Estos procesos no sólo han reducido la biodiversidad y los beneficios directos para las comunidades locales, sino también han generado problemas ecológicos adicionales. A nivel mundial, la principal amenaza a estos ecosistemas es la extracción de turba, que comenzó hace varios siglos con el uso de la turba seca como combustible (Göttlich *et al.*, 1993).

Todo este impacto se debe a que las turberas proveen de beneficios económicos para el ser humano: el musgo *Sphagnum* se colecta para venderlo como “musgo floral”, para usarlo como camas de germinación y medios de crecimiento para orquídeas. La turba se utiliza como combustible y también como sustrato en viveros de diversos tipos. Además se emplean como aislantes térmicos, para el tratamiento de aguas residuales y para filtros de distinto tipo. En Chile, el interés comercial por el musgo *Sphagnum* ha crecido de forma progresiva en los últimos 10 años (2002 a 2011); las cifras de exportaciones han aumentado más de un 400%, en 2012 se exportaron más de 3.800 toneladas de musgo seco (ODEPA, 2013).



Conclusiones

Las turberas son ecosistemas donde se produce y acumula progresivamente materia orgánica muerta, derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación permanente, reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes. En la actualidad, las turberas son los más grandes reservorios de carbono entre los ecosistemas terrestres.

La distribución geográfica de las turberas del sur de Chile se relaciona con la historia glacial de la zona. Después del retroceso de los hielos, numerosos humedales y lagunas someras fueron colonizados por briófitas y plantas vasculares adaptadas a condiciones más húmedas formando una matriz continua en las zonas anegadas, donde la materia orgánica se acumuló por milenios en forma de turba.

Las turberas son ecosistemas de gran valor para la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima y el bienestar humano. Su degradación conlleva importantes impactos ambientales y sociales a nivel global. El uso sustentable y la conservación pueden generar múltiples beneficios, entre ellos la disminución de la pobreza, el control sobre la degradación de las tierras, el mantenimiento de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático.

Bibliografía

Göttlich, K., K.-H. Richard, H. Kuntze, R. Egglesmann, J. Günther, D. Eichelsdörfer, *et al.*, 1993. Mire utilization. In: A. L. Heathwaite and K. Göttlich, editors, *Mires: Process, Exploitation and Conservation* Chichester; John Wiley and Sons. 325-415.

Hauser, A. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus perspectivas de utilización. *Revista Geológica de Chile* 23(2): 217-229.

Iturraspe, R. 2010. *Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global*. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. 32 pp.

Kleinebecker, T., N. Hölzel and A. Vogel. 2008. South Patagonian ombrotrophic bog vegetation reflects biogeochemical gradients at the landscape level. *Journal of Vegetation Science* 19: 151-160. doi:10.3170/2008-8-18370.

Lappalainen, E. 1996. *Global Peat Resources*. International Peat Society and Geological Survey of Finland, Juskä.

Martínez Cortizas, A., X. Pontevedra Pombal, J.C. Novoa Muñoz, R. Rodríguez Fernández y J.A. López-Sáez. 2009. Turberas ácidas de esfagnos. En: V. AA., editor, *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. 1- 64.

Moore, T. and N. Basiliko. 2006. Decomposition in Boreal Peatlands. In: R. K. Wieder and D. H. Vitt, editors, *Boreal Peatland Ecosystems*. Springer, Berlin, Germany. 125-144.

ODEPA. 2013. Exportaciones de musgos secos, distintos de los usados para ramos y adornos y de los medicinales. Código SACH 14049020. Estadísticas Comercio Exterior; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

Parish, F., A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minaeva and M. Silvius. 2008. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Center, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

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.

Ramsar. 2004. *Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas*. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

Schumann, M. and H. Joosten. 2008. *Global Peatland Restoration Manual*. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.

Yu, Z., J. Loisel, D.P. Brosseau, W. Beilman and S.J. Hunt. 2010. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters* 37: L13402.





Capítulo 2

Análisis espacial de la distribución geográfica de las Turberas de *Sphagnum* en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena

Débora Vega Valdés¹ y Erwin Domínguez Díaz¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA-Kampenaiké, Punta Arenas, Chile.
E-mail: debora.vega@inia.cl



Introducción

Las formaciones naturales que son parte de la transición entre un ecosistema terrestre y uno acuático, son conocidas como humedales (Ramsar, 1971) y que a su vez se caracterizan por producir, acumular turba y almacenar una gran cantidad de agua, son identificadas como turberas. Estos ecosistemas se distribuyen en Chile desde la Región de la Araucanía hasta Magallanes, adquiriendo importancia en términos de frecuencia y cobertura en las regiones de Aysén y Magallanes (Pliscoff y Luebert, 2008). En la Región de Magallanes estas unidades cubren grandes extensiones de superficie que han sido repre-

sentadas cartográficamente por distintos investigadores.

Hoy en día las turberas¹ cobran importancia por su valor ambiental, cultural y sobre todo comercial, principalmente por las funciones y servicios ecosistémicos que brindan y por el uso ascendente que genera la extracción de turba y cosecha de musgo *Sphagnum*. Este tipo de ecosistemas frecuentes es parte fundamental del entramado estructural, funcional y evolutivo de la dinámica de los paisajes continentales e insulares de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

¹ 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, el principal componente de estas asociaciones es el musgo *Sphagnum magellanicum* (Iturraspe y Roig, 2000).

Por ello es necesario comprender ¿qué es una turbera?, ¿qué características tiene?, ¿cuál es su funcionamiento? y ¿cuál es la importancia de este paisaje como recurso natural, económico, cultural y estético?, elementos tratados a lo largo de este libro; sin embargo, este capítulo tiene como finalidad abarcar la variable espacial, en cuanto a la identificación, emplazamiento y superficie de las Turberas de *Sphagnum*, es decir, ¿dónde y cuántas Turberas de *Sphagnum* existen en la Región de Magallanes?, específicamente fuera de las Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE). La relevancia de este trabajo recae en la necesidad de reactualizar y recuperar la información espacial disponible (digital y analógica) y poder cuantificar la cantidad de Turberas de *Sphagnum*, con un mayor acercamiento a la realidad en términos de lo-

calización, forma y superficie.

Los estudios relacionados con la presencia de turberas han sido de gran interés para distintos investigadores, quienes han elaborado diversas pero distantes representaciones e interpretaciones cartográficas, acorde a las herramientas con las que se han enfrentado; este desarrollo cartográfico es parte del conocimiento y avances relevantes que nos interesa rescatar. Además, hoy se cuenta con una claridad conceptual que simplifica su comprensión (capítulo 6) y sus representaciones gráficas por medio de cartografías temáticas que facilitan la interpretación, en este sentido se hace imperativo realizar una actualización de los insumos y datos espaciales que se han elaborado hasta el 2008 a nivel regional (Pliscoff y Luebert, 2008).



Los objetivos de este trabajo son:



Establecer una síntesis de la evolución cartográfica de las turberas de la Región de Magallanes.

Corregir las áreas (vector) establecidas por el *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*, 2005.

Identificar y zonificar las Turberas de *Sphagnum*, a partir del análisis visual de imágenes satelitales fuera de las Áreas Silvestres Protegidas en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Elaborar cartografías temáticas y la síntesis de datos porcentuales de la distribución de Turberas de *Sphagnum* en la Región de Magallanes.

Métodos y materiales

La metodología se desarrolla en dos etapas, la primera consistió en la recopilación bibliográfica en torno a los hitos cartográficos, en función del reconocimiento de las unidades vegetacionales, entre ellas de las turberas, y con ello generar una aproximación en cuanto a la evolución cartográfica de las turberas de la zona austral del país. En segundo lugar un análisis espacial con imágenes satelitales, por medio de las herramientas y sistemas de información geográfica disponibles, utilizando principalmente como base de información digital la dispuesta por el *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes* (Ruiz y Doberti, 2005) y con ello se realiza una reactualización, por medio de la técnica de teledetección conocida como la fotointerpretación, la cual implica la localización y emplazamiento de las Turberas de *Sphagnum*, ésta consta de tres fases:

Fase 1: Corrección vectorial a la base de datos digital identificada por la interpolación realizada por el catastro (Ruiz y Doberti, 2005), eliminando los residuos generados desde este proceso, utilizando las herramientas de corte, intersección y superposición.

Fase 2: Edición vectorial de los polígonos o unidades homogéneas de paisaje de Turberas de *Sphagnum* a las formas más representativas fotointerpretadas, desde las imágenes Landsat,





por medio del programa Google Earth (US Department of State Geographer, Google 2013, Image Landsat). Esta etapa consta de dos ejercicios:

a) La utilización de la base digital corregida (vectorial) de la interpolación del catastro (Ruiz y Doberti, 2005) como guía de identificación y las imágenes Landsat del mosaico color verdadero

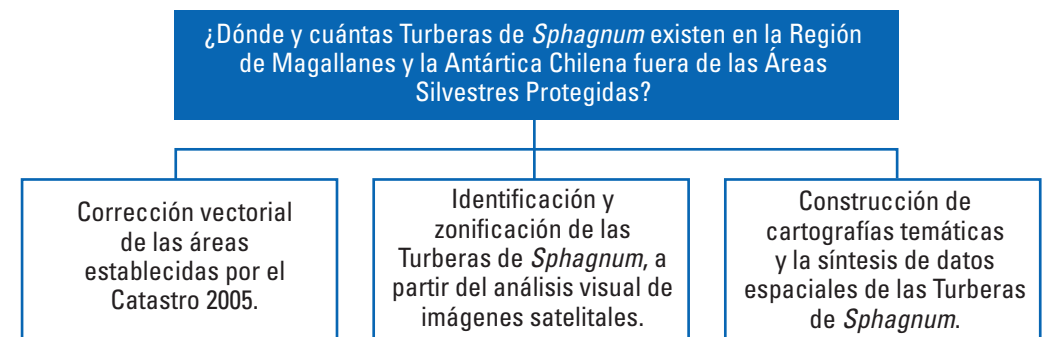
dispuestas por el Sistema Nacional de Información Territorial de la Región de Magallanes (SNIT Magallanes).

b) Reedición acorde a las formas de la unidad homogénea de turberas, utilizando además como insumo de guía, la identificación de 50 turberas clasificadas *in situ* y Turberas de *Sphagnum*, bajo los siguientes criterios:

Criterios	Descripción	Fuente de referencia
Relieve	Sectores de depresiones, áreas cóncavas de origen glaciar	Villa-Martínez <i>et al.</i> ; Loisel. (capítulo 3 y 11)
Ubicación	Su emplazamiento no sea en zonas eminentemente archipelágicas	Domínguez <i>et al.</i> (capítulo 6)
Altura	Hasta los 500 m.s.n.m.	Pisano, 1977; 1992
Bosque	Límite arbóreo es hasta los 400-500 metros	Pisano, 1977; 1992

Tabla 1. Criterios y descriptores utilizados en la identificación de las Turberas de *Sphagnum* para la fotointerpretación.

Fase 3: Construcción de cartografía temática y los resultados porcentuales de las unidades de Turberas de *Sphagnum* por provincia.



Herramientas de trabajo

Programas: Se utilizaron dos sistemas de información geográfica ArcGis 10.1, Global Mapper y para el apoyo visual y de dibujo Google Earth.

Base de datos: Insumos clave en formato raster y vectorial; *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes* (Ruiz y Doberti, 2005) y Base de datos dispuesta por la Coordinación

Regional Magallanes del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT Magallanes). Imágenes Landsat 7 y Spot, color verdadero (RGB), resolución de 30 x 30 metros por pixel, mosaico facilitado por el SNIT Regional, las imágenes dispuestas por Google Earth y como apoyo visual imágenes del Landsat 8 entre noviembre y diciembre 2013 (descargadas de la página <http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Aproximación a la evolución cartográfica sobre las turberas de Magallanes



La publicación "Tierra del Fuego y sus turberas", por Guido Bonarelli, en 1917, República Argentina, tiene las siguientes características:

- Es una investigación desde la descripción y observación *in situ*, definidas por expediciones y travesías que determinan la forma de levantar información geográfica, sumado a las adversidades en cuanto a la dificultad en el acceso a estas áreas de interés.

Se han seleccionado las publicaciones más significativas en cuanto a la representación gráfica de la distribución de turberas en la zona austral de Sudamérica y específicamente en la Región de Magallanes, éstas marcan hitos importantes en el desarrollo y conocimiento de los ecosistemas de turberas desde una perspectiva espacial.

- Fue indispensable un conocimiento previo de la estructura geológica general del territorio para entender el proceso de formación de las turberas (Figura 1); por otra parte, se enfoca en las características, origen, vegetación, condiciones de formación y diferentes tipos de turbera, entre otros aspectos.

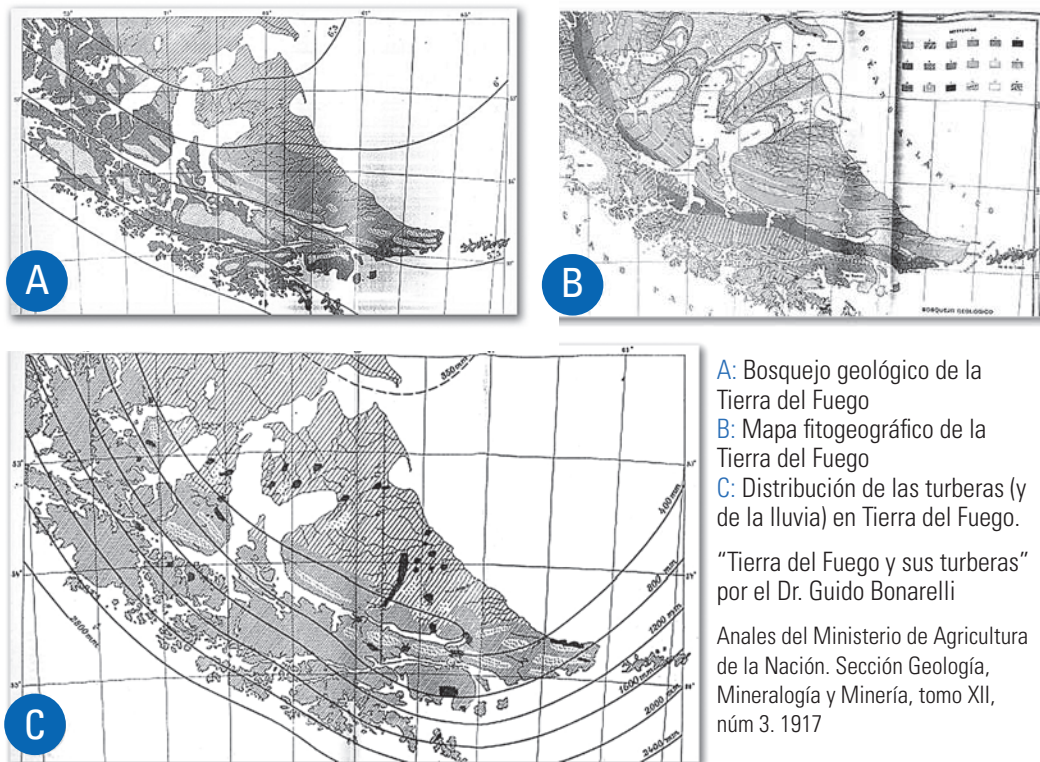


Figura 1. Conjunto de mapas presentados por Guido Bonarelli en 1917.

- Las premisas básicas que se desprenden, y que justifican el trabajo, tienen que ver con el bajo aprovechamiento y las potencialidades de este recurso, la búsqueda de nuevas fuentes de energía, de las cuales se conocía muy poco, sin embargo se proyecta una relevancia económica, como una oportunidad para buscar otros horizontes en cuanto a materias primas.

- Los tipos de mapas son: descriptivos, referenciales, mapas que muestran la fisiografía por elementos estructurales del gran paisaje de la zona austral, mapas de gran superficie a una escala

1:2.000.000, pero sólo corresponde al sector de Tierra del Fuego.

- Son mapas corológicos de tipo bosquejo, en este caso mapa geológico, fitogeográfico y mapa de distribución de las turberas; se logran identificar 39 de ellas, muy pocas en comparación a las que hoy se conocen, sin embargo éstas tienen un gran acercamiento a la realidad para la década de elaboración, utilizando la Proyección Mercator (Figura 2). Este trabajo abre las puertas sobre esta temática en la zona austral patagónica.

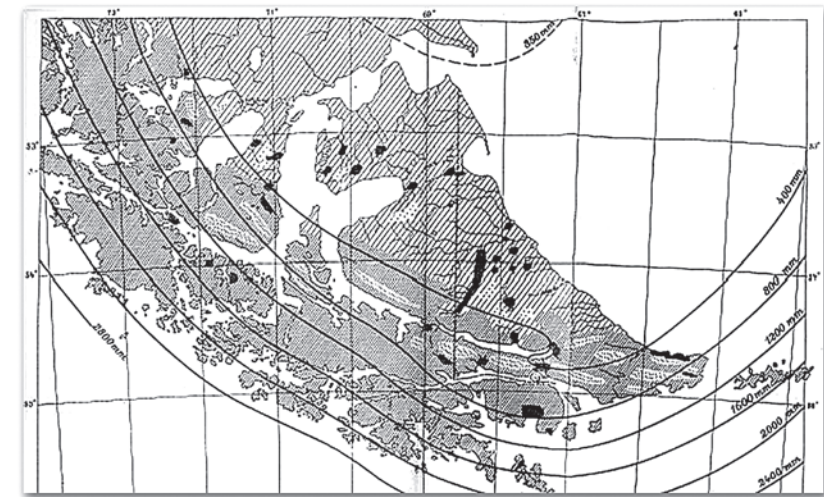


Figura 2. Mapa de Identificación de 39 turberas en la zona sud patagónica, por Bonarelli en 1917.

En la Revista *Anales del Instituto de la Patagonia*, serie Ciencias Naturales, el botánico Edmundo Pisano en 1977, nos presenta los siguientes elementos:

- Esta investigación es un hito sobre el conocimiento territorial de la Patagonia, en cuanto a su geografía, fitogeografía y sobre la flora de la zona austral.

- Marca un adelanto sobre el contenido y forma de representación cartográfica, permite tener mejor claridad al momento de comprender de manera abstracta el territorio continental e insular de Sudamérica. Al igual que el trabajo anterior, es parte de la acumulación de expe-

diciones y travesías sobre el territorio Patagónico (Figura 3). Esto permite tener la claridad sobre la referencia y una visión amplia sobre las características estructurales que configuran el territorio.



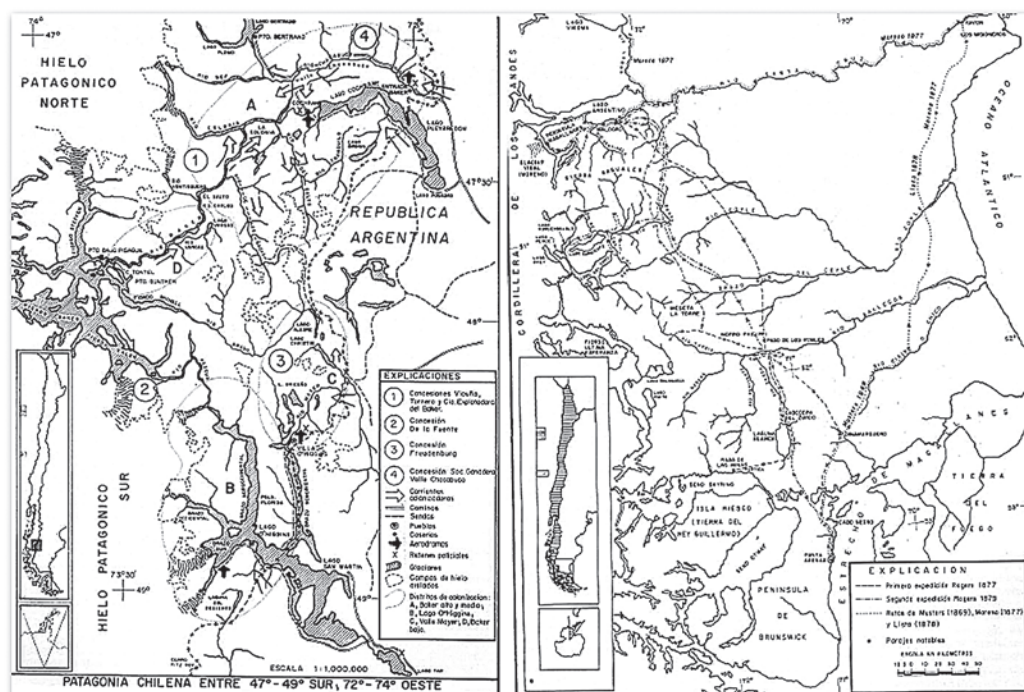


Figura 3. Mapas de travesías y expediciones de Edmundo Pisano para los estudios de la década del 70'.

• Tiene mayores elementos de representación espacial, nivel de precisión producto de una claridad y consenso sobre los sistemas de referencia, incorpora el sistema de coordenadas, proyección Mercator. Se presenta una estandarización más formal sobre la representación gráfica de los elementos geográficos que se quieren

demostrar, proporciona un conjunto de insumos cartográficos (Figura 4 A, B, C). Son cartografías elaboradas a 1:1.000.000, lamentablemente sólo abarcan un sector del Estrecho de Magallanes, son mapas lineales y puntuales, de simbología sencilla pero efectiva a la interpretación.

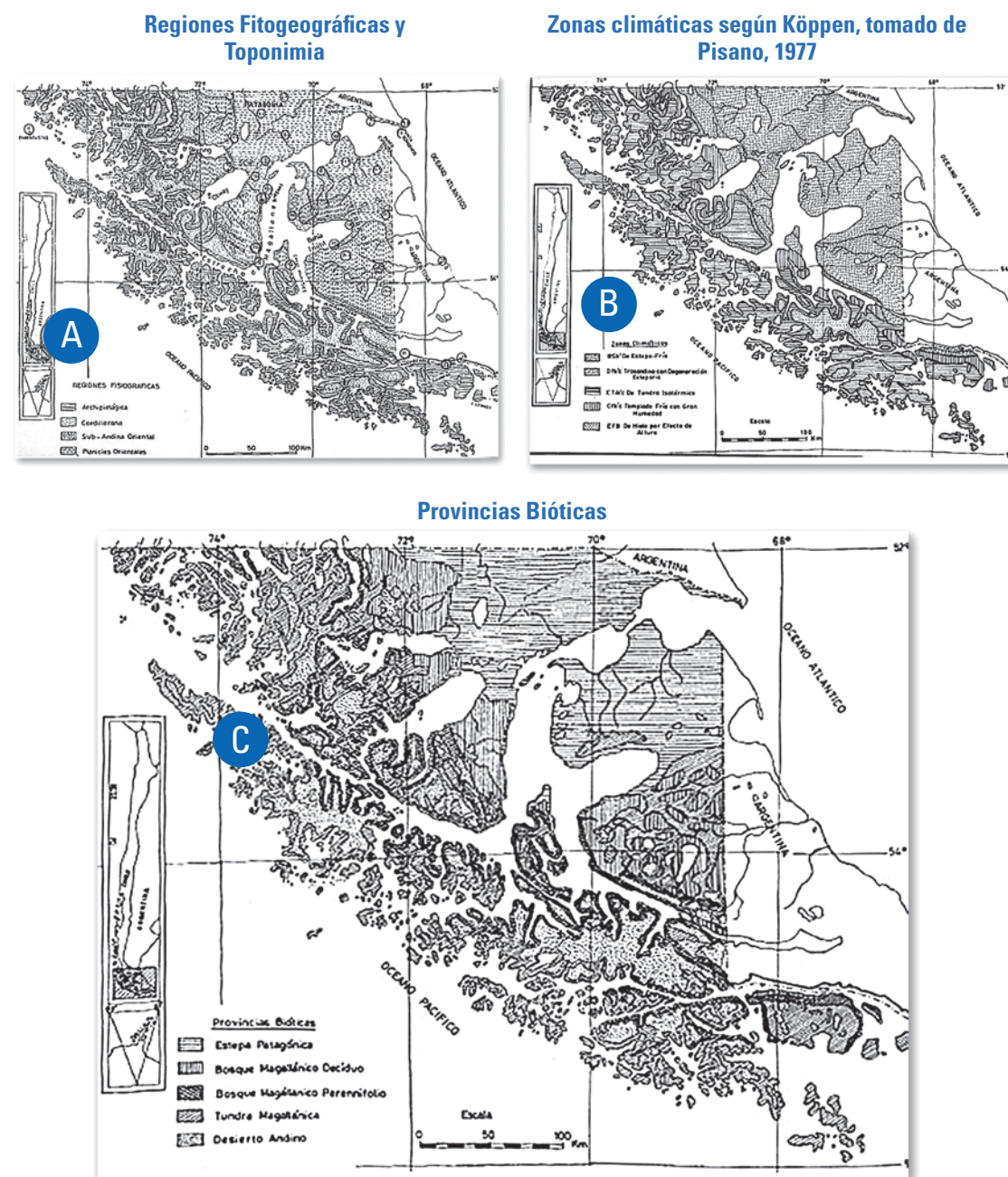


Figura 4. A. Mapa de regiones fitogeográficas y toponimia, B. Mapa de zonas climáticas y C. Mapa de las provincias bióticas, elaboradas por Pisano, 1977.

• Una de las cartografías más importantes elaboradas por Pisano es la distribución geográfica de las comunidades vegetales entre la latitud 52° al 56° sur (Figura 5). Identificó principalmente las comunidades de vegetación, re-

lacionadas con las diferencias climáticas de las precipitaciones; en cuanto a la clasificación de turberas reconoce tres grandes tipos: turberas esfagnosas o de *Sphagnum*, turberas graminiformes y turberas pulvinadas.

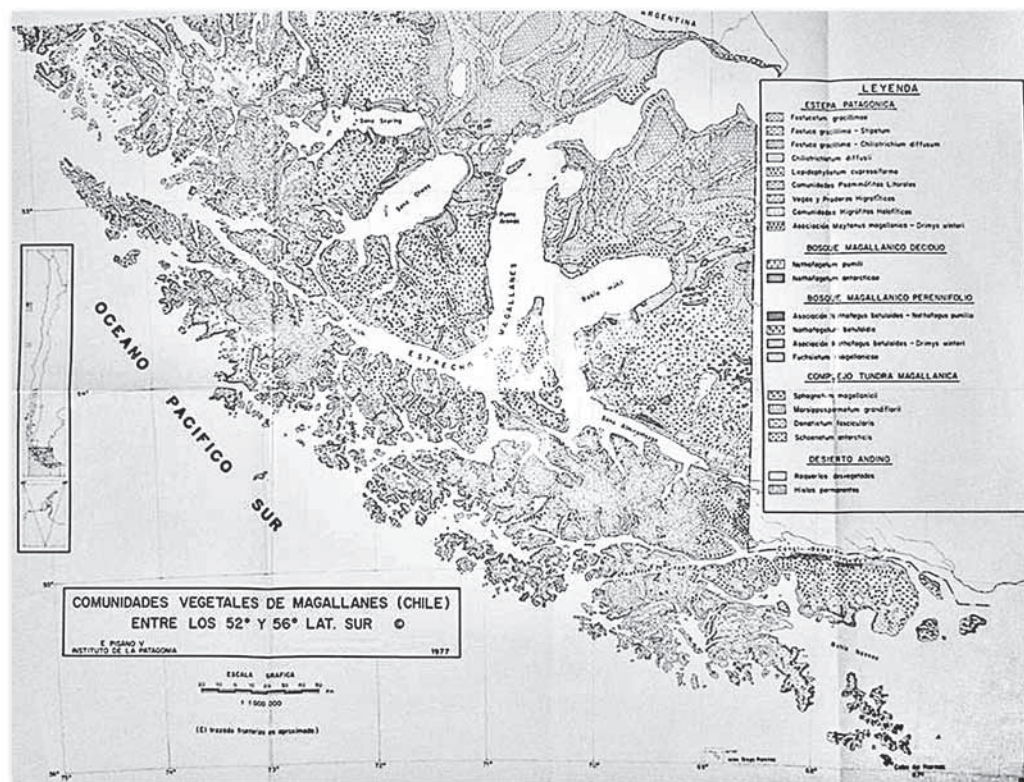


Figura 5. Distribución geográfica de las comunidades vegetales entre la latitud 52° al 56° sur, por Edmundo Pisano.

Flora of Tierra del Fuego, por David M. Moore en 1983.

- Este libro realiza una extensa descripción, principalmente, de las características botánicas y las afinidades geográficas de la flora patagónica, motivo por el cual es necesario destacar.
- Es un amplio catastro de la composición botánica, principalmente de Tierra del Fuego, incorpora representaciones cartográficas a cada género y especie identificada, con la ubicación referencial de la distribución de la flora por cada especie descrita; es el mismo conjunto de mapas mudo (42) de tipo puntual con un contenido, en este caso la distribución de especies bajo estudio (Figura 6).

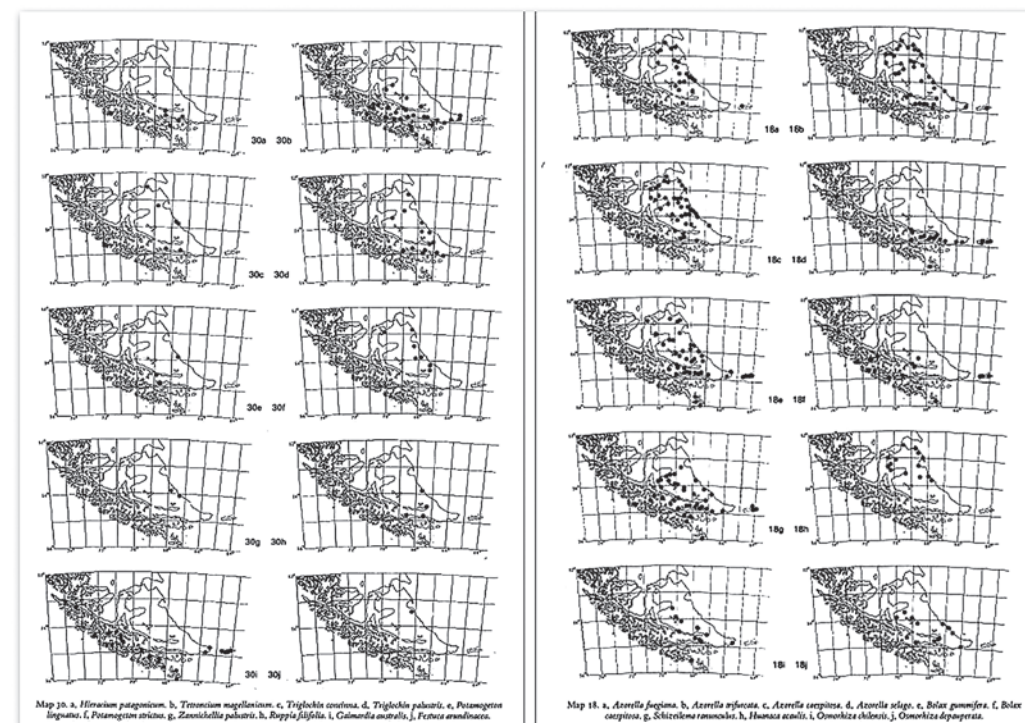


Figura 6. Mapa mudo de distribución de especies. Por David M. Moore, 1983, *Flora of Tierra del Fuego*.

- Contiene mapas de distribución espacial por especie, es decir, son localizaciones que no están georreferenciadas, sino que orientadas a un sitio y a un rango de distribución de una especie determinada desde un enfoque parcelado por organismo; sin embargo, utilizables y necesarios para la comprensión e interpretación entre la espacialidad del fenómeno, en este caso de la flora. Desde un punto de vista de la información que entregan, son mapas básicos con base en levantamiento de campo, con un propósito específico de investigación, pero carecen de parámetros o elementos estandarizados de un mapa para la localización.
- Sin duda es una base importante para el conocimiento biogeográfico y botánico en la década del '80; sin embargo, no logra tener la re-



presentatividad espacial o cartográfica que logra materializar Pisano en 1977 y posteriormente en 1992, ya que no hace un análisis de la distribución de las unidades vegetacionales a macro-escala, en cuanto a la integración espacial de esas formaciones.

Nuevamente en *Anales del Instituto de la Patagonia*, en 1992, Edmundo Pisano vuelve a profundizar su investigación en:

- El capítulo de Sectorización Fitogeografía del archipiélago Sud Patagónico Fueguino. V: Sintaxonomía y distribución de las unidades de vegetación vascular; además de la presentación de las características y determinación de la distribución geográfica de las unidades fitogeográficas más

importantes, se identifican con un mapa vegetacional (Pisano, 1977), presenta una cartografía más elaborada (Figura 7), la cual incluye otros elementos gráficos complementarios (a diferencia de los anteriores), como por ejemplo, forma, color; simbología, toponimia, escala, proyección Mercator y coordenadas geográficas (latitud, longitud), aspectos que facilitan la lectura del mapa y permiten sintetizar y superponer un conjunto de componentes a representar en un mapa temático.



Figura 7. Tipos de vegetación en el archipiélago Sud Patagónico Fueguino.



- Es una clasificación de carácter análogo (no digitalizada) de las unidades fitogeográficas, de tipo básico y original de acuerdo a la utilidad y como base para posteriores mapas derivados. Representa el rango de distribución de los Bosques Perennifolios, Bosques Caducifolios, matorrales asociados, turberas asociadas a Bosques Perennifolios, vegetación Orofítica y Tundra Subantártica.

- Respecto a las unidades vegetacionales identificadas como Turberas Esfagnosas Sud Patagónicas asociadas a Bosques Perennifolios, son parches que proporcionan una guía importante y concordante con los sectores de la región que concentran la mayor cantidad de Turberas de *Sphagnum*, en Seno Obstrucción, Isla Riesco, Península de Brunswick, Isla Dawson, Tierra del Fuego, Isla Navarino y a lo largo de las áreas archipelágicas propuestas por Pisano y ratificadas en las siguientes publicaciones.

Posteriormente Rodolfo Gajardo en el libro *La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica*, en 1994, desarrolla lo siguiente:

- Dos años después de la publicación de Pisano (1992) y con el objetivo de clasificar las regiones de vegetación, en la diversidad del gradiente latitudinal del

territorio nacional, el autor elabora una descripción de la "Extensión de las Regiones y Subregiones Vegetacionales" a todo el territorio nacional (Gajardo, 1994), llegando a proponer superficies destinadas a estas áreas y la representación cartográfica a macro-escala por región (Figura 8).

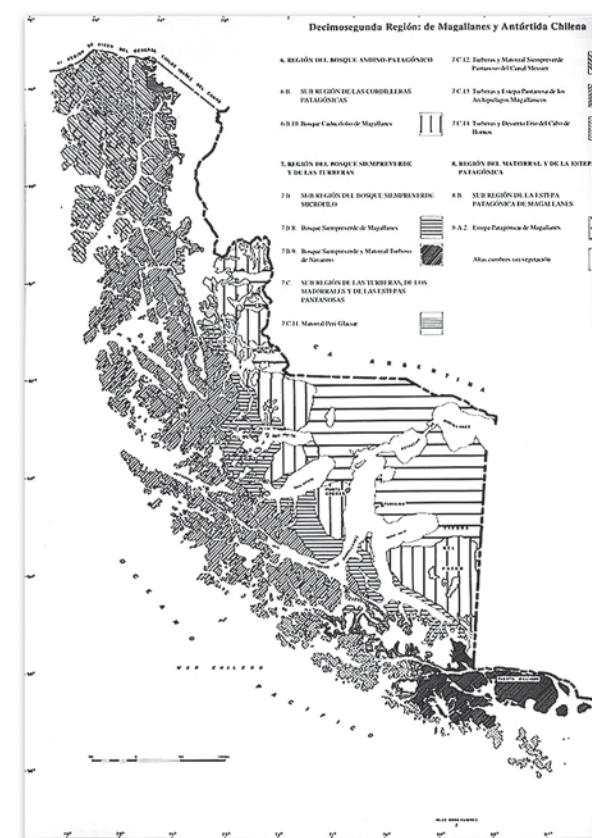


Figura 8. Extensión de las Regiones y Subregiones Vegetacionales de la Región de Magallanes.



• El autor utiliza la base cartográfica de las elaboraciones anteriores y adquiere relevancia fortaleciendo especialmente la tesis de Edmundo Pisano, en cuanto a la distinción de las turberas y la relación o asociación con el bosque Subantártico.

• Cabe resaltar la superficie declarada de la Región del Bosque Siempreverde y de las turberas (13.694.375 ha) y dentro de ésta corresponden a la Sub-Región de las Turberas, del Matorral y de la Estepa Pantanosa 7.504.375 ha clasificadas e identificadas por Gajardo.

La publicación de Blanco, D.E. y De La Balze V.M. (eds). 2004, *Los Turbales² de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Publicación N°19. Wetlands. Buenos Aires, Argentina. Nos presenta los siguientes términos cartográficos:

• Hay dos aspectos trascendentales que configuran una mejora significativa en la representación gráfica de los hechos o fenómenos espaciales. Un contexto tecnológico en relación al posicionamiento de los sistemas de información geográfica, un desarrollo y alcance de estas herramientas (pero limitado); y por otro lado, la

generalización y consenso del uso de elementos básicos de un mapa, como parte de un alfabeto gráfico más consolidado. Elementos que se desprenden del trabajo cartográfico de esta publicación. Si bien son mapas derivados de insumos bibliográficos anteriores, son más completos y elaborados desde las posibilidades de automatizar los datos, presentando variables en grandes superficies, debido a que estas herramientas permiten manejar diversas cantidades de información geoespacial, en este caso construir un mapa con mayor información.

• Por su parte, Claudio Roig en el capítulo 3 de antecedentes sobre turberas en Tierra del Fuego hace referencia a la evolución histórica de investigadores que realizan insumos importantes sobre el desarrollo científico en torno a las turberas, destacando a Bonarelli (1917) como también a José R. Guiñazu (1934), con una larga descripción botánica y mapa general de Tierra del Fuego, 20 años más tarde Roivainen (1954) describe tipos y subtipos de turberas con un mapa de distribución y finalmente Auer (1965), en base a los tipos de vegetación, latitud, altitud y condiciones ambientales, identifica 6 zonas cartografiando formaciones y perfiles, otros autores mencionados son Prozzi y Pérez (1957), quienes realizan cálculos de cantidad de turba acumulada sobre superficies determinadas. Sin embargo, todos estos autores realizan sus trabajos específicamente en Tierra del Fuego.

• En términos generales este trabajo nos presenta la llamada Distribución de Turbales de la Patagonia (Chile y Argentina), sobre la base de una serie de criterios (climáticos, geomorfológicos) que definen varias zonas y subzonas (Figura 9), y nos representa una clasificación automatizada, en donde se aprecian los rangos de emplazamiento de formación de turbales en superficies menores.

²Turbal: es un humedal productor y acumulador de turba independiente del espesor del estrato de acumulación, sin embargo se debería presentar en una magnitud de entre 30 a 40 cm, sobre este espesor se denominan turberas (Domínguez y Larraín, 2012).

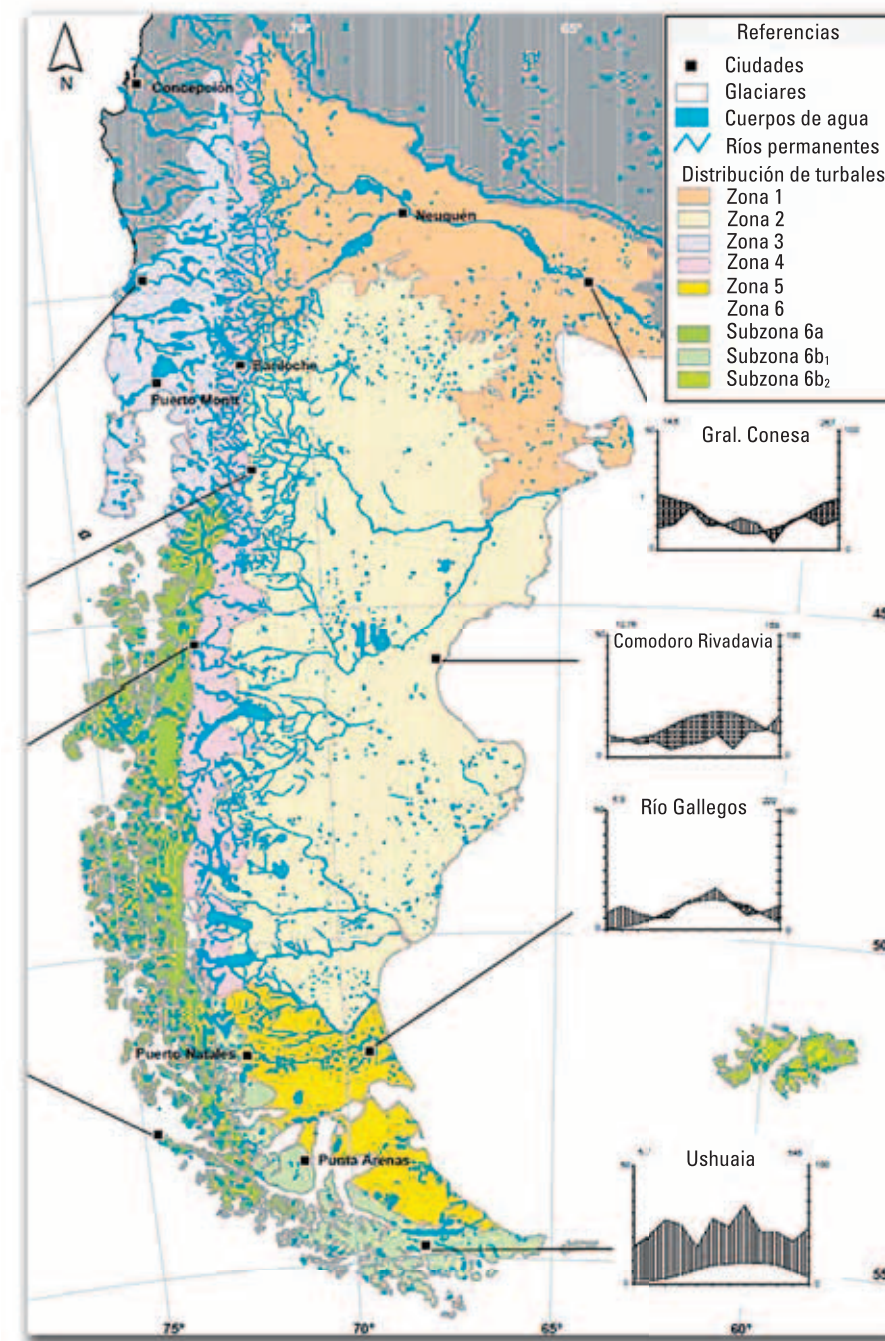


Figura 9. Mapa de la distribución regional de los turbales en Patagonia. **Zona 1**, con escasa presencia de turbales; **Zona 2**, con presencia muy localizada de turbales, especialmente mallines turbosos; **Zona 3**, con presencia de turbales y con turberas localizadas en depresiones o en zonas de mayor altitud; **Zona 4**, con presencia de turbales –generalmente mallines turbosos y ocasionalmente turberas, en áreas cordilleranas; **Zona 5**, con presencia de turbales –generalmente mallines turbosos y ocasionalmente turberas, en áreas de relieve suave, y **Zona 6**, con turbales y predominio de turberas, incluyendo las **Subzonas 6a** (de alta pluviosidad), **6b1** y **6b2** (de baja pluviosidad).

• Por otra parte otra, de las cartografías (Figura 10) muestra un mapa de humedales de Chile, con los diferentes tipos de vegetación (e.g., Región X, Regiones XI y XII). Si bien abarca 3 regiones, la mancha que identifica a los llamados turbales, sobredimensiona la distribución de esta formación a un territorio continuo y homogéneo sin variaciones espaciales, con-

dicción geográfica que no se da en este contexto, debido a que estamos frente a paisajes heterogéneos y diversos, en donde existen unidades o ecosistemas de turberas y diferentes formaciones geográficas, esto tiende a generar confusión al dimensionar la ocupación de estos ecosistemas y específicamente a las Turberas de *Sphagnum*.

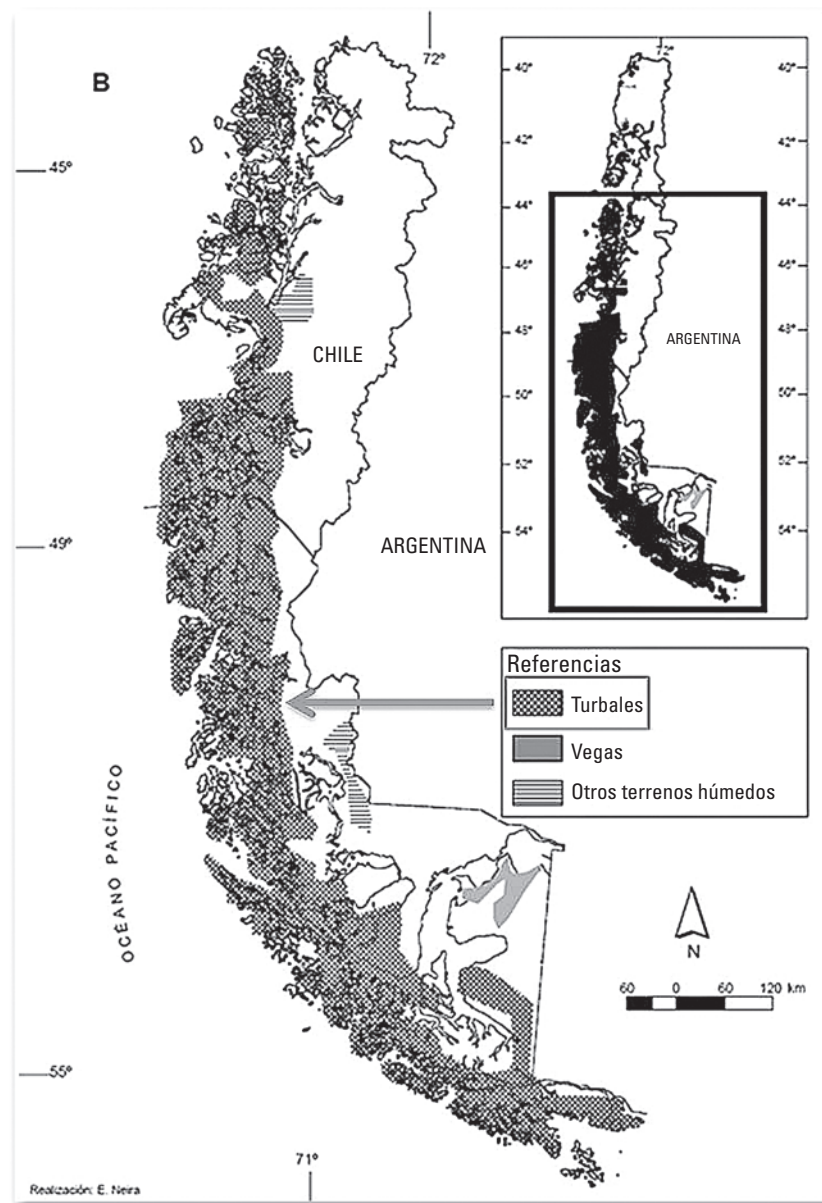


Figura 10. Mapa de humedales de la zona austral, identificando los turbales de la Región de Magallanes.

• Por otra parte, el desarrollo cartográfico más profundo está dado por un proceso de Reclasificaciones en casos de estudio (e.g., Figura 11 A, B, C, D). Además de presentar en detalle elementos espaciales, sugiere la importancia en

la aplicabilidad del método de clasificación supervisada, no supervisada y reclasificación (SIG y Teledetección), en cuanto a la identificación y categorización de las distintas formaciones de vegetación y en especial de las turberas.

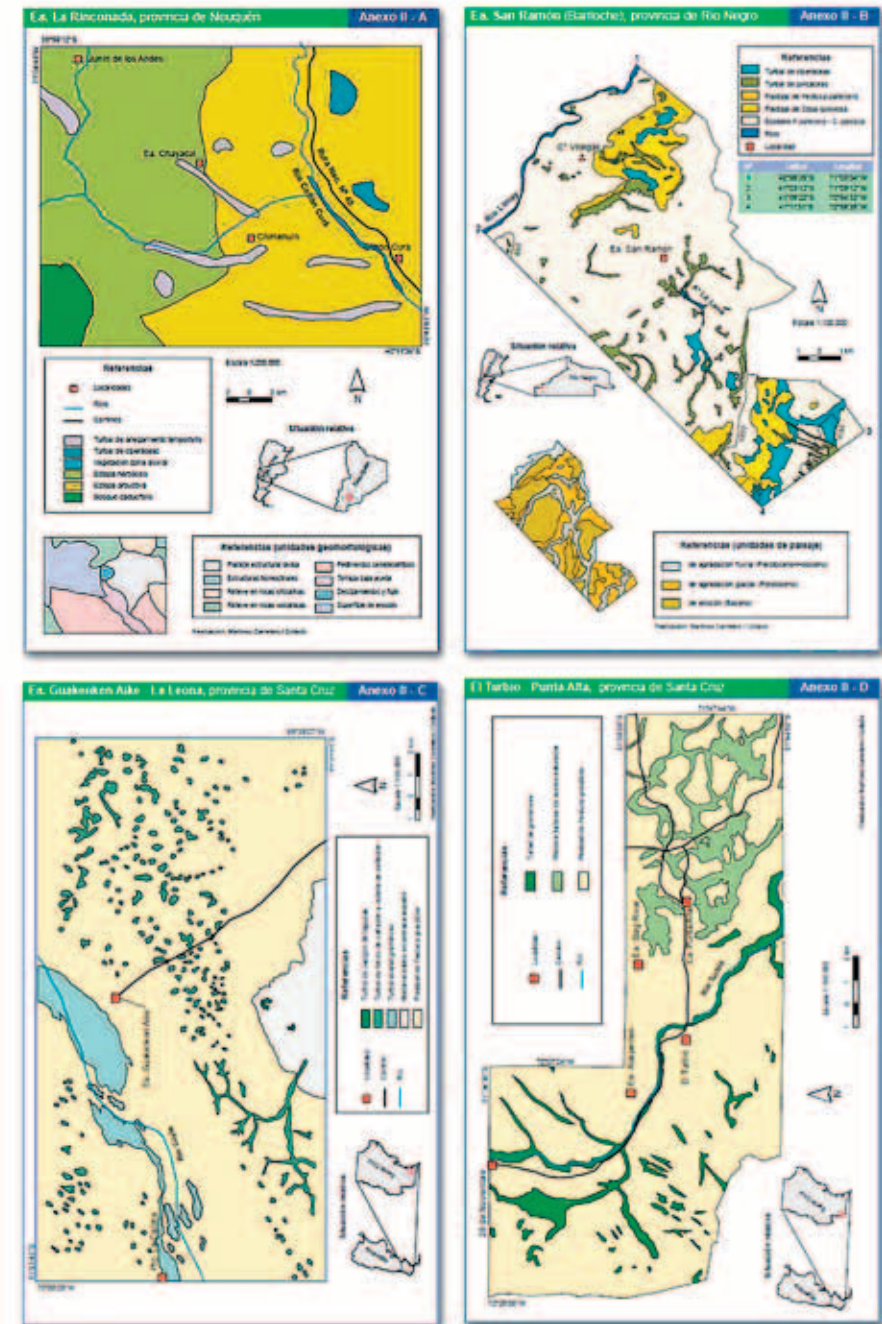


Figura 11. Ejemplos de cartografías y su clasificación de asociaciones vegetales y de turberas.



En el proyecto *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*, por Ruiz y Doberti, 2005, se desprenden los siguientes productos:

- Es importante resaltar que esta investigación fue el primer catastro financiado por el Gobierno Regional de Magallanes, el cual proporciona un conocimiento atingente sobre las turberas, para orientar y fomentar la actividad extractiva y cosecha de las Turberas de *Sphagnum* a nivel regional; este trabajo tiene una perspectiva económica y sobre las funciones ecológicas de estos ecosistemas.
- Se plantea identificar y zonificar técnicamente los turbales (concepto genérico que adopta este trabajo). Además de los otros ejes que desarrollan como por ejemplo: composición botánica, estados de conservación, análisis físico-químico, aspectos relacionados con el uso y manejo, análisis proximal de mercado de la turba a nivel internacional, nacional y regional, y análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), como una primera visión en la evaluación estratégica del recurso (Ruiz y Doberti, 2005).
- El estudio se realizó sobre 26 localidades ubicadas y seleccionadas reconociendo unidades homogéneas mediante análisis de imágenes satelitales sólo para estas localidades, éstas repre-

sentan a las provincias de Magallanes (Parrillar 1, Parrillar 2, Andino 1, Andino 2, Andino 3, 5 Lagunas, Canelo, San Juan, Río Verde, Tres Morros 1, Tres Morros 2), Tierra del Fuego (Vicuña 1, Vicuña 2, Río Cóndor, Lynch, Lago Escondido, Calafate 1, Calafate 2, Boquerón 1, Boquerón 2, Boquerón 3), Última Esperanza (Obstrucción, San Lucas, Parque Nacional Torres del Paine, Antonio Varas) y Antártica (Navarino), (Ruiz y Doberti, 2005).

- En relación a los insumos cartográficos, lo primero que se presenta es la "Distribución de los Turbales en la XII Región" y "Distribución de comunidades Vegetales" (Figura 12), cartografías que adoptan sistemas de referencia y proyección geográfica (Datum SAD69 y huso 19 sur), esta zonificación se realiza con antecedentes bibliográficos (Blanco, D.E. y De La Balze V.M. 2004) y los criterios para la definición de unidades cartográficas homogéneas UCH (Ruiz y Doberti, 2005). Si bien ya nos encontramos con cartografías elaboradas, que albergan mayor cantidad de datos, y una estandarización en sus elementos formales, nos enfrentamos a dificultades de legibilidad en los mapas; por otra parte, no se especifica en el informe el método particular ni los criterios para establecer las UCH, sin embargo, se nos aclara que se llega a este resultado de distribución a nivel regional a través de una interpolación (com. pers., Andrés Vilaboa, enero 2014).

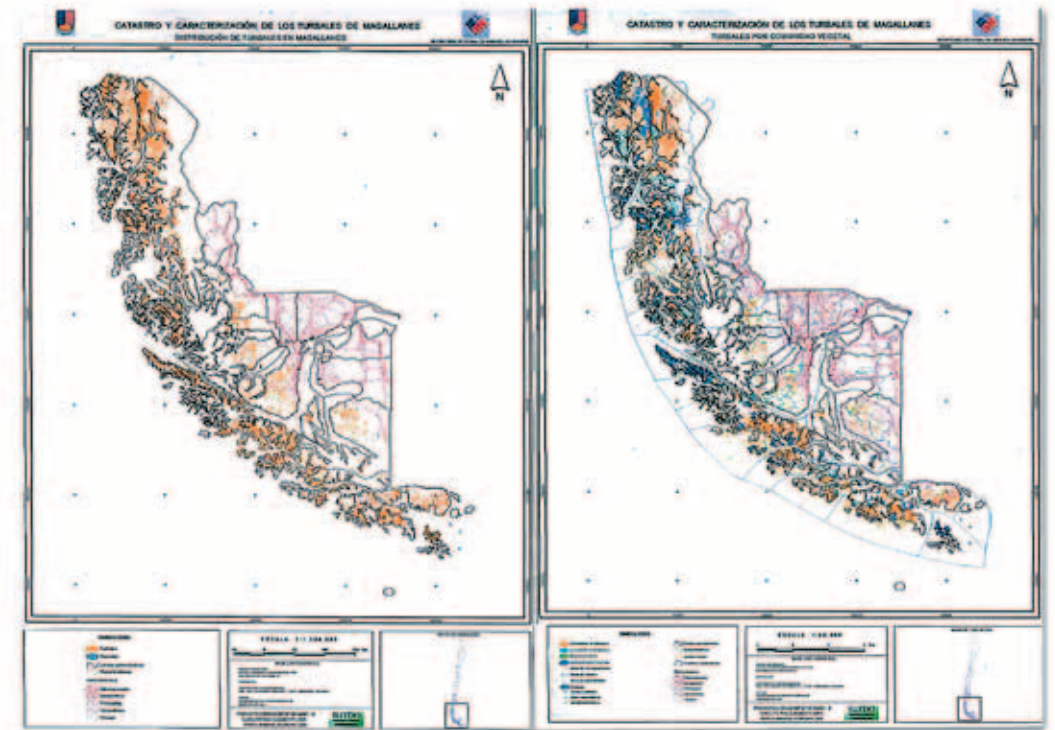


Figura 12. Distribución de los Turbales en la XII Región (izquierda) y Distribución de comunidades Vegetales (derecha). Ruiz y Doberti, 2005.

- La comprensión espacial está dada en la distinción de organizar la distribución de las turberas por comunas y provincias, las que se ubican dentro y fuera de las Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), por zona de uso y riesgo ambiental (determinado por la pendiente media) y sus respectivos datos geográficos. En este sentido, la mayor superficie de turberas se encuentra en la Provincia de Última Esperanza (54%), luego en la Provincia de Magallanes (24%), Antártica (17%) y, por último, Tierra del Fuego (5%). Para este trabajo los turbales representan el 17,2% de la superficie de la región (Ruiz y Doberti, 2005), es decir, el total de turberas identificadas por este trabajo recae en la cifra de 2.270.126 ha, 1.896.092 a manos de la SNASPE, 357.615 ha en propiedad privada y 16.413 del Fisco (Ruiz y Doberti, 2005).





• Otro elemento a considerar y comparar es que la distribución de comunidad vegetal por medio de análisis cartográfico con imágenes y de las características realizadas en terreno, además de antecedentes bibliográficos se definen para Magallanes, Turberas de *Sphagnum magellanicum* (1.840.079 es un 81,06%) y Turberas de *Polystri-chum alpestre* (391.091 un 17,22%), además se generó otra categoría (39.022 un 1,72%) que representa situaciones tipo mosaico no bien definidas o poco conocidas (Ruiz y Doberti, 2005). En este caso se aprecian discrepancias conceptuales en cuanto a la clasificación de turberas, propuestas por Pisano en 1977 y 1992 y también desarrolladas en este libro (capítulo 6); inferimos que

esta diferencia conceptual afecta directamente en la representación gráfica y numérica, sobrestimando la cantidad de superficie de Turberas de *Sphagnum*.

• Por último, en una propuesta actualizada a este proyecto por Ruiz y Doberti (2013) las cifras en relación a las turberas presentan los siguientes resultados por provincia (Tabla 2). Y la cartografía síntesis actualizada por Ruiz y Doberti (Figura 13) hace la distinción espacial entre turberas dentro y fuera de las Reservas y Parques, criterios acogidos para los productos cartográficos de este capítulo. Sin embargo, la clasificación por tipos de turberas continúa siendo confusa.

Distribución de Turberas en la Región de Magallanes				
	Otras			
Provincias	<i>Sphagnum</i>	Turberas	S/Información	Total general
Antártica Chilena	206.553	59.337	130.288	396.178
Magallanes	243.733	129.223	172.437	545.394
Tierra del Fuego	55.629	19.406	19.632	94.668
Última Esperanza	616.371	222.141	395.527	1.234.039
Total general	1.122.287	430.107	717.884	2.270.278

Tabla 2. Distribución de turberas en la Región de Magallanes por Provincia, propuesta actualizada por Ruiz y Doberti, 2005; modificado por Andrés Vilaboa, 2013.

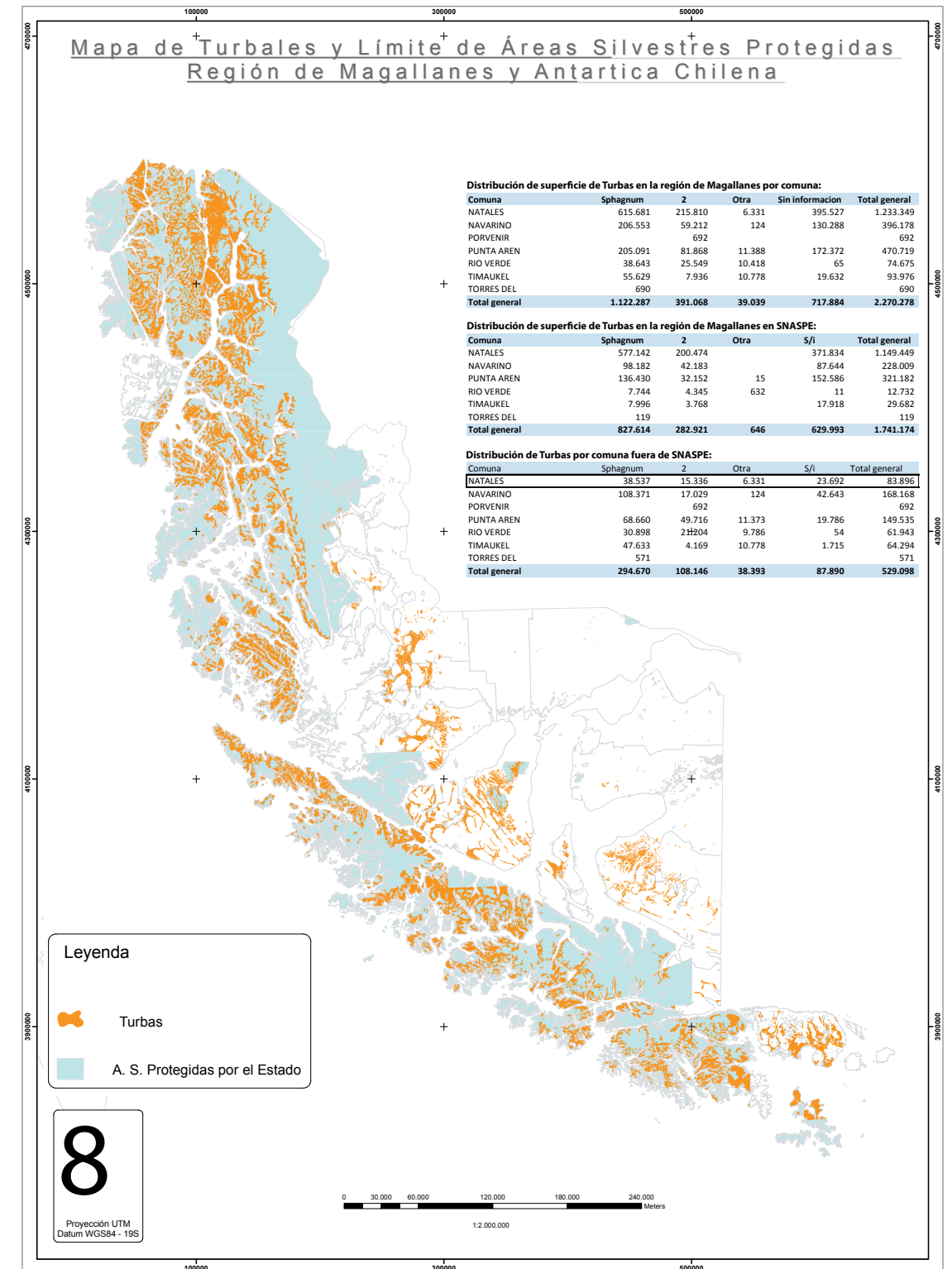


Figura 13. Mapa de distribución de turbales y límites de Áreas Silvestres Protegidas.

• Cabe mencionar que el ejercicio de teledetección aplicada a estudios de identificación, reconocimiento y clasificación, se realiza sólo en la Península de Brunswick. Una metodología apropiada para hacer una clasificación digital de la imagen satelital, nos infiere la posibilidad de aplicar este

método a los otros sectores que concentran gran cantidad de turberas; sin embargo el producto es presentado como una imagen, básicamente de apoyo visual, sin elementos complementarios que nos permitan interpretar su contenido (Figura 14).

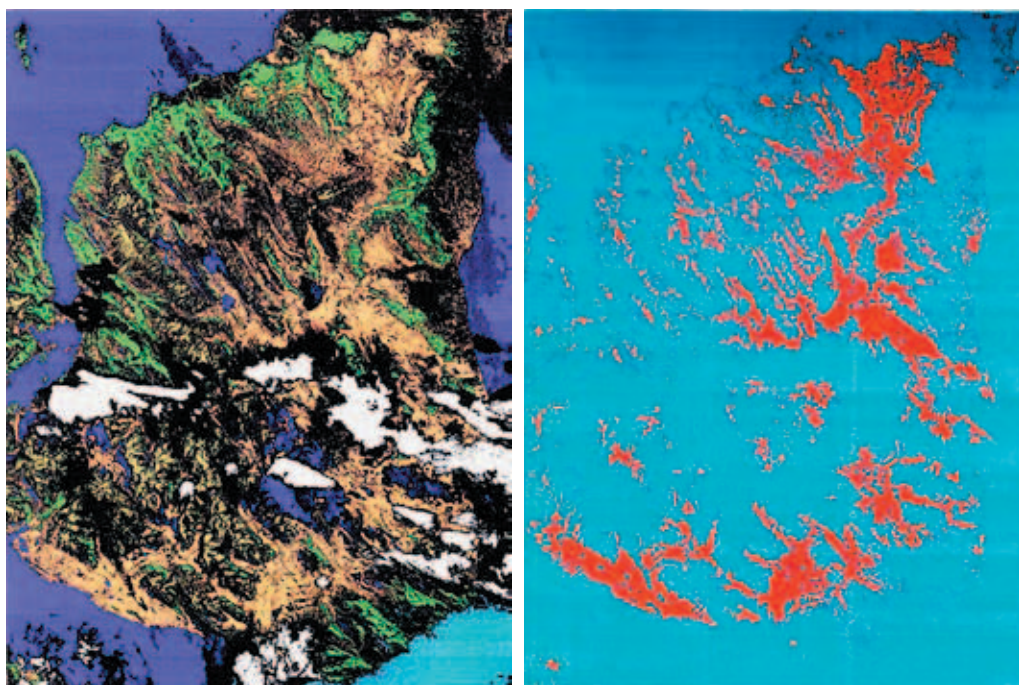


Figura 14. Clasificación digital (derecha) y Resultados de análisis espectral (izquierda) de la Sub-escena Base.

• Por último, mencionar que se aprecia una desorganización en la estructura en cuanto a la presentación del contenido del informe *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*, en relación a la complejidad del amplio levantamiento de información realizado, esto dificulta la comprensión en el desarrollo del trabajo cartográfico, pero sin duda es el insumo trascendental para el desarrollo de la reactualización de la base digital, el cual converge a su vez en el rescate de los datos y sistematización de las elaboraciones anteriores.

Finalmente, destacamos a Patricio Pliscoff y Federico Luebert. En *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos*. 2008. Segunda Edición. Comi-

sión Nacional de Medio Ambiente.

• En el capítulo "Diversidad de ecosistemas", el énfasis de su trabajo está dirigido a los ecosistemas terrestres, patrones de distribución regional y los principales rasgos de la vegetación de Chile en relación al clima y sus tipos. Se utiliza y adopta el concepto de turberas; identificando distintos tipos de ellas con una representación cartográfica a macro-escala.

• Depura los trabajos anteriores y específicamente el Catastro de Bosque Nativo (1999), siendo éste uno de los productos relevantes del proyecto CONAF y CONAMA de la mano de la Universidad Austral de Chile, Pontificia

Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco.

• Además, Pliscoff y Luebert nos proponen una clasificación detallada vinculada a las anteriores, empleando los mismos parámetros semejantes. Se trata de una clasificación que permite distinguir ecosistemas a una escala 1:1.250.000, lo que facilita la gestión pública en medio ambiente. Se reconocen los "Pisos de vegetación" representativos. Perfecciona una clasificación que ya era empleada por Gajardo que distingue 85 formaciones Vegetacionales, esta nueva propuesta distingue 127 unidades, caracterizadas por condiciones climáticas, altitudinales y de vegetación (Pliscoff y Luebert, 2008).

• En definitiva son un total de 17 formaciones

vegetales con 127 ecosistemas terrestres, para el caso de las turberas las clasifica en: Turbera templada costera de *Donatia fascicularis* y *Oreobolus obtusangulus*, Turbera antiboreal costera de *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis*, Turbera antiboreal de *Bolax bovei* y *Phyllachne uliginosa* y, por último, Turbera templada – antiboreal interior de *Sphagnum magellanicum* y *Schoenus antarcticus*, con una superficie de 61.976 km² (6.197.600 ha), y para el caso de las Turberas de *Sphagnum magellanicum* y *Schoenus antarcticus* tiene una superficie de 7.684 km², es decir, 768.400 hectáreas.

Para finalizar este punto presentamos un esquema síntesis de la aproximación a la evolución cartográfica sobre las turberas de la Región de Magallanes, representada por sus autores y años de publicaciones (Figura 15).

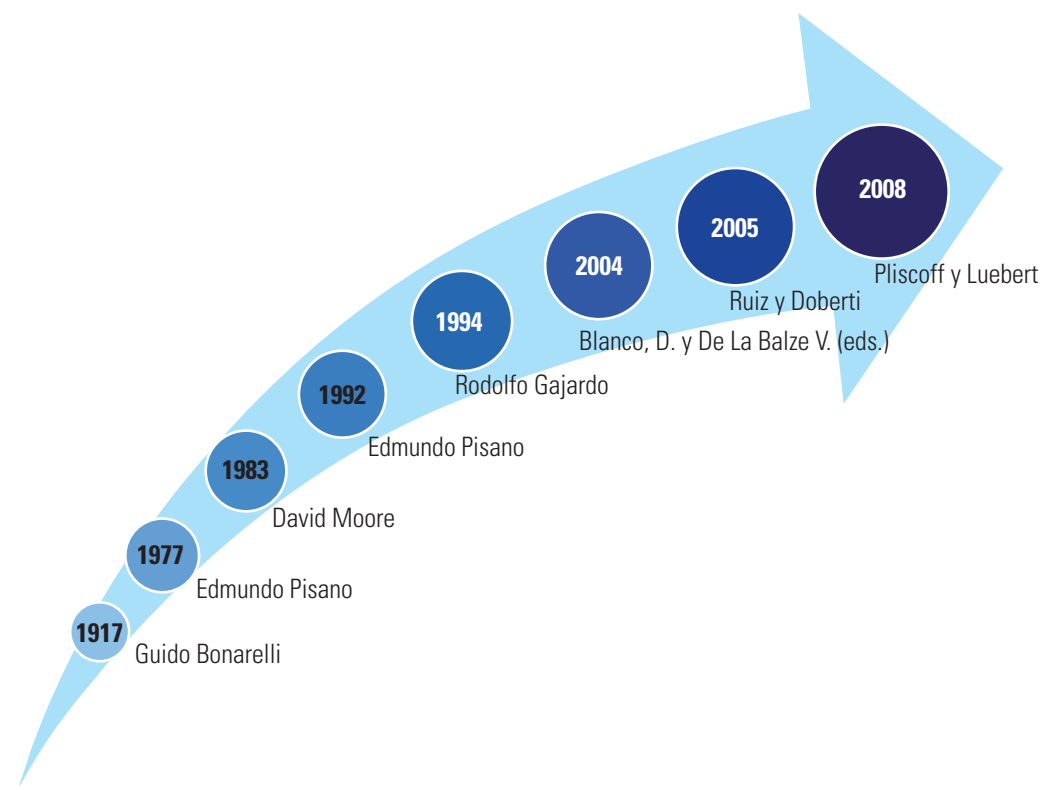


Figura 15. Esquema cronológico de los hitos cartográficos en investigación por autor, relacionado con la identificación de turberas en la región.

Corrección vectorial a la base digital realizada por el Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes, por Ruiz y Doberti (2005)

El primer acercamiento con la base digital facilitada por Ruiz y Doberti implicó hacer una corrección vectorial, básicamente eliminando los residuos post superposición y recorte de capas o shape entre la división política administrativa, las Áreas Silvestres Protegidas declaradas como Reservas, Parques y Monumentos, y la cobertura del total general de turberas identificadas en el territorio regional. Así podemos mencionar tres aspectos de este proceso:

A. El área de estudio cubre una extensa superficie, esto significa perder calidad en el detalle y así se pierde la visibilidad de espacios más pequeños.

B. El levantamiento de los datos generados a partir de información geográfica parcial en términos espaciales y cartográficos presentados anteriormente, ha permitido generar importantes insumos, pero son insuficientes en relación a la envergadura del extenso territorio regional.

C. Estos residuos generan errores o áreas incorrectas que no corresponden al área de estudio, y en el proceso de construcción y cálculo de



área podrían ser sumadas aumentando la cantidad de superficie.

Como primera etapa de producto cartográfico, presentamos un esquema del proceso de elaboración, aquí nos acercamos a los primeros datos.

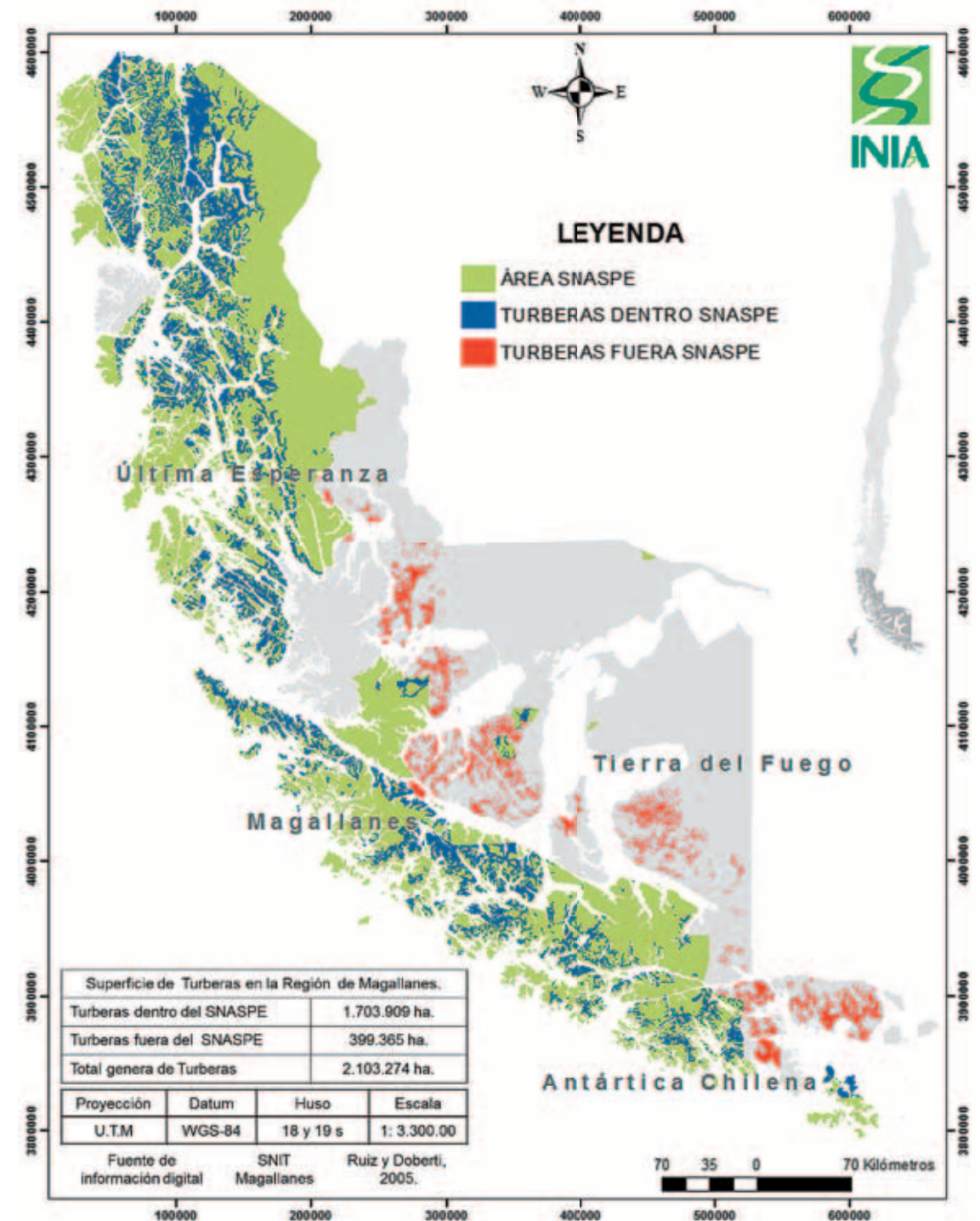
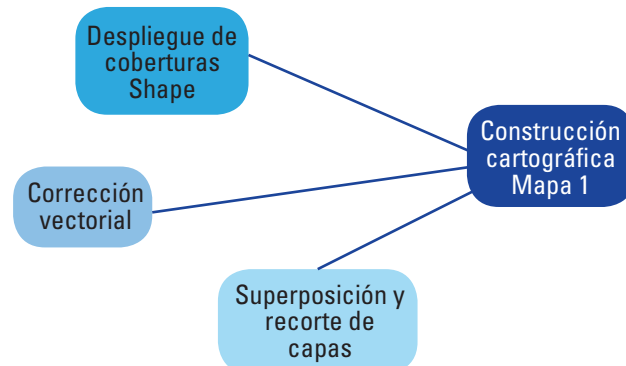


Figura 16. Distribución geográfica y superficie de las turberas en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (Modificado del *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*, por Ruiz y Doberti, 2005).

Las turberas identificadas y zonificadas para la Región de Magallanes corresponden a un total general de 2.103.274 ha aproximadamente, correspondiente al 16% de la superficie total de la región, se distingue una diferencia de 170.000 hectáreas aproximadamente en comparación al total general propuesto por Ruiz y Doberti (2.270.126 ha); de ellas tenemos turberas dentro de las Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) que corresponderían a 1.703.909 hectáreas (12,8% de la superficie regional), de las cuales no se tiene la claridad de cuántas de estas turberas corresponden a Turberas de *Sphagnum*, pero por su distribución en el sector de archipiélagos y el reconocimiento realizado en terreno (com. pers. Erwin Domínguez) corresponden en su mayoría a Turberas pulvinadas y Turberas graminiformes (capítulo 6). Las turberas que están dentro de las Áreas Silvestres Protegidas contemplan una figura de protección formal,

por lo cual se encuentran resguardadas y por la falta de información (extensas áreas inaccesibles) nos sugiere descartar esta gran área, lo cual requeriría un tratamiento de estudios específicos para hacer la distinción en la distribución de los tipos de turberas dentro de estas zonas extensas.

Por otra parte, se identifican turberas zonificadas con rojo (Figura 16), fuera de las áreas del SNASPE, que corresponderían a 399.365 hectáreas aproximadamente del total general de turberas (3% de la superficie regional), que se encuentran en terrenos de privados o de Bienes Nacionales. Para efectos de este trabajo, son éstas en las cuales se enfoca esta investigación, para su posterior edición en el ajuste de polígonos con la unidad de turberas fotointerpretadas, debido a que son ellas las que presentan la posibilidad de un potencial uso.



La reedición acorde a las formas de la unidad homogénea de turberas para la identificación y zonificación de las Turberas de *Sphagnum*, a partir del análisis visual de imágenes satelitales en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena

Este proceso implica corregir el traslape entre los polígonos corregidos de la base digital de Ruiz y Doberti (presentado en el punto anterior) y ajustar de la forma más cercana las unidades de Turbera de *Sphagnum* fotointerpretadas orientadas bajo los criterios (establecidos en la

metodología), lo que significó rehacer el 80% de los polígonos (vectores, formato Shape), reeditando las unidades existentes por las formas que asemejen la unidad de las turberas. Esta etapa de ajuste se ejemplifica con la siguiente imagen (Figura 17):

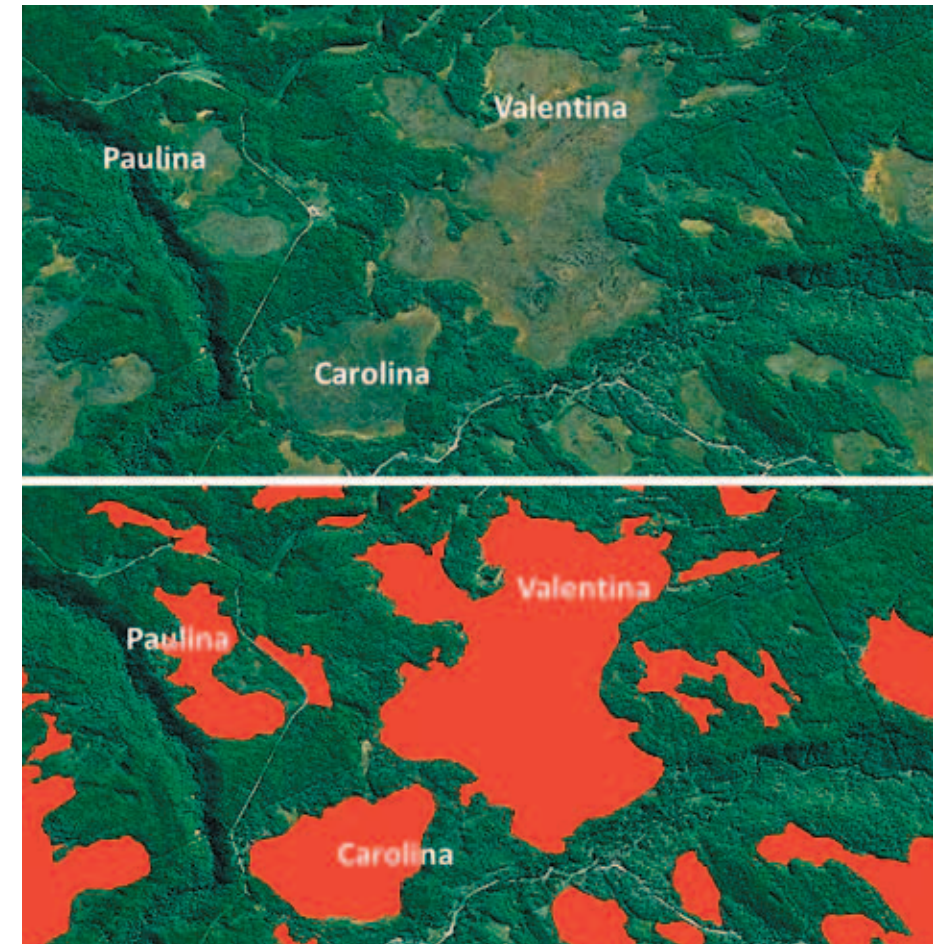


Figura 17. Turberas de *Sphagnum* en Seno Otway, Península de Brunswick. Paulina: 53°9'58.98"S - 71°21'40.14"O; Valentina: 53°9'50.04"S - 71°20'3.80"O; Carolina: 53°10'28.10"S - 71°21'0.14"O.



De este proceso tenemos un total de 3.969 polígonos creados y corregidos en función de las unidades homogéneas de turberas (desde una perspectiva cartográfica). En las áreas fuera del SNASPE, se descartan además las turberas que están identificadas por terreno (Georreferenciadas), tipificadas como Turberas graminiformes y turberas pulvinadas, como también las turberas que están en zonas eminentemente archipelágicas que no están identificadas vía terreno.

Las Turberas de *Sphagnum* corresponden a una superficie total de 269.545 hectáreas equivalente al 2,1% de la superficie total de la región. Estas áreas están concentradas en el sector de Seno Obstrucción, Isla Riesco, Península de Brunswick, Isla Dawson, Tierra del Fuego e Isla Navarino. Es importante destacar que el polígono identificado en la cartografía como área sin información en la Provincia de Tierra del

Fuego, corresponde a una superficie de 72.806 ha, en ella el Catastro de turbales (Ruiz y Doberti, 2005) propone una superficie destinada a Turberas de *Sphagnum* de alrededor de 15.000 ha aproximadamente, debido a la nula visibilidad esta superficie no se contempló en el total general, por lo cual deben ser corroboradas según la metodología planteada por este estudio y trabajo de campo. Sin embargo, proyectamos una superficie de 284.545 ha aproximadamente de Turberas de *Sphagnum*, incluyendo el área sin información de Tierra del Fuego.

A continuación se presenta la cartografía final y los datos síntesis de la reactualización del catastro de las Turberas de *Sphagnum* fuera de las Áreas Silvestres Protegidas, explicados en los párrafos anteriores (Figura 18):

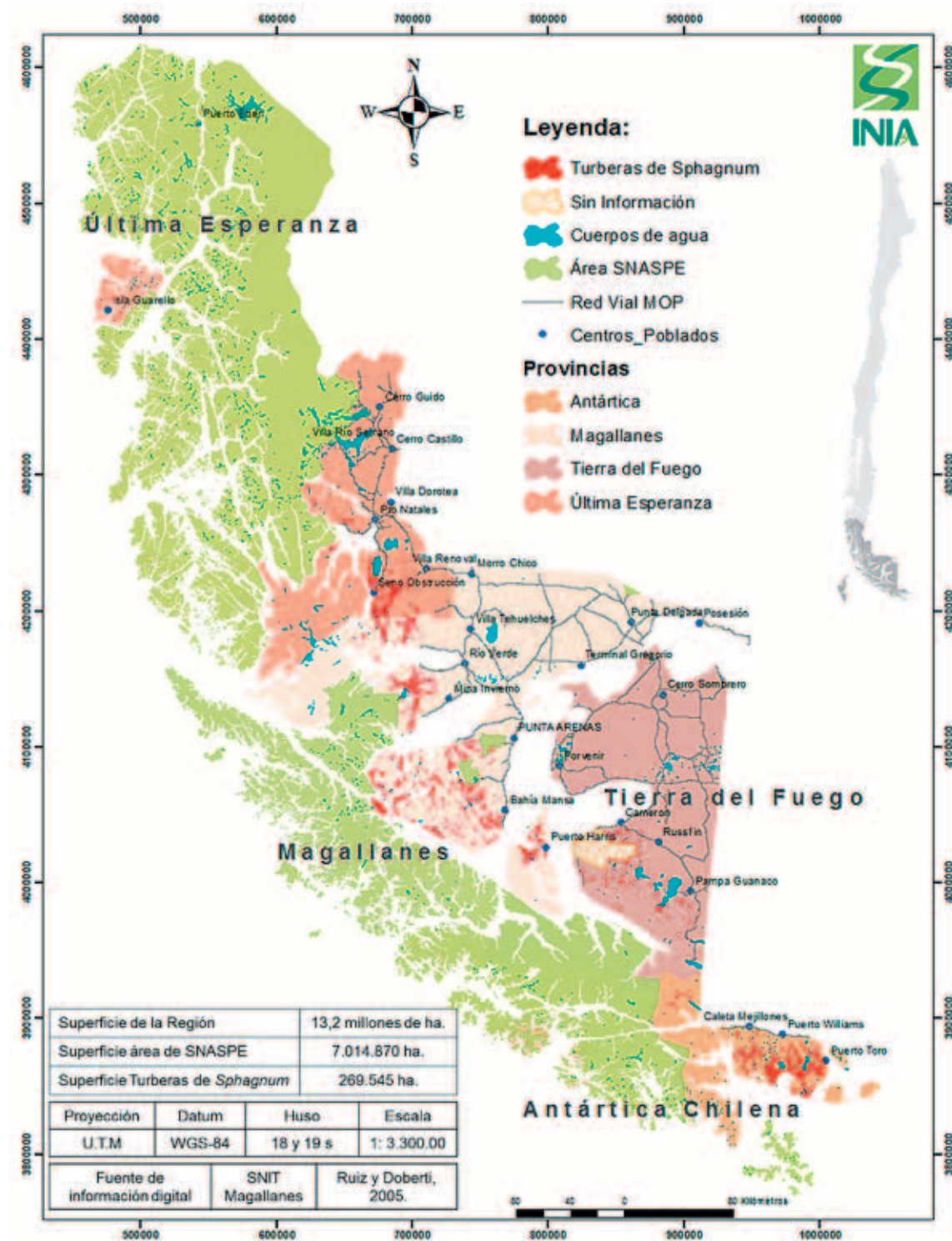


Figura 18. Distribución geográfica y superficie de las Turberas de *Sphagnum* fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

El sector que concentra la mayor cantidad de Turberas de *Sphagnum* es la Provincia de Magallanes (132.872 ha), específicamente en los sectores de Isla Riesco, Península de Brunswick e Isla Dawson, y junto a las provincias de Última Esperanza, específicamente en Seno Obstrucción, y Tierra del Fuego concentran el 75% de estos ecosistemas.

Estos sectores son justamente los que presentan mejores condiciones de accesibilidad a los centros poblados que abarcan la mayor población en la región, exceptuando Isla Na-

varino e Isla Dawson, si bien tienen un importante porcentaje de superficie de Turberas de *Sphagnum* (24,9%), son áreas aisladas y de difícil acceso, por lo tanto, poco factible de ser susceptibles a algún tipo de uso actual. En este sentido son las turberas cercanas a Puerto Natales (sector de Seno Obstrucción y Renoval), Península de Brunswick (sector sur) y Tierra del Fuego, las que presentan mayores ventajas a la hora de planificar territorialmente un manejo y uso de ellas, por la rentabilidad que les permite disminuir los costos en el transporte inter-regional.

Provincias	Turberas de <i>Sphagnum</i>		Mapa temático derivado
Última Esperanza	43.015	15,9%	
Magallanes	132.872	49,3%	
Tierra del Fuego	26.458	9,8%	
Antártica Chilena	67.200	24,9%	
Total Turberas de <i>Sphagnum</i>	269.545 hectáreas		

Tabla 3. Distribución geográfica, superficie y porcentajes de las Turberas de *Sphagnum* por provincia en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Cabe destacar que este trabajo y el conjunto de resultados son óptimos para materializar a través de representaciones gráficas por medio de una cartografía temática y cuantificando la cantidad de Turberas de *Sphagnum* fuera de las Áreas Silves-

tres Protegidas; en este proceso se presentaron algunas limitantes que son necesarias de manifestar; para generar una discusión en torno al tema y evaluar una continuidad en la investigación sobre esta temática en el mediano y largo plazo.

Limitantes del estudio

- En Tierra del Fuego se identifica una superficie de 72.806 ha, área que no pudo ser fotointerpretada, en ella el Catastro de Turberales (Ruiz y Doberti, 2005) propone una superficie destinada a Turberas de *Sphagnum* equivalente a 15.000 ha aproximadamente, que para este estudio no pudo ser visualizada debido a la nubosidad; es decir, esta superficie no se contempló en el total general, por lo cual se sugiere corroborar por terreno y/o tratamiento de imágenes disponibles (sin nubosidad), la confirmación de dichas áreas en vinculación a la presencia de Turberas de *Sphagnum*, por ende debe ser reevaluada y posteriormente sumada al total por provincia y región. Sin embargo, proyectamos (269.545 ha + 15.000 ha) a una superficie de 284.545 ha aproximadamente de Turberas de *Sphagnum*, este elemento debe ser considerado para estudios posteriores.

- Es importante manifestar que la región no cuenta con una dotación de imágenes satelitales o fotografías aéreas con óptimas características de resolución espacial y espectral, que cubran grandes superficies o la totalidad de la región; esta realidad no permite realizar un análisis espacial con mayor precisión, a través de la utilización de técnicas de teledetección. Sin embargo, se utilizan las imágenes disponibles y de acceso liberado, como son las imágenes Landsat o la plataforma Google Earth, que son insumos importantes para plantear este tipo de trabajos, pero con limitantes de resolución espacial y espectral que dificultan o restringen la visualización o el método de la interpretación visual de la imagen.



- Otro elemento importante es en torno a la ubicación geográfica de la región y las condiciones climáticas del área de estudio, con alta presencia de nubes; este fenómeno nos restringe áreas (sin información), es decir, también dificulta la discriminación o poder hacer una fotointerpretación y la reedición de las turberas de manera más certera, elementos que no se pueden obviar al momento de plantear este tipo de investigaciones.

- Es una necesidad fundamental la comprobación en terreno sobre estas áreas de interés, los puntos de terreno identificados en el catastro por Ruiz y Doberti fueron 26 y los puntos identificados de diversos terrenos realizados por el equipo INIA fueron 50 turberas (capítulo 6), ambos utilizados como guía para el levantamiento de información. Sin embargo, estos puntos identificados siguen siendo insuficientes considerando los 3.969 polígonos de turberas graficadas en la cartografía final y la superficie de turberas en la región.

Conclusiones

1. Las Turberas de *Sphagnum* se ubican densamente entre los sectores de Seno Obstrucción, Isla Riesco, Península de Brunswick, Isla Dawson, Tierra del Fuego e Isla Navarino, cubriendo una superficie de **269.545** ha correspondiente al 2,1% de la superficie total de la región.

2. Cabe destacar los elementos morfológicos y las características de las formaciones vegetacionales asociados a las turberas, como criterios fundamentales en la identificación de Turberas de *Sphagnum*, recopilados y apropiados para el desarrollo de este trabajo: las características del **relieve** (sectores de depresiones, áreas cóncavas de origen glaciar), **ubicación** (su emplazamiento no sea en zonas eminentemente archipelágicas), **altura** (hasta los 500 m.s.n.m. Límite arbóreo es hasta los 400 – 500 metros), **bosques asociados** (las unidades homogéneas

deben estar entre un 50 y 70% rodeadas de coberturas de bosque).

3. El sector que concentra la mayor cantidad de Turberas de *Sphagnum* es la Provincia de Magallanes (132.872 ha), específicamente en los sectores de Isla Riesco, Península de Brunswick e Isla Dawson, y junto a las provincias de Última Esperanza, específicamente en Seno Obstrucción, y Tierra del Fuego concentran el 75% de estos ecosistemas que adquieren importancia por su uso potencial.

4. La evolución cartográfica nos representa un desarrollo progresivo del conocimiento geográfico de la zona, específicamente de las formaciones vegetacionales de turberas y pretende ser un reconocimiento a cada una de estas investigaciones, pues nos permite entender aspectos o componentes geográficos de la zona austral, de las características y distribución espacial del emplazamiento de las turberas en Magallanes. En este sentido esta investigación pretende ser parte de este proceso de continuidad en la generación de insumos para futuras investigaciones, en cuanto al levantamiento de información geográfica en relación a la distribución de las turberas; un aporte en la comprensión espacial de este fenómeno hacia la toma de decisiones en relación a la protección, gestión y usos potenciales de estos ecosistemas.

5. Finalmente las Turberas de *Sphagnum* cobran importancia por su valor ambiental, cultural, paisajístico e incluso comercial, a nivel regional y nacional, principalmente por las funciones y servicios ecosistémicos que brindan y por el uso ascendente que está generando este recurso territorial, siendo las turberas un complejo paisajístico y parte fundamental del entramado estructural, funcional y evolutivo de la dinámica de los paisajes continentales e insulares de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Propuestas

Es importante proponer la combinación de técnicas de teledetección, por medio de la aplicación de métodos de la percepción remota, por ejemplo: clasificación no supervisada, clasificación supervisada, índices de vegetación, índices de humedad, una reclasificación bajo criterios de interés (parámetros de superficie, accesibilidad, tipos de clases, factores estructurantes y/o de formación, entre otros). Además del tratamiento de imágenes satelitales (correcciones), es imprescindible aumentar el trabajo de terreno que, sin duda, es el elemento que se convierte en el patrón común de los estudios descritos. Todos ellos con la finalidad de automatizar el proceso metodológico de los criterios establecidos e ir acercándonos progresivamente a la identificación más próxima a la realidad de las superficies de turberas de la Región de Magallanes.

En el contexto de un área de estudio a macro-escala, la extensa superficie de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena (13,2 millones de hectáreas aproximadamente), considerando las dificultades y limitantes que se expusieron, y para aumentar las posibilidades de discriminación sobre elementos, formaciones y características espaciales en la presencia de turberas, se propone trabajar a meso-escala, lo que implicaría enfocar las áreas de estudio a superficies en función de áreas desarrolladas bajo los parámetros señalados en este estudio (Parques, Reservas y Monumentos), las áreas sin protección ambiental, enfocado a los sectores de interés o de mayor concentración de Turberas de *Sphagnum* (Seno Obstrucción, Isla Riesco, Península de Brunswick, Isla Dawson, Tierra del Fuego e Isla Navarino), e incorporar las áreas declaradas por Bienes Nacionales o parques privados por sus atributos ecológicos y arqueológicos. Por tanto, sugerimos utilizar este conjunto de criterios para ir acotando las áreas efectivas y susceptibles de un potencial uso, como también



apuntar a la identificación de tipos de turberas por cada área declarada por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado. Este planteamiento implicaría consensuar la idoneidad de los métodos y la homologación del proceso metodológico, para cada área de estudio, incluyendo las representaciones gráficas a través de cartografías temáticas.

Asimismo, este enfoque permitiría una aplicabilidad del método para disminuir errores de identificación e interpretación, poder minimizar el error producto de trabajar con extensas superficies y trabajar con un conjunto de estudios simultáneos bajo un programa de ejecución, por ejemplo a nivel de parques, reservas, monumentos y los seis sectores de Turberas de *Sphagnum* más significativos, lo que implicaría construir un banco de información espacial de turberas para la gestión de datos y como insumos en función de la planificación de organismos públicos o privados pertinentes o con competencia vinculados a las Turberas de *Sphagnum*.



Bibliografía

Blanco, D.E. y V.M. De la Balze. 2004. Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. *Wetlands International - América del Sur* 25 de Mayo 758 10° I (1002) Buenos Aires, Argentina.

Bonarelli, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, sección Geología, Mineralogía y Minería*. Buenos Aires, Argentina. Tomo XII, Núm 3. 120 pp.

Domínguez, E. y N. Bahamonde. 2012. Manual de evaluación de Turberas de *Sphagnum*: caso de estudio efectos de la extracción de turba sobre el paisaje, Región de Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N°256. 88 pp.

Domínguez, E. y J. Larraín. 2012. *Sphagnum magellanicum* (pompon): el musgo de la turbera. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Kampenaike – Ministerio de Agricultura. Informativo N° 31.

Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, S.A. Santiago de Chile. 165 pp.

Iturraspe, R. y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego Argentina. En: Coronato, A. y Roig C. eds.: *Curso Taller de Conservación de Ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego*: 85-93. Ushuaia, Tierra del Fuego.

Martínez Carretero, M. 2004. Los Turbales Patagónicos. Capítulo 4. En: Blanco, D.E. y De La Balze V.M. (eds.). 2004, *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Publicación N°19. Wetlands. Buenos Aires, Argentina.

Moore, D. M. 1983. *Flora of Tierra del Fuego*. Anthony Nelson, Oswestry, England. 396 pp.

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. 1992. Sectorización fitogeográfica del archipiélago Sud Patagónico-Fueguino V. Sintaxonomía y Distribución de las unidades de vegetación vascular. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales (Chile)* 21: 5-33.

Pliscoff, P. y F. Luebert. 2008. Ecosistemas terrestres. p. 74-87. En: CONAMA. eds. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos*. Segunda Edición Actualizada. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.

Ramsar. 2004. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

Ruiz, J. y M. Doberti. 2005. *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*. Punta Arenas.



Capítulo 3

Las turberas como archivos de cambios paleoambientales

Rodrigo Villa-Martínez¹, Héctor Mansilla², Juan Carlos Aravena¹, Erwin Domínguez³

¹PMI Gaia -Antártica, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. ²Instituto Antártico Chileno (INACH), Punta Arenas, Chile. ³Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Kampeniike, Punta Arenas, Chile.
E-mail: rodrigo.villa@umag.cl



Introducción

Como parte de su ciclo reproductivo las plantas liberan anualmente grandes cantidades de granos de polen y esporas. Sólo unos pocos llegan a fecundar una flor y la mayoría caen dispersos en el paisaje. Lagos, lagunas y turberas constituyen lugares que permiten la acumulación y conservación de estas estructuras a través del tiempo. El estudio de granos de polen y esporas en los sedimentos de estos reservorios naturales permite reconstruir la historia de la vegetación y del clima a lo largo del tiempo. Las turberas corresponden a sistemas que acumulan materia orgánica en descomposición, generando ambientes

anáxicos (con poco oxígeno), permitiendo un elevado grado de preservación de granos de polen y otros microfósiles. La conservación de estos restos orgánicos y su posterior estudio constituyen una fuente de información clave, para reconstrucciones ambientales del pasado en los ecosistemas de Magallanes.

Patagonia Sur (50°-54°S, Figura 1) es una región clave para la reconstrucción de la vegetación y clima del pasado. Esta singularidad se debe a que: i) esta área constituye la única masa terrestre en estas latitudes en el Hemisferio Sur; ii) posee una fuente de precipitación predomi-



nante que es la transportada por los vientos provenientes del oeste, iii) la presencia de los Andes genera un agudo gradiente de precipitaciones en el sentido oeste-este, y iv) este gradiente de precipitación induce la distribución de la vegetación en la región (Figura 1). Esta

condición es usada como criterio para interpretar registros de polen fósil e inferir cambios pasados en la vegetación, clima y Cinturón de Vientos de Oeste (CVO). Los vientos del oeste son un importante componente del sistema climático debido a su influencia en la circulación atmosférica y patrones de precipitaciones en las latitudes medias del Hemisferio Sur. Se ha propuesto que variaciones en la posición e intensidad del CVO están vinculadas como gatillo de cambios climáticos globales (Moreno *et al.*, 2010; Toggweiler *et al.*, 2006; Toggweiler, 2009). A pesar de su

importancia, aún no se comprende bien cómo ha variado el CVO en el pasado. Por esta razón, los registros de sitios que se encuentran en importantes bordes climáticos tienen el potencial de monitorear cambios en las precipitaciones de fuente oeste.

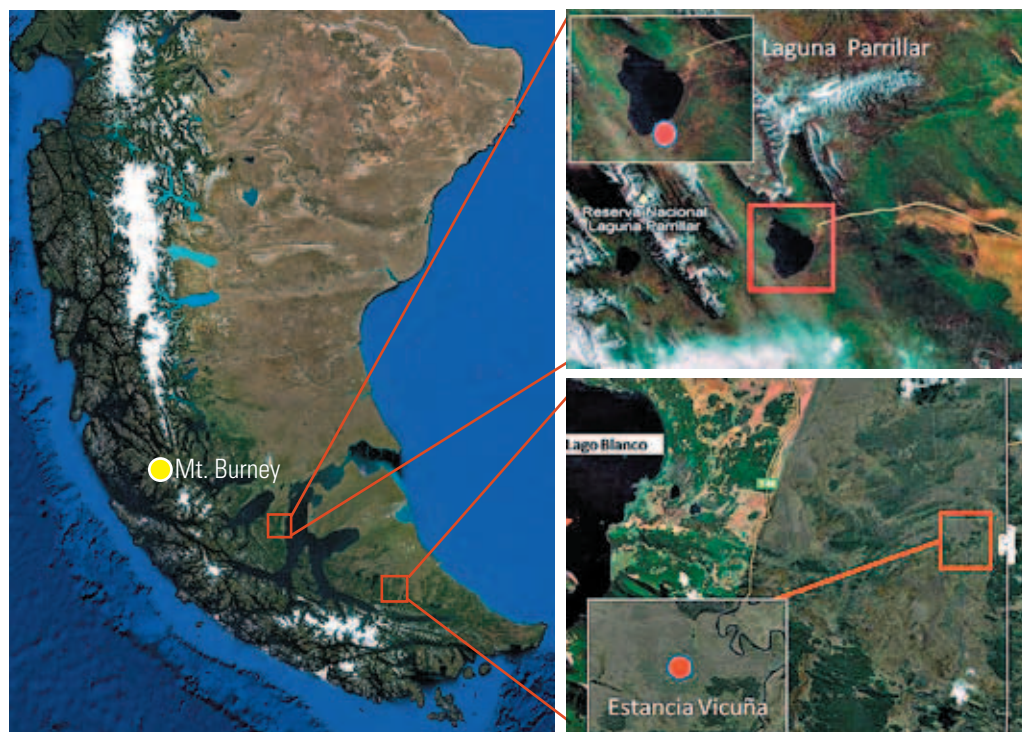


Figura 1. Imagen satelital mostrando la región de Patagonia Sur, localización del Volcán Monte Burney, y ubicación de la turbera en la Reserva Nacional Laguna Parrillar y turbera en Estancia Vicuña en el Parque Karukinka, Tierra del Fuego.

La región austral de Sudamérica aún presenta escasos registros paleoecológicos con detalle y cronología adecuados para abordar problemas paleoambientales. Más aún, las interpretaciones de los registros disponibles han originado visiones opuestas de la dirección y magnitud de cambio climático, así como el comportamiento del CVO (Moreno *et al.*, 2010). Estas diferencias han generado un puzzle paleoclimático que aún no ha sido resuelto en la literatura especializada. En este trabajo reconstruimos la historia de la vegetación y del clima utilizando

la información recogida de registros obtenidos en turberas con el fin de sustentar su valor como reservorios de información paleoambiental de la región (Figura 1). Los datos reportados en este informe fueron obtenidos de: i) turberas contiguas a Lago Parrillar, localizado en la Reserva Nacional Laguna Parrillar, Península de Brunswick, y ii) turbera en Estancia Vicuña (Tierra del Fuego), en el Parque Karukinka administrado por la ONG Wildlife Conservation Society (WCS), y que se encuentra a los pies del Cerro Riñón.



Área de estudio

El clima del extremo sur de Sudamérica (48°-56°S, Figura 2) está caracterizado por la permanente influencia de los vientos del oeste y un fuerte gradiente de precipitación en dirección oeste-este. Este gradiente es el resultado de la presencia de la Cordillera de los Andes

que genera un efecto de "sombra de lluvias". Las precipitaciones a nivel del mar en la costa del Pacífico pueden llegar hasta los 7.000 mm anuales, mientras que en las pendientes orientales de los Andes la precipitación decae abruptamente a los 350 mm (Miller, 1976; Romero, 1985).

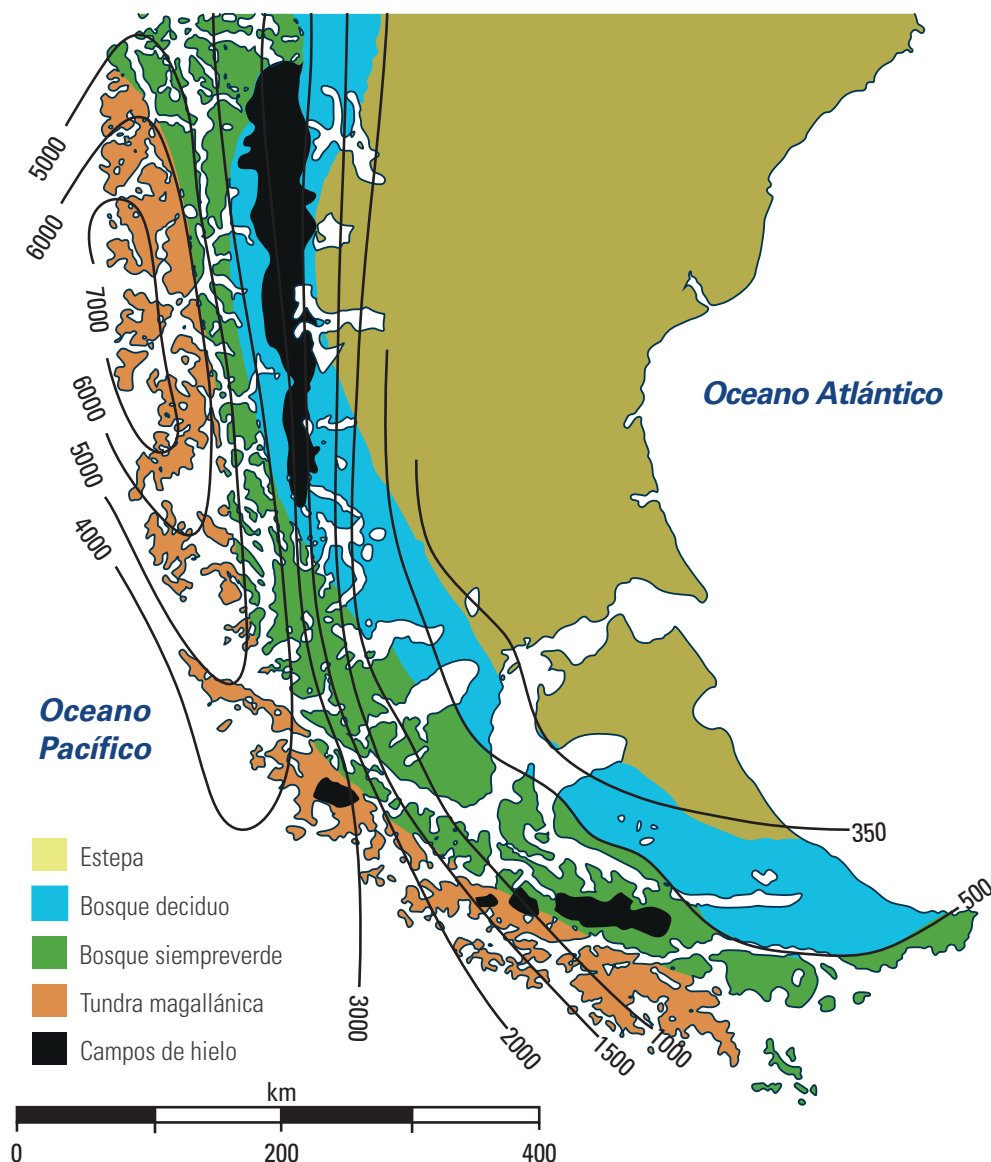


Figura 2. Mapa del extremo sur de Sudamérica mostrando la distribución espacial de las grandes unidades de vegetación e isoyetas (modificado de Villa-Martínez y Moreno, 2007).

La distribución de la vegetación sigue fielmente el gradiente de precipitaciones, en el sector occidental de los Andes dominan las Tundras Magallánicas y el bosque Siempreverde Magallánico, mientras que hacia el este la vegetación está dominada por el bosque decido de *Nothofagus*, que luego es reemplazado por la estepa Patagónica. Los registros de turberas documentados en este trabajo se encuentran cercanos a importantes límites naturales de la vegetación que están modulados por las precipitaciones. En el caso de la turbera Lago Parrillar se localiza en el ecotono entre el Bosque Siempreverde y el bosque decido de lenga, mientras que la turbera de Estancia Vicuña está ubicada en el ecotono entre el bosque decido de lenga-ñirre y la estepa Patagónica.

El área en que se ubica la turbera de Estancia Vicuña (54°02'32.2"S; 68°38'59.2"W; 300 m.s.n.m.) presenta una vegetación de estepa dominada por el arbusto *Empetrum rubrum*, plantas en cojín de *Bolax gumifera* y varias especies de la familia Poaceae. En terrenos elevados (330 y 690 m.s.n.m.) y de mayor pendiente se ubican bosques dominados por *Nothofagus pumilio* (Lenga). La temperatura media anual varía entre -3°C y 9°C, y la precipitación entre 400 y 500 mm (Cuevas, 2000).

Lago Parrillar se encuentra en una depresión rodeada de turbales y cadenas montañosas cubiertas por bosques de *Nothofagus*. Investigaciones recientes sugieren que el Lago Parrillar



se formó hace unos 40.000 años, cuando los hielos de la última glaciación dejaron libres este sector (K. Heirman, com. pers.). El clima del área ha sido clasificado como Transandino con degeneración esteparia y de tundra isotérmica (Pisano, 1977). La precipitación anual varía entre 650-700 mm, siendo los vientos dominantes del cuadrante oeste. En la Reserva Nacional Laguna Parrillar, se distinguen las siguientes formaciones vegetales (Dollenz, 1983): i) vegetación andina dominada por *Nassauvia*, *Tristagma*, *Ortachne*, *Senecio*, *Hamadryas*, ii) Bosque de *Nothofagus*, desde el límite arbóreo dominan individuos achaparrados de ñirre (*Nothofagus antarctica*), seguidos por densos bosques de lenga (*N. pumilio*). En las partes bajas de las laderas aumenta la participación del coigüe de Magallanes (*N. betuloides*), iii) turberas dominadas por *Sphagnum magellanicum*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Polytrichum alpestre* y *Empetrum rubrum* cubren grandes extensiones que rodean al lago.

Métodos

De los sectores profundos de cada una de las cuencas se extrajeron múltiples testigos de sedimentos superpuestos, utilizando para ello una Sonda Rusa (Figura 3), con la que se tomó registros superpuestos cada 50 cm de profundidad. Muestras orgánicas de los registros fueron seleccionadas para determinar su edad radiocar-

bónica. Estas edades fueron transformadas a edades calendario utilizando el programa Calib 6.0 (www.calib.org). En el caso de la turbera de Laguna Parrillar, la presencia de una ceniza volcánica proveniente de una de las erupciones del Monte Burney (MBII; Stern, 2007), nos permite incluir una edad más a la estratigrafía de este registro.



Figura 3. Sonda Rusa mostrando la recuperación de material sedimentario.

Muestras de sedimento (1 cc) tomadas a intervalos regulares a lo largo de la columna fueron procesadas para análisis palinológico usando técnicas estandarizadas, que incluyen KOH, HF y Acetólisis (Faegri e Iversen, 1989). Los residuos orgánicos recuperados se montaron en un portaobjeto utilizando aceite de silicona de 2.000 cs. Los recuentos de polen se realizaron a una magnificación de 400 veces usando un microscopio Zeiss Axio imager A1. En cada nivel se realizó un recuento mínimo

de 300 granos de polen de origen terrestre. Los porcentajes de los palinomorfos se calcularon en base a esta suma básica. Los porcentajes de abundancia de acuáticas y helechos, se calcularon de una súper suma que incluye la suma polínica básica, taxa acuáticos y Pteridofitos, respectivamente. Los resultados se expresan en diagramas de porcentajes (Figuras 5 y 6). En cada uno de ellos, se definieron unidades operativas de descripción, llamadas zonas polínicas.

Resultados: Estratigrafía y cronología

La columna estratigráfica de Estancia Vicuña (Figura 4) está constituida por una unidad inorgánica de limo gris con bandas finas que contienen macro-restos vegetales entre 413 y 500 cm. Luego siguen 400 cm de sedimentos orgánicos de turba (0-413 cm). El comienzo de la depositación de esta unidad arrojó una edad de 7.730 años calendario AP (6950±40 14C años AP). Esta unidad de turba es interrumpida por limo con macro-restos vegetales entre 350-373 cm, y luego por dos bandas de turba limosa (250-300 cm, 166-200 cm). La estratigrafía del sitio de Laguna Parrillar (Figura 4) muestra

una unidad basal de limos lacustres entre 390-400 cm, seguida por una turba de color negro (310-390 cm) de gran contenido orgánico. El comienzo de la depositación de esta unidad orgánica arrojó una edad de 10.930 años calendario AP (9570±40 14C años AP). El resto de la secuencia está dominado por una turba con macro-restos vegetales que continúa hasta la superficie. Esta matriz es interrumpida por un conspicuo nivel de ceniza volcánica entre 166 y 172 cm de profundidad, cuya edad es estimada en 4.180 años calendario AP (3830±390 14C años AP).

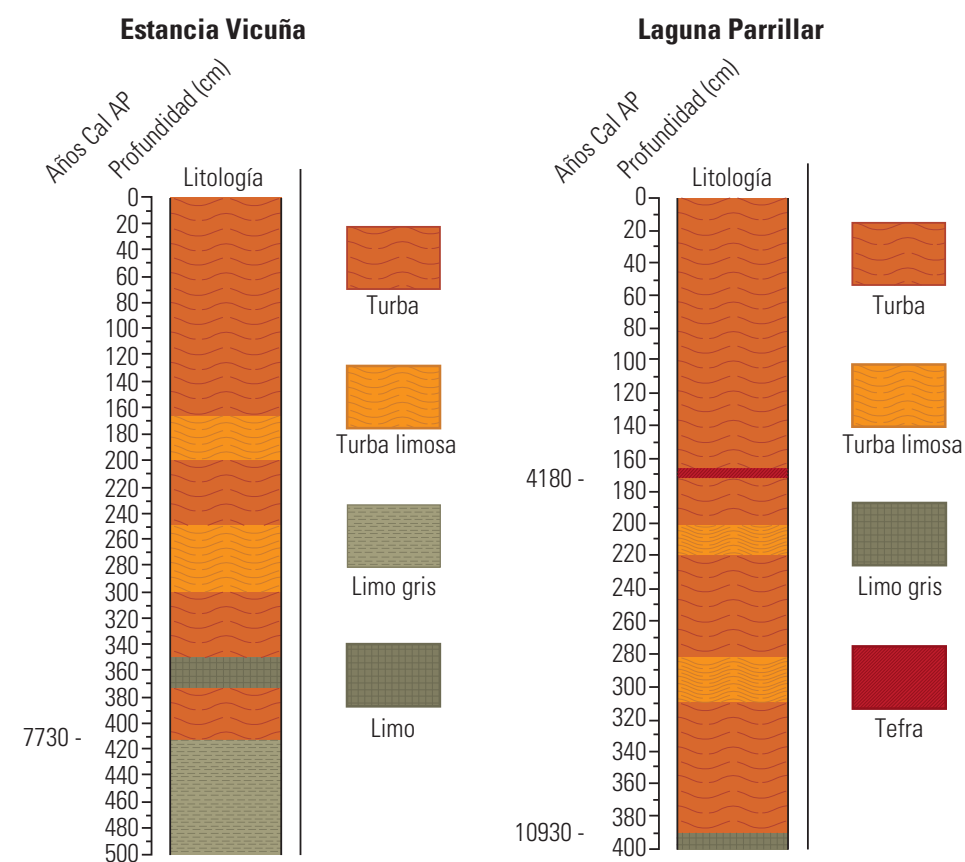


Figura 4. Columnas estratigráficas y edades (años calendario antes del presente [AP]) de los sitios turbera Estancia Vicuña (Parque Karukinka, Tierra del Fuego) y turbera Laguna Parrillar (Reserva Nacional Laguna Parrillar, Península de Brunswick).

Estratigrafía de Polen:

I.- Estancia Vicuña:

Este registro fue dividido en tres zonas polínicas de acuerdo a los cambios observados en la estratigrafía polínica. Los resultados se mues-

tran en la figura 5 y en paréntesis se indican los porcentajes promedios de la zona de cada taxón.

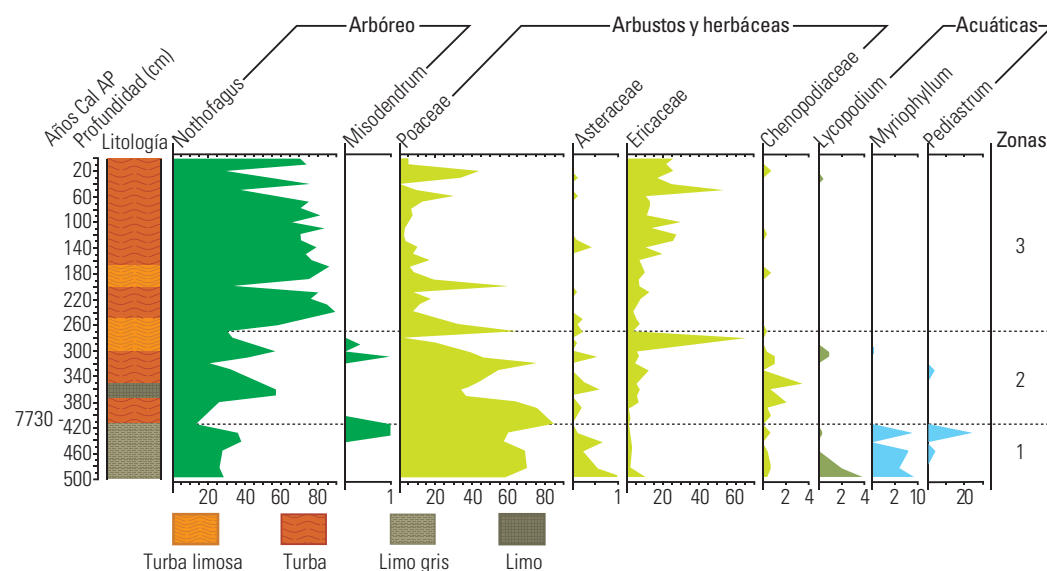


Figura 5: Diagrama de Porcentajes Polínicos, columna estratigráfica y cronología del registro de Estancia Vicuña. Las líneas segmentadas corresponden a las zonas polínicas.

Zona 1 (413-500 cm) Está caracterizada por la dominancia de *Poaceae* (66,4%), que alcanza máxima abundancia hacia el techo de la zona. *Nothofagus* (28%) muestra una tendencia de incremento, pero declina abruptamente al término de la zona, mientras que la acuática *Myriophyllum* (5,2%) muestra sus máximos valores del registro y cae abruptamente al final de la zona. La microalga *Pediastrum* (5,3%) muestra bajos valores de porcentajes y sólo al final de la zona alcanza momentáneamente su máxima abundancia.

Zona 2 (270-413 cm) Se caracteriza por un sostenido incremento con fluctuaciones de *Nothofagus* (38,2%), mientras que las hierbas

(*Poaceae*: 47,5%) muestran una clara tendencia de disminución con fuertes fluctuaciones. Hay una clara alternancia de valores máximos alcanzados por *Nothofagus* y *Poaceae*. *Ericaceae* (12,7%) aumenta y alcanza sus máximos valores, mientras que *Poaceae* (16,1%) presenta importantes pero aislados máximos de abundancia, pero mantiene bajos valores. *Ericaceae* (15%) mantiene una clara tendencia de incremento durante la zona.

Zona 3 (0-270 cm) *Nothofagus* (68,3%) alcanza sus máximos porcentajes y se mantiene alto con fluctuaciones profundas de sus porcentajes, mientras que *Poaceae* (16,1%) presenta importantes pero aislados máximos de abundancia, pero mantiene bajos valores. *Ericaceae* (15%) mantiene una clara tendencia de incremento durante la zona.

2.- Laguna Parrillar:

Este registro fue dividido en 5 zonas de acuerdo a los cambios observados en la estratigrafía polínica. Los resultados se muestran en la figura 6. En paréntesis se entrega los porcentajes promedios de la zona de cada taxón.

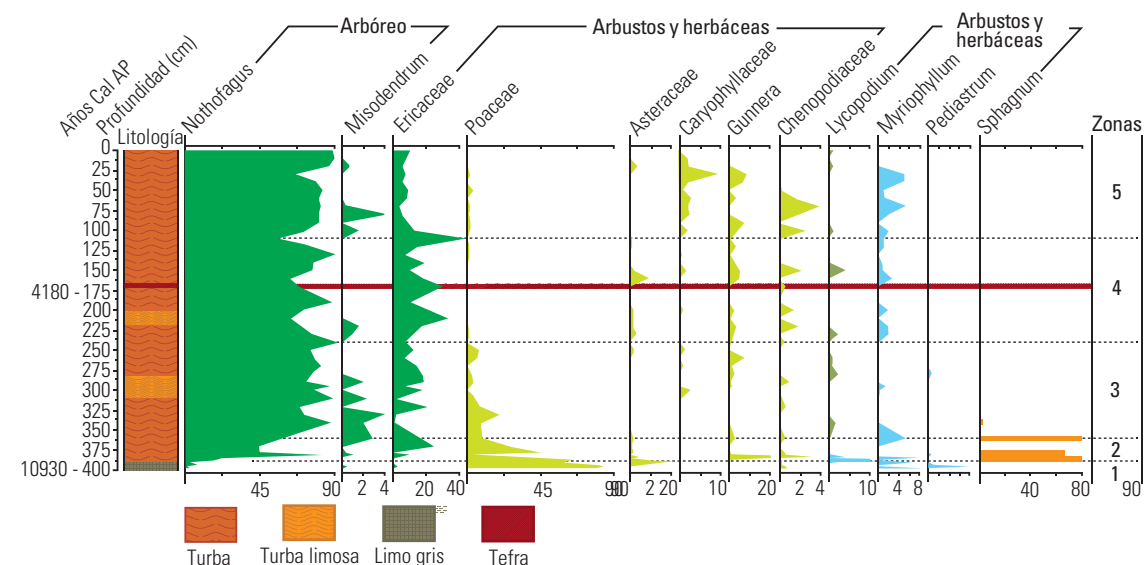


Figura 6. Diagrama de porcentajes de polen, columna estratigráfica y cronología del registro de Laguna Parrillar. Las líneas segmentadas corresponden a las zonas polínicas y la zona achurada con rojo a la posición estratigráfica de la ceniza volcánica MBII.

Zona 1 (390-400 cm) Está caracterizada por la dominancia de *Poaceae* (83%) y *Asteraceae* (6,7%). El elemento indicador del bosque, *Nothofagus*, se encuentra poco representado (3,3%). Tanto las palustres (*Cyperaceae*) como acuáticas (*Myriophyllum*) están representadas con bajas abundancias.

Zona 2 (360-390 cm) Una abrupta disminución de *Poaceae* (35,4%) y *Asteraceae* (2,8%) marca el inicio de esta zona, mientras que *Nothofagus* (43,4%), *Ericaceae* (7,7%) y *Gunnera* (7,4%) aumentan su abundancia. *Cyperaceae* (1,8%) y *Myriophyllum* (<0,1%) disminuyen sus proporciones respecto a la zona anterior. *Lycopodium* (7,2%) alcanza sus mayores abundancias en la base de la zona. *Sphagnum* (32,2%) alcanza abruptamente durante esta zona sus mayores porcentajes del registro.

Zona 3 (240-360 cm) *Nothofagus* (79,8%) mantiene su tendencia de incremento de la zona anterior, alcanzando altos valores pero con fluctuaciones. La hemi-parásita *Misodendrum* (1%) aumenta rápidamente con fluctuaciones para luego desaparecer hacia el término de la zona. *Ericaceae* (10,7%) aumenta y mantiene una conducta fluctuante durante la zona. La mayoría de elementos no arbóreos disminuyen abruptamente en esta zona.

Zona 4 (110-240 cm) *Nothofagus* (73,3%) mantiene altos porcentajes pero con fluctuaciones durante la zona. Sólo *Ericaceae* (19,9%) muestra un incremento con fluctuaciones durante la zona. Las demás plantas herbáceas, acuáticas y palustres disminuyen sus abundancias respecto a la zona anterior.

Zona 5 (0-110 cm) *Nothofagus* (81%) aumenta levemente sus valores y sus fluctuaciones son menos frecuentes que en la zona anterior. Con la excepción de *Ericaceae* (8,1%) y *Asteraceae* (0,7%) que disminuyen sus porcentajes, los

demás elementos herbáceos (*Poaceae* [1,3%], *Caryophyllaceae* [2,4%], *Gunnera* [2,9%] y *Cyperaceae* [1,9%]) aumentan sustancialmente sus porcentajes.



Discusión e implicancias paleoambientales

Los sedimentos de la turbera del sector de Estancia Vicuña muestran el cambio desde limos grises con bandas de material orgánico a sedimentos de turba a los 7.730 años calendario AP (Figura 4). La ocurrencia de laminaciones orgánicas en sedimentos lacustres sugiere que el sector de muestreo ocupaba una posición cercana al borde y que fue afectada por frecuentes cambios entre fases lacustres y dese-

cación debido a cambios en la profundidad del mismo. La vegetación durante esta fase muestra predominio de *Poaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, junto con arbustos (*Ericaceae*) y bajos valores de *Nothofagus* (Zona 1, Figura 5). Las acuáticas *Myriophyllum* y *Pediastrum* sólo están representadas durante esta fase. La dominancia de vegetación herbácea (*Poaceae*) y bajas abundancias de elementos arbóreos

sugieren un paisaje abierto, dominado por herbáceas que probablemente reflejan una vegetación de estepa. Sin embargo, la presencia de bajas proporciones de *Nothofagus* sugiere que el bosque estaba cerca del sitio, probablemente en las pendientes de cerros cercanos. Por otro lado, la presencia exclusiva de plantas acuáticas junto con la ocurrencia de limos en los sedimentos sugieren la presencia de un lago y que en el punto de muestreo la columna de agua tenía al menos unos 50 cm de profundidad, como lo indica la presencia de *Myriophyllum*. La presencia de *Chenopodiaceae*, plantas indicadoras de suelos salinos y bordes de lago temporalmente secos, sugiere condiciones de disminución de niveles lacustres y probablemente represente una fase de disminución de precipitaciones de variabilidad estacional del borde del lago. Esta interpretación es consistente con la ocurrencia de láminas con macrorestos orgánicos en los sedimentos. Finalmente, los resultados palinológicos y sedimentológicos sugieren la presencia de un lago con variaciones de profundidad y una vegetación del tipo estepa o cercano al ecotono bosque-estepa bajo condiciones de mayor precipitación que en la actualidad. La presencia de *Lycopodium* implica bajas temperaturas.

El registro de sedimentos muestra el cambio desde limos lacustres a turba hasta el presente a los 7.730 años calendario AP. El cambio desde limos lacustres a turba representa niveles de lago permanentemente bajos, que permitió la colonización de vegetación formando el depósito de turba en los sectores distales. Durante este cambio de ambientes la vegetación (zona polínica 2) muestra un incremento de *Nothofagus* y arbustos (*Ericaceae*), disminución de herbáceas y desaparición de acuáticas. Los elementos florísticos durante esta etapa muestran importantes fluctuaciones en sus abundancias y probablemente representan cambios importantes en las precipitaciones. El incremento de *Ericaceae*, que representa a las



plantas típicas de la zona de contacto entre el bosque y la estepa, sugiere que el ecotono entre estas unidades vegetacionales estuvo cercano a esta turbera. Este conjunto representa una expansión del bosque y retracción de la vegetación de estepa. La desaparición de plantas acuáticas, el incremento de *Chenopodiaceae* y depositación de turba, son consistentes con la noción de desecación del lago y representan condiciones de mayor temperatura y disminución de las precipitaciones respecto al periodo previo. Las fluctuaciones de los elementos florísticos en el registro sugieren que la tendencia no fue lineal, sino que durante este lapso ocurrieron importantes fluctuaciones de las precipitaciones durante el periodo. La dramática transformación del lago en pantano y posterior expansión del bosque implica que los cambios en la precipitación estuvieron rela-



cionados a cambios en intensidad/posición de los vientos del oeste.

Cambios sedimentológicos similares pueden ser observados en las columnas estratigráficas obtenidas por Väino Auer en Estancia Vicuña (como T15-19; Auer, 1958), que muestran el paso desde sedimentos glaciales a sedimentos orgánicos de turba. Aunque las columnas no fueron fechadas, estos cambios ocurrieron antes de la ocurrencia de la erupción II, documentada como una erupción del Volcán Hudson ocurrida entre 7.570-7.850 años calendario AP (Stern, 2007). De acuerdo a nuestros datos podemos indicar que este cambio ocurrió alrededor de 7.730 años calendario AP. Sin embargo, cambios dramáticos en las precipitaciones ocurrieron durante los primeros milenios del Holoceno en Patagonia Sur (McCulloch y Davies, 2001; Moreno *et al.*, 2010; Ponce *et al.*, 2011; Villa-Martínez y Moreno, 2007; Waldmann *et al.*, 2010), que estuvieron relacionados a un debilitamiento de los vientos del oeste. El incremento sostenido en la vegetación de bosque y disminución de precipitaciones sería concordante con un debilitamiento de los vientos del oeste, durante los primeros milenios del Holoceno. Este debilitamiento de los vientos del oeste ha sido reconocido en

varias reconstrucciones paleoambientales en el Hemisferio Sur (Moreno *et al.*, 2010).

Por otro lado, los registros de Auer (1958) en Estancia Vicuña muestran al menos la depositación de dos cenizas volcánicas en una columna de apenas 1,5 m de profundidad. Ninguna de ellas aparece en la columna estratigráfica obtenida por nosotros. Probablemente esto pueda ser consecuencia de: i) nuestro registro es más joven que la depositación de esas tefras. Este argumento es difícil de sostener puesto que nuestro registro muestra que el cambio desde condiciones de sedimentación de limos grises a turbera ocurrió alrededor de 7.730 años calendario AP. ii) otra posibilidad es que se hayan depositado pero que por procesos post deposicionales (erosión), estas erupciones no dejarán huellas en los sedimentos en este punto de la cuenca. El cambio desde limos lacustres a turba indica un importante descenso de los niveles del lago, lo que permitió exponer sedimentos finos a la erosión por viento y la colonización de vegetación que formó el depósito de turba en los sectores distales.

Durante el desarrollo de la zona polínica 3, se observa que *Nothofagus* alcanza sus mayores abundancias junto con Ericaceae, mientras que las herbáceas (Poaceae) disminuyen. No se registra participación de otras herbáceas ni de acuáticas. Se observa que durante este periodo estos elementos ocurren con importantes fluctuaciones. Estas profundas fluctuaciones son alternadas entre *Nothofagus* y Poaceae. La dominancia de *Nothofagus*, junto con la ausencia de especies acompañantes, sugieren el establecimiento del bosque deciduo en el entorno de la turbera con abundante presencia de arbustos. Esta interpretación implica un desplazamiento del ecotono bosque-estepa hacia el este de esta turbera. Durante este lapso, el incremento de la humedad indicado por la depositación de una turba limosa, no afectó de manera significativa la abundancia de los principales indicadores polínicos.



Laguna Parrillar:

El registro de sedimentos muestra el contacto entre limos lacustres y turba de color negro (Figura 4), a los 10.930 años calendario AP. Como en el caso de la turbera de Estancia Vicuña, el paso de limos a turba representa un descenso del nivel del lago que inundaba este sector y posterior colonización de la vegetación. La presencia de sedimentos lacustres sugiere una fase de niveles de agua altos cuando el lago inundaba el sector que ocupa actualmente la turbera. Esto sugiere que la laguna alcanzó una cota algo superior a los 350 m.s.n.m. durante el momento de la depositación de los limos lacustres, seguido por un descenso de los niveles llegando a una cota de elevación entre 350 y 290 m.s.n.m. Probablemente, este paso implicó

disminución de las precipitaciones.

Durante la fase de niveles lacustres altos de Laguna Parrillar, el registro de polen muestra dominancia de Poaceae, Asteraceae, palustres (Cyperaceae) y acuáticas (*Myriophyllum*). *Nothofagus* se encuentra escasamente representado (zona polínica 1, Figura 6). Este conjunto florístico representa a un paisaje abierto dominado por pastos que circundaban a un lago que se encuentra en fase regresiva con bordes colonizados por palustres (Cyperaceae) y plantas acuáticas (*Myriophyllum*). La ausencia de otros indicadores de vegetación del tipo estepa, impide caracterizar este lapso con ese tipo de unidad vegetal. La presencia de trazas

de Chenopodiaceae, indicadores de aumento de salinidad en los sustratos, sugiere que durante este lapso el lago se encontraba en una fase regresiva (disminución de niveles).

Luego de esta fase, el registro de polen muestra incremento abrupto de *Nothofagus*, Ericaceae, Chenopodiaceae, junto con la marcada disminución de hierbas (Poaceae, Asteraceae) y acuáticas. Al mismo tiempo, el registro muestra la abrupta aparición del musgo *Sphagnum*. Este conjunto palino-florístico sugiere expansión rápida de la vegetación de bosque y algunas herbáceas alrededor del lago/turbera. El incremento de Chenopodiaceae implica aumento de la salinidad del sustrato por desecación de los bordes del lago. La desaparición de acuáticas, disminución de palustres y la dominancia de *Sphagnum*, junto con el cambio desde limos a turba en los sedimentos, sugieren que luego del descenso del nivel del lago el área expuesta fue colonizada por musgos formando Turberas de *Sphagnum*. El descenso de niveles lacustres, la transformación hacia una turbera y la expansión del indicador de bosque sugieren un descenso de las precipitaciones de origen oeste en esta área. Cambios semejantes han sido evidenciados en varios registros de la región (Auer, 1958; Heusser, 1995; McCulloch y Davies, 2001; Moreno *et al.*, 2010; Villa-Martínez y Moreno, 2007), sugiriendo la existencia de un patrón de cambio regional de disminución de



precipitaciones causado por un debilitamiento de los vientos del oeste durante los primeros milenios del Holoceno.

Durante el transcurso de la zona polínica 3, *Nothofagus* alcanza sus máximos valores y se mantiene a lo largo del registro, aunque evidencia notorias fluctuaciones (zonas polínicas 3, 4 y 5; Figura 6). Los altos valores de abundancia de *Nothofagus* y bajas proporciones de herbáceas, sugieren establecimiento local del bosque de lenga. Los sedimentos del registro muestran una clara constancia del ambiente deposicional, con la excepción de dos momentos en los cuales los sedimentos de turba contienen una mayor cantidad de limos. El aumento de limos en los sedimentos indica un aumento de la humedad, reflejando la constitución de pozas de agua dentro de las turberas. En esta secuencia encontramos un nivel de ceniza volcánica (166-172 cm). De acuerdo a información publicada (McCulloch y Davies 2001; Stern, 2007) y la posición estratigráfica en la columna estratigráfica, esta ceniza podría corresponder a la erupción del Volcán Monte Burney conocida como MBII, y que ha sido fechada en torno a los 4.200 años calendario AP. Así, el registro de Laguna Parrillar da cuenta de los últimos 11.000 años de historia paleoclimática de la región. Este es un aspecto muy importante porque los escasos registros que existen en el sector del Estrecho de Magallanes, están interrumpidos por una transgresión marina que ocurrió entre 8.000 y 4.000 años calendario AP (McCulloch and Davies, 2001). Recientes estudios sedimentológicos realizados en sedimentos colectados en la parte más profunda de Laguna Parrillar, han sugerido una edad de 40.000 años de antigüedad para este lago. La ceniza MBII en este registro ocurre a 50 cm de profundidad y tiene una edad cercana a los 4.000 años (K. Heirman, com. pers.). Esto es consistente con la posición estratigráfica en el registro de la turbera.

Conclusiones

La reconstrucción paleoambiental elaborada con material proveniente de las turberas de Laguna Parrillar y Estancia Vicuña, nos permite dar cuenta de la evolución de la vegetación, clima y paisaje de la región durante los últimos 11 mil años en Patagonia Sur. Estos resultados aportan una pieza más al puzzle paleoclimático, que nos permitirá mejorar nuestra comprensión de los cambios ambientales del pasado y aportará una base de datos importante para mejorar la sustentación de modelos que nos ayuden a predecir los futuros cambios climáticos. Además, los registros de sedimentos nos permiten reconstruir la historia de diferentes erupciones volcánicas en esta área. Las principales conclusiones de este trabajo son:

- i) El predominio de Poaceae y plantas acuáticas-palustres, junto con una baja presencia de *Nothofagus* y sedimentación de limos lacustres, sugieren un paisaje abierto dominado por herbáceas y la presencia de lagos. Las condiciones durante este lapso fueron más húmedas y probablemente más frías que en la actualidad.
- ii) El incremento de *Nothofagus* junto con la disminución de herbáceas, acuáticas y el cambio desde limos a turba en los sedimentos, sugieren colonización del bosque y desecación de los cuerpos de agua. En la turbera de Laguna Parrillar este cambio implicó una rápida colonización del musgo *Sphagnum*. Las condiciones durante esta etapa fueron más cálidas y secas que en la etapa previa.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del programa "Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes" y de la Fundación CEQUA. R. Villa-Martínez agradece el apoyo brindado por el programa GAIA-Antártica de la Universidad



iii) La dominancia de *Nothofagus*, baja abundancia y diversidad de herbáceas, y relativa constancia de los ambientes deposicionales, sugieren establecimiento y dominancia del actual bosque deciduo en estas áreas. Las condiciones probablemente fueron más húmedas que en el lapso previo. Durante este lapso, los dos registros muestran cambios menores en los ambientes deposicionales, y los incrementos de humedad no afectaron la composición ni diversidad de la vegetación.

iv) Los cambios de precipitación en estos registros están relacionados a cambios en la posición y/o intensidad de los vientos del oeste. Asimismo, el paso de lagos a turberas y colonización del bosque implicó un incremento de las temperaturas.

v) De acuerdo a estos antecedentes, las turberas constituyen importantes reservorios de la información ambiental del pasado. Éstas tienen el mismo valor que las reconstrucciones realizadas a partir de sedimentos lacustres.

de Magallanes, Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), CONICYT- USA2013-003, Núcleo Milenio Paleoclima del Hemisferio Sur (NC120066) y Centro de la Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 (FONDAP 1510009).



Bibliografía

Auer, V. 1958. The Pleistocene of Fuego-Patagonia, Part II: The history of the flora and vegetation. *Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A, III* 50:1-239.

Cuevas, J. 2000. Tree recruitment at the *Nothofagus pumilio* alpine timberline in Tierra del Fuego, Chile. *Journal of Ecology* 88: 840-855.

Dollenz, O. 1983. Fitosociología de la Reserva Forestal "El Parrillar", Península de Brunswick, Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia* 14:109-118.

Faegri, K. and J. Iversen. 1989. *Textbook of pollen analysis*: John Wiley and Sons.

Heusser, C. J. 1995. Three Late Quaternary pollen diagrams from Southern Patagonia and their palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 118: 1-24.

McCulloch, R. D. and S. J. Davies. 2001. Late-glacial and Holocene palaeoenvironmental change in the central Strait of Magellan, Southern Patagonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 173:143-173.

Miller, A. 1976. The Climate of Chile. In: *Schwerdtfeger, W. ed. Climates of Central and South America*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 113-145.

Moreno, P. I., J. P. Francois, C. M. Moy and R. Villa-Martínez. 2010. Covariability of the southern westerlies and atmospheric CO₂ during the Holocene. *Geology* 8: 727-730.

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.

Ponce, J. F., A. M. Borromei, J. O. Rabassa and O. Martínez. 2011. Late Quaternary palaeoenvironmental change in western Staaten Island (54.5° S, 64° W), Fuegian Archipelago. *Quaternary International* 233: 89-100.

Romero, H. 1985. *Geografía de los climas*. Santiago de Chile.

Stern, C. 2007. Holocene tephrochronology record of large explosive eruptions in the southernmost Patagonian Andes. *Bulletin of Volcanology* 70: 435-454.

Toggweiler, J.R. 2009. Shifting westerlies. *Science* 323: 1434-1435.

Toggweiler, J.R., J. L. Russell and S. R. Carson 2006: Midlatitude westerlies, atmospheric CO₂, and climate change during the ice ages. *Palaeoceanography*, Vol. 21, PA2005, doi:10.1029/2005PA001154, 2006.

Villa-Martínez, R. and P. I. Moreno. 2007. Pollen evidence for variations in the southern margin of the westerly winds in SW Patagonia over the last 12,600 years. *Quaternary Research* 68: 400-409.

Waldmann, N., D. Ariztegui, F. Anselmetti, Jr. J. Austin, C. Moy, C. Stern, C. Recasens and R. Dunbar. 2010. Holocene climatic fluctuations and positioning of the Southern Hemisphere westerlies in Tierra del Fuego (54° S), Patagonia. *Journal of Quaternary Science* 25: 1063-1075.



Capítulo 4

Hidrología de turberas

Rodolfo Iturraspe¹

¹Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Ushuaia, Argentina. E-mail: rodolfoiturraspe@yahoo.com



Introducción

Las interacciones hidrológicas en ambientes que incluyen turberas han sido estudiadas desde mediados del siglo XX en los países del Hemisferio Norte. En Rusia, donde se encuentran las mayores extensiones a nivel mundial, se llevaron a cabo los primeros estudios relativos al flujo del agua en las turberas, en relación con la importancia ambiental de estos ecosistemas. Las turberas fueron un condicionante de primer orden que complicó los desplazamientos del Ejército Alemán en la invasión a ese país en la Segunda Guerra Mundial. Fue precisamente durante la Guerra cuando K. Ivanov fue convocado para estudiar las propiedades físicas e hidrológicas

de las turberas, atendiendo a la significación estratégica de las mismas para las operaciones militares (Nat. Research Council, 1996). Así fue como éste organizó la primera estación para el estudio de la hidrología de turberas. Su libro, *Water movements in Mirelands*, traducido luego al inglés, fue el punto de partida para el estudio de la hidrología de turberas sobre base científica.

Mucho más reciente es la historia del conocimiento en esta materia en los países del Hemisferio Sur, donde estos ecosistemas, mucho menos frecuentes, se ubican generalmente alejados de los grandes centros urbanos.



En el extremo sur del continente americano las turberas se manifiestan en aquellos lugares donde el déficit hídrico es infrecuente. En Chile, las Regiones XI y XII presentan las mayores extensiones de turberas, cubriendo en Magallanes, según Ruiz y Doberti (2005), el 17,2% de la super-



ficie de la región. En Argentina hay presencia de muy pequeñas unidades en ambientes húmedos de cordillera, pero la mayor extensión de estos humedales se concentra en la Provincia de Tierra del Fuego, donde abarcan 270.000 ha (Iturraspe *et al.*, 2012), un 13,5% de la superficie provincial total, la mayor parte en el sector oriental.

La incorporación de la perspectiva ambiental a los planes de desarrollo ha implicado una nueva dimensión que “rescata del barro” a las turberas y cuestiona su mera utilización para la extracción de turba sujeta a la exclusiva regulación de la legislación minera. Actualmente son inobjetable los múltiples servicios ambientales que prestan, y es así como comienzan a encenderse luces de advertencia ante el uso inapropiado que muy frecuentemente se da a las mismas.

El agua en las turberas

La categorización que tradicionalmente se ha aplicado a las turberas en el Hemisferio Norte, que distingue fens y bogs como unidades de distinta morfología, en líneas generales concuerda con la clasificación hidrogenética, basada en el origen del agua que aporta a las mismas, que considera turberas geogénicas y ombrogénicas. Las primeras reciben, además de las lluvias, agua rica en nutrientes, producto de un contacto previo con el suelo mineral; en tanto que las segundas se alimentan exclusivamente de agua de precipitación y toman los nutrientes de la atmósfera. Entre ambos extremos hay diversidad de matices, ya sea por situaciones transicionales o por la existencia de mosaicos, frecuentes en grandes complejos de fondo de valle, en donde pueden manifestarse parches geogénicos por la emergencia de aportes subterráneos concentrados o por el cruce de cursos de agua superficial originados fuera del ambiente de la turbera. En estos sitios, la presencia de nutrientes de origen externo al humedal da lugar a fuertes contras-

tes en las comunidades vegetales dominantes, en la morfología de la unidad y en las propiedades físico-químicas locales.

Es por ello que entender el funcionamiento de la turbera a nivel ecosistema, así como los procesos de competencia entre especies por el dominio del hábitat y la distribución de patrones de biodiversidad, es en gran medida entender la complejidad de los movimientos de flujo en estos humedales, las variaciones del nivel freático y las interacciones con el medio circundante, vehiculizadas a través del agua, que determinan las características biogeoquímicas locales.

Cualquiera sea el tipo y naturaleza de una turbera no alterada, el nivel freático en la misma es siempre próximo a la superficie, aun durante la ocurrencia de un período particularmente deficitario, de modo que la fluctuación de niveles es siempre mucho más atenuada que la de la freática en suelo mineral. Generalmente el nivel de



saturación de un fen es aún más estable y más próximo a la superficie que en una turbera elevada debido a los aportes subterráneos que éste recibe, más estables en el tiempo.

La permanencia del nivel de saturación en proximidad de la superficie (sin que ello implique anegamiento) es una condición favorable para la estabilidad y desarrollo del ecosistema, e impide el crecimiento de especies no adaptadas al ambiente propio de la turbera.

El concepto de turberas diplotémicas, muy aplicable a turberas elevadas de musgo, es útil para entender la hidrología de las turberas elevadas. Se basa en la consideración de dos estratos: el acrotelmo y el catotelmo, con marcadas diferencias en sus propiedades físicas, especialmente en las hidrológicas. El acrotelmo es el estrato superior; parcialmente aireado, en donde el nivel freático fluctúa según la disponibilidad de humedad. Constituye la capa hidrológicamente activa, a través de la cual se produce movimiento horizontal del agua, y donde se manifiestan las variaciones de agua almacenada en la turbera; por lo tanto es donde radica gran parte de la capacidad de regulación hidrológica de estos humedales. El límite inferior de este estrato no está materializado, pero corresponde a niveles mínimos de saturación resultantes de períodos de mayor déficit hídrico. El espesor del acrotelmo varía según las características de la turbera y también espacial-

mente en cada unidad: en zonas planas y deprimidas no excede 0,25 m de profundidad y puede superar ampliamente 0,60 m en promontorios del micro-relieve, así como en sectores marginales de turberas elevadas (Iturraspe y Roig, 2000). En el acrotelmo las fibras vegetales conservan su estructura original, favoreciendo la porosidad intersticial en donde se aloja el agua libre. A través del acrotelmo se materializa el flujo horizontal del agua en la turbera, en la dirección del máximo gradiente hidráulico.

El catotelmo es en cambio un medio prácticamente confinado, permanentemente saturado, con un mayor grado de humificación, sometido a la presión transmitida por el peso de los estratos y en donde se ha producido la gradual deposición de partículas muy finas. Estos factores reducen la porosidad y la conductividad hidráulica. Al ser prácticamente nula la circulación horizontal y vertical resulta un ambiente anóxico, con bajísima tasa de descomposición.

Este tipo de estructura no se manifiesta en todo tipo de turberas. En un fen, los aportes regulares externos mantienen el stock de agua, resultando menor amplitud de oscilación de la freática y un perfil estratigráfico de mayor homogeneidad. Este tipo de turba (denominada usualmente "turba negra") suele tener mayor conductividad hidráulica que el catotelmo de las unidades diplotémicas.



Almacenamiento y movimiento del agua en el cuerpo de la turbera



La permeabilidad es un factor clave para explicar el movimiento del agua en el interior de una turbera. Debido a los valores muy bajos de la conductividad hidráulica horizontal y vertical en los niveles inferiores, la movilidad del agua a través de la turbera es mayor cuando el nivel de saturación se aproxima a la superficie, dando lugar a un flujo subsuperficial paralelo a la misma.

Determinaciones del coeficiente K de conductividad hidráulica realizadas en terreno en una turbera elevada del valle de Andorra (Tierra del Fuego, Argentina) indican valores muy variables en el tiempo y en el espacio, Köpke (2005) observó un rango de K de 1 cm x d-l a 10 m x d-l para profundidades de 0 a -0,70 m en el medio saturado. Baumann (2006) reporta variaciones de 5 órdenes de magnitud en niveles superficiales de diferentes sectores de la turbera (entre 0 a -0,20 m de profundidad): 5×10^{-4} md-l a $2,5 \times 10^1$, e indica que los valores de las zonas deprimidas del micro-relieve triplican en promedio a los de los promontorios. Entre -0,20 m y -1,50 m los valores de K fluctuaron

entre $2,5 \times 10^1$ md-l y $3,1 \times 10^{-5}$ variando la recta de ajuste entre 10 md-l a -0,20 m y 1 cm d-l a -1,20 m respecto de la superficie.

El flujo subsuperficial y subterráneo en una turbera sigue la ley de Darcy:

$$Q_s: K H$$

Qs: Caudal a través de una sección de superficie unitaria.

K: Coeficiente de permeabilidad o de conductividad hidráulica.

H: Gradiente hidráulico.

Resultando K 1.000 veces mayor en niveles superficiales que a poco más de 1 m de profundidad, se explica que el flujo sea significativo sólo en proximidades de la superficie.

La alta variabilidad espacial de K, aun a profundidades similares, indica que el flujo horizontal no se manifiesta en forma regular a través de la turbera, sino que se materializa en mayor medida

a través de áreas deprimidas donde K es mayor, pero aún los tramos más permeables pueden ser bloqueados por otros con conductividad hidráulica reducida.

Por otra parte, es frecuente que la ley de Darcy sea burlada por la existencia de conductos subsuperficiales por donde se canaliza escurrimiento. La génesis de éstos es variable, resultando en ciertos casos de alineamientos más permeables asociados, por ejemplo, a la acumulación de restos de madera que favorecen la formación de ductos que prosperan a partir de la erosión producida por el agua. Estos túneles pueden evacuar agua desde el interior de la turbera hacia la periferia o bien conducir flujo desde el exterior que atraviesa completamente la unidad o que emerge en la

turbera por bloqueo del conducto.

En un fen, donde no se dan condiciones diplo-témicas, el espesor de la turbera es más reducido y es relativamente superior la conductividad hidráulica general. Es posible en consecuencia, la ocurrencia de flujos verticales ascendentes de recarga procedentes de aportes subterráneos externos, o bien descendentes, cuando se trata de una descarga desde la turbera al medio circundante. Estos procesos pueden identificarse con la ayuda de una red de piezómetros (tubos plásticos ranurados a distintas profundidades). Si el piezómetro de mayor profundidad tiene mayor nivel que el de menor profundidad el flujo es ascendente y viceversa (Figura 1). Estas recargas o descargas pueden interactuar también con las lagunas situadas en turberas.

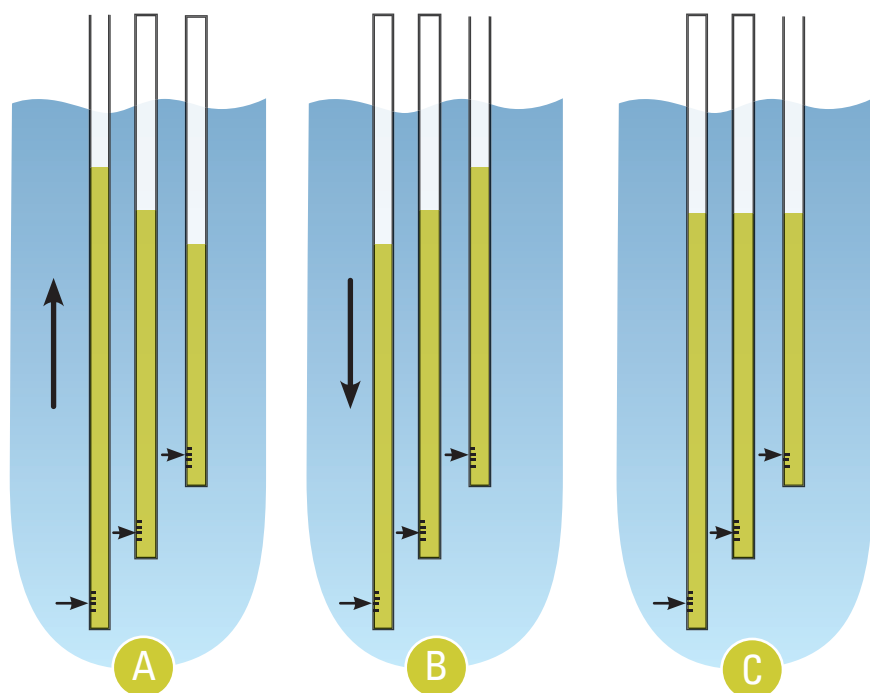


Figura 1. Ocurrencia de flujo vertical, según niveles constatados en piezómetros.

- A) El nivel piezométrico es mayor en profundidad, indicando una componente vertical ascendente en el flujo, lo que indica condición local de recarga.
 B) El nivel piezométrico decrece en profundidad, indicando una componente vertical descendente, lo que indica condición local de descarga.
 C) El nivel piezométrico no varía en profundidad. No hay flujo vertical, el escurrimiento es paralelo a la superficie.

Hay turberas transicionales en las que luego de una fase de desarrollo geogénica, con vegetación de ciperáceas dominante, su perfil topográfico evoluciona por la acumulación de materia orgánica. Ello facilita su colonización por parte de especies de *Sphagnum* y si esto ocurre, el ecosistema tiende a una fase ombrogénica. Sin embargo, el flujo vertical producto de una recarga preexistente puede continuar manifestándose, hasta que la turbera alcance un desarrollo tal, que la presión que ejerce su peso contrarreste la presión del acuífero que producía la recarga.

Las turberas australes, en particular las ombrogénicas, presentan gradientes de continentalidad, humedad y biogeoquímica que dan lugar a gradientes de diversidad (Kleinebecker, 2007). Es aún escaso el conocimiento sobre la hidrología de ciertos tipos de turberas australes, como por ejemplo las de cojines de plantas vasculares, dominadas por *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis*, frecuentes en ambientes muy oceánicos: costa insular occidental de Chile, este de Tierra del Fuego (Figura 2) y sur de Isla Navarino.



Figura 2. Turbera de *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis* en Moat, Tierra del Fuego, Argentina.

Almacenamiento de agua en la superficie de la turbera

La capacidad de almacenaje en superficie, así como el flujo superficial pueden resultar elementos de regulación hidrológica tan significativos como los procesos correspondientes que tienen lugar en el interior del cuerpo de la turbera. Las lagunas son elementos de almacenamien-

to muy variables en su morfología y dimensiones. Pueden presentarse aisladas o formando complejos sistemas, ya sean ubicadas en ambientes elevados (Figura 3) o bien en zonas deprimidas, con interacción con escurrimiento superficial, subsuperficial o subterráneo (Figura 4).



Figura 3. Almacenamiento en lagunas en la cuenca superior, con cobertura de turberas casi total. Extremo Oriental de Tierra del Fuego.

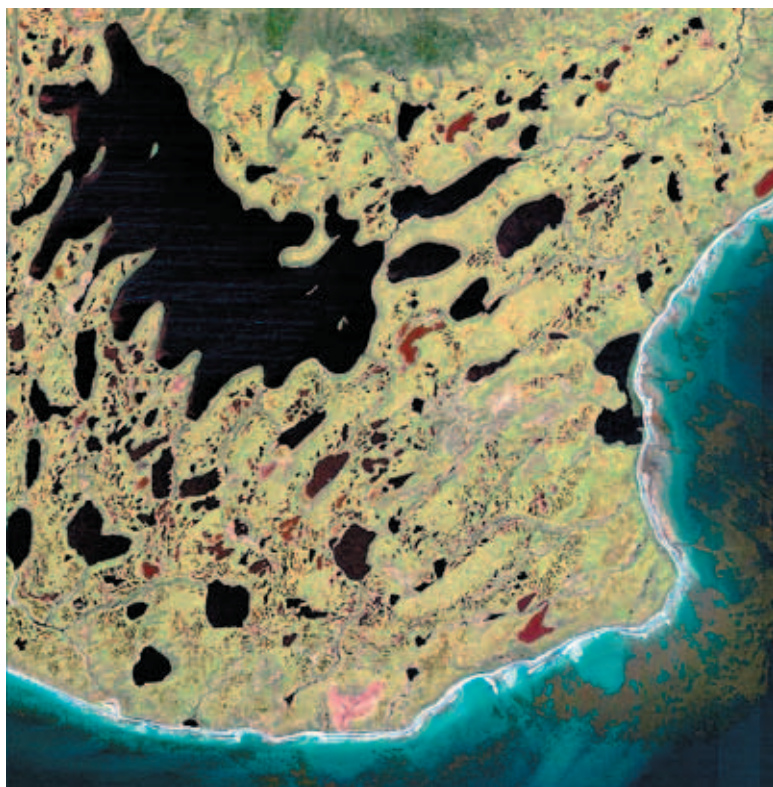


Figura 4. Lagunas de turbera en zonas bajas del sur de Isla Navarino.

El almacenamiento en el meso-relieve es otra forma de acumulación de excedentes de precipitación líquida o sólida, generalmente más evidente en turberas ombrotróficas o transicionales, que presentan patrones concéntricos o radiales, de desarrollo paralelo a las curvas de nivel, con alternancia de formas elevadas y deprimidas. Esta morfología, ejemplificada en la

Figura 5, permite la acumulación temporal de excedentes de agua. Finalmente cabe mencionar el micro-relieve, que se manifiesta como una superficie irregular con promontorios y depresiones que juegan un rol importante en el retardo del escurrimiento en superficie, en el caso de saturación del acrotelmo.



Figura 5. Patrones de meso-relieve en turbera de Valle de Andorra. Tierra del Fuego, Argentina.

Balance hídrico

El concepto básico del balance hídrico es que la variación del volumen de almacenamiento en una turbera, en un intervalo de tiempo, queda determinada por las diferencias entre entradas y salidas de volúmenes de agua en ese intervalo. Los términos del balance se expresan en unidades de volumen o en mm de altura de agua, dividiendo los volúmenes por la superficie de la turbera.

La expresión general del balance hídrico en turberas es:

$$\Delta A = P + ESE + FSUBE - ET - ESS - FSUBS$$

ΔA : Variación de almacenamiento. Se consideran todos los reservorios de la turbera: en el cuerpo mismo de la turbera, reflejado por la variación del nivel freático en la misma; y en lagunas interiores.

P: Precipitación, incluyendo nieve.

ESE: Escurrimiento superficial de entrada, ya sea por canales, inundación, etc.

FSUBE: Flujo subterráneo o subsuperficial de entrada.

ET: Evapotranspiración. Es la pérdida más significativa de las turberas en el balance anual, especialmente en el balance de verano. Es difícil de medir, por lo cual generalmente se calcula mediante fórmulas empíricas, como la de Penman-Monteith, ajustadas en terreno mediante observaciones experimentales basadas en lisímetros.

ESS: Escurrimiento superficial que sale de la turbera, ya sea por canales naturales, drenajes artificiales, descargas lagunas, etc.

FSUBS: Flujo subterráneo y subsuperficial saliente.

En una turbera ombrogénica el modelo se simplifica ya que las entradas están dadas únicamente por la precipitación:

$$\Delta A = P - ET - ESS - FSUBS$$

Cada uno de los términos difiere en significación, según se trate de un fen o un bog. Las variaciones de almacenamiento son más significativas en las turberas elevadas, ya que los períodos secos de verano producen depresiones en el nivel de saturación y las lagunas más someras se secan. La situación opuesta se produce luego de un período muy rico en lluvias, o al final del invierno en zonas donde hay acumulación de nieve estacional.

En turberas elevadas es nulo, despreciable o muy eventual el escurrimiento de entrada, en tanto que en los fens suele alcanzar más cuantía que la precipitación.

La mayor dificultad para calcular el balance de una turbera es la medición de flujos de entrada-salida superficial y subterráneo, por el carácter difuso de los mismos. Son aún mayores las dificultades cuando hay interacciones de flujo subterráneo. Simples mediciones de pH y conductividad *in situ*, son muy útiles como indicadores de aportes de agua subterránea o superficial, cuyos valores son siempre más elevados.



La importancia de las funciones hidrológicas de las turberas

Esencialmente, las turberas reducen los picos de crecidas, aportan agua a los sistemas de escurrimiento cuando ésta es escasa, depuran el agua superficial o subterránea que circula a través de la matriz orgánica, mejorando la calidad de la descarga y brindan protección de la erosión hídrica (Iturraspe, 2010). Resulta entonces un conjunto de funciones de regulación proporcionado por estos ecosistemas, cuya eficacia depende de diversos factores, tales como el tamaño y tipo de turbera, proporción de cobertura en la cuenca hidrográfica, las características del clima y la condición ambiental de los humedales.

Las turberas elevadas con sistemas lagunares retienen muy eficientemente precipitaciones intensas, complementando las capacidades de almacenaje en el acrotelmo con las de las lagunas y reservorios del meso y micro-relieve. Aún en el caso de total saturación, la insuficiencia de drenajes colectores superficiales da lugar a escurrimiento superficial y subsuperficial de baja velocidad, de manera que los excedentes llegan al cauce principal desfasados respecto del pico de crecida.

Otra forma de almacenaje de las turberas de va-

lle se da cuando ocurren grandes crecidas que producen la inundación de áreas deprimidas de la turbera ante la insuficiencia del drenaje de cursos adyacentes o transversales al humedal. La recurrencia de este proceso genera zonas planas y deprimidas respecto de las turberas elevadas, con capacidad para retener volúmenes importantes de agua, produciendo un retardo en el flujo, favorable a la mitigación del pico de crecida.

Estudios realizados en un humedal del Valle de Carbajal, Argentina (Iturraspe, 2010), permitieron estimar el efecto combinado de los diferentes reservorios de almacenaje (Figura 6), consistentes en turberas elevadas, sistemas lagunares, vías fluviales laterales y transversales y áreas deprimidas inundables. Aunque la extensión del humedal representa menos del 4% del total del área de aporte al río Olivia (curso principal del valle), su capacidad de regulación equivale al 35% del volumen erogado por el río en 24 horas durante la crecida máxima anual y al 19% del volumen correspondiente a una crecida extrema. Humedales de este tipo tienen mayor capacidad de regulación que turberas planas geogénicas, por la mayor diversidad y efectividad de los reservorios.





Figura 6. Turbera del Valle de Carbajal, Tierra del Fuego, Argentina.

El volumen de agua que las turberas transfieren a los sistemas de escurrimiento en época de déficit hídrico es reducido en relación a las magnitudes erogadas por estos sistemas en el ciclo anual, sin embargo tal proporción se torna significativa durante los períodos de escasez de agua, cuando los reservorios de la cuenca hidrográfica se encuentran próximos al agotamiento. Observaciones de drenaje realizadas durante la época invernal en Rancho Hambre, Tierra del Fuego, Argentina, demuestran un aporte superficial erogado por la turbera, de igual o mayor magnitud que el observado en verano, a diferencia de los ríos y arroyos con régimen hidrológico dependiente de otras fuentes, en los que el caudal disminuye notablemente por congelamiento.

Un rol especial corresponde a las turberas denominadas de cobertor o de carpeta (blanket bogs) que tienden a cubrir la totalidad del paisaje, aun sobre las cimas de cerros aborregados de baja altura y sobre faldeos de pendiente moderada (Figura 7). El límite en altura para estos sistemas es de 500 m en Tierra del Fuego y de 600 m al norte del Estrecho de Magallanes. Estas turberas, cuyo espesor suele ser del orden de 2 m, interceptan precipitación en altura y protegen los suelos de la erosión (Iturraspe *et al.*, 2012), funcionando además como elementos de recarga. Dominan el sector oriental de Tierra del Fuego y son frecuentes también en los ambientes más oceánicos de las Regiones XI y XII de Chile.



Figura 7. Turbera de cobertor (blanket bog) en el extremo oriental de Tierra del Fuego.

Como ocurre con todos los humedales no degradados, las turberas contribuyen a mejorar la calidad del agua. Al regular el escurrimiento en cantidad y velocidad y proporcionar una cubierta protectora, reducen el transporte de sedimentos hacia los cursos principales, y los niveles de turbiedad. En un estudio comparativo entre dos cuencas de la cordillera argentina de Tierra del Fuego se comprobó que el transporte de

sedimentos en suspensión era más reducido en la que presentaba mayor cobertura de bosque y de turberas (Iturraspe *et al.*, 2007).

Las turberas tienen la capacidad de retener metales pesados y otros elementos tóxicos presentes en aguas superficiales o subterráneas o de origen atmosférico.



Fragilidad de las turberas ante alteraciones de su régimen hidrológico y efectos adversos relacionados



Durante los milenios transcurridos desde los orígenes de las turberas, luego del retiro de los hielos de la última glaciación de los valles y planicies, estos ecosistemas se adaptaron exitosamente a las fluctuaciones del clima y mantuvieron un proceso continuo de acumulación de materia orgánica.

La clave para que la materia orgánica almacenada pudiera preservarse durante tanto tiempo no radica en el régimen térmico del clima local sino en una condición hidrológica: la disponibilidad de agua en forma permanente, ya sea por la frecuente pluviosidad local o por contribuciones procedentes de áreas adyacentes, complementada con deficientes condiciones de drenaje.

La exigua circulación de agua a través del cuerpo de una turbera y el carácter saturado de este medio en casi su totalidad dan lugar a un ambiente anóxico que inhibe la actividad bacteriana responsable de la descomposición de la materia orgánica, facilitando un proceso donde la productividad supera a la descomposición en el balance anual.

La capacidad de autorregulación hidrológica de estos ecosistemas ha permitido su desarrollo sostenido en el tiempo, superando los efectos de grandes sequías o de excesivas precipitaciones. Paradójicamente, la fragilidad de las turberas ante la actividad humana es categórica. El impacto más frecuente y grave resulta de la construcción de drenajes, ya sea con el objeto

de propiciar la extracción de turba, la construcción de obras de infraestructura, o cambios en el uso del suelo.

La ejecución de drenes produce como efecto inmediato el descenso del nivel freático en el cuerpo de la turbera y la disponibilidad de oxígeno en los niveles afectados por el drenaje, lo que inhabilita la condición básica que garantizaba la estabilidad del ecosistema.

A partir de esta situación se desencadenan procesos lentos pero continuos en el tiempo: el primero es la activación de la descomposición aeróbica. La turbera pierde masa: no sólo el agua que drena, sino materia orgánica, cuyo proceso de descomposición y transporte produce el aporte de carbono a la atmósfera y a los cursos de agua en la forma de carbono orgánico disuelto. Evans *et al.*, (1999) observaron que la prolongada desecación de capas de turba expuestas a la superficie por corte, producía el desarrollo de un estrato hidrofóbico que reduce la capacidad de infiltración, incrementando la intensidad y la velocidad del flujo superficial.

Es indefectible el cambio en las comunidades vegetales dominantes, ya que el drenaje favorece las plantas arbustivas con desarrollo radical en profundidad que aceleran la degradación de la turbera (Figura 8). Domínguez *et al.*, (2012) reportan que la extracción de turba y la construcción de canales de drenaje favorecen el arribo de especies exóticas, propias de ambientes más secos como *Rumex acetosella*, *Holcus lanatus*, *Carex canescens* y *Hieracium pilosella*. Son estas evidencias de la profunda transformación ambiental que lleva a la desaparición del ecosistema y su sustitución por otro de otras características.



Figura 8. Turbera urbana en Ushuaia, drenada desde hace unos 25 años, donde se aprecia el desarrollo de especies arbustivas y cambios en el ecosistema.

Price *et al.*, (2003) comprobaron que la efectividad del drenaje depende de la profundidad de los drenes, la distancia entre los mismos y la conductividad hidráulica de la turba. Drenajes prolongados en el tiempo (aun sin que se haya practicado extracción de turba) producen subsidencia en la turbera, es decir, la depresión del nivel superficial. Ello es debido a la descomposición de la materia orgánica. La celeridad del proceso depende de las características del drenaje, el clima y el tipo de turbera, variando entre 1 y 5 cm a⁻¹.

Muchas turberas de Tierra del Fuego, Argentina,

han sido drenadas masivamente como paso previo al proceso de extracción de turba, para ser luego abandonadas por diferentes motivos, sin que se haya procedido a su aprovechamiento. En otros casos, como ha ocurrido en la Región de Magallanes, Chile, sólo se extrajo fibra superficial, quedando luego el sitio con los drenes habilitados (Figura 9). Situaciones como éstas deben ser evitadas porque implican el sacrificio inútil de ecosistemas que cumplen funciones ambientales, y desde el punto de vista del aprovechamiento minero, el desperdicio de un recurso que es patrimonio del Estado.



Figura 9. Turbera muy degradada en la que se practicó drenaje y corte superficial de fibra de musgo. Región de Magallanes, Chile.

Especiales connotaciones tiene el drenaje cuando el carbono orgánico disuelto (COD) aporta a fuentes de agua potable. La eliminación de COD de las fuentes de agua para consumo humano representa el costo de potabilización más elevado en muchas zonas de Gran Bretaña y Europa del Norte. La falta de este tratamiento o la eliminación incompleta produce coloración desagradable, fuera de la normativa vigente, pero mucho más grave es la formación de trihalometanos (THM) que se producen durante el proceso de potabilización a partir de la cloración de compuestos orgánicos precursores, como los ácidos húmicos. Este problema ha causado alarma debido al carácter cancerígeno de estos compuestos y de su potencial peligrosidad para la salud (Abd

El-Shafy y Grünwald, 2000; Worrall *et al.*, 2007).

Obras de infraestructura que dan lugar a alteraciones hidrológicas locales pueden tener efectos sobre la estabilidad de las turberas. Es el caso de la construcción de barreras impermeables y el desvío de escurrimiento superficial que interrumpen el aporte de agua a un fen, por ejemplo la construcción de caminos adyacentes o transversales a turberas y captaciones o desvíos de manantiales a los fines de la utilización del agua, o para evitar el encharcamiento de turberas geogénicas utilizadas como pasturas. Si bien estas alteraciones tienen un efecto de menor grado, ya que no se altera la estructura del ecosistema, producen cambios en la vegetación dominante y a largo plazo tienden a degradarlo.

El castor alcanza también a las turberas

El castor (*Castor canadensis*) es una especie introducida, de amplia disseminación en Tierra del Fuego e islas adyacentes, que produce marcadas alteraciones en la hidrología de las turberas. Su presencia ha sido detectada en todos los tipos de turberas propios de la región invadida, aunque con preferencia por las planicies y ambientes de poca pendiente próximos a cursos menores que atraviesan las turberas o son marginales a las mismas. Estas alteraciones presentan efectos contrapuestos, ya que pueden implicar el anegamiento o el drenaje de sectores de una turbera.

El anegamiento se produce por consecuencia de la construcción de diques, a veces interconectados, cuyo impacto es mayor cuanto menor es la pendiente natural aguas arriba del cierre (Figura 10). La construcción del dique es de rápida ejecución, y si bien favorece el stock de agua en el humedal, induce un cambio muy drástico que afecta temporalmente la estabilidad del ecosistema. La primera consecuencia es la mortalidad de las plantas ori-

ginales del sitio anegado (por ejemplo *Sphagnum magellanicum*) y su sustitución por otras comunidades (*Marsippospermum grandiflorum*, *Tetroncium magellanicum*, etc.). El proceso de adaptación lleva algunos años, pero la castorera no es permanente: perdura hasta ser destruida por una crecida excepcional o hasta que desaparezca la colonia que la mantiene, ya sea por un ciclo natural, falta de alimento, acoso de perros, cazadores, tramperos, etc. Sin mantenimiento, el dique se destruye naturalmente, alterándose nuevamente en forma drástica las condiciones hidrológicas y dando lugar a un nuevo proceso de adaptación. Tales procesos, en uno u otro sentido, inhiben la acumulación de materia orgánica y por lo tanto de carbono, y por el contrario, favorecen la descomposición y la liberación de CO₂ y carbono orgánico disuelto. No obstante el carácter desfavorable de estos efectos, no es posible asegurar que los mismos conduzcan a la degradación definitiva de la turbera.



Figura 10. Dique de castores en Reserva Karukinka, Tierra del Fuego.

El efecto opuesto a la inundación que generan los diques es producido por los canales construidos en la turba por los castores (Figura 11) para facilitar desplazamientos entre la madriguera y las áreas de provisión de alimentos y material para la construcción y mantenimiento del dique. Estos conductos se desarrollan normalmente a cielo abierto, y su profundidad es de 0,30 a 1,00 m, pudiendo alcanzar una longitud superior a

100 m, con ramificaciones adicionales en distintas direcciones. Estos sistemas funcionan como típicos drenes por los que circula agua aportada por la turbera que favorece el desplazamiento del castor. Los canales pueden también tener como objeto dar conectividad a pequeñas lagunas que originalmente eran unidades aisladas. De esta manera el castor amplía su radio de influencia centrado en su madriguera.



Figura 11. Canal construido por castores en la turba que facilita el drenaje de una laguna.



Conclusiones

Las turberas son elementos del paisaje de los ambientes australes más húmedos del continente americano, un legado cuya génesis proviene de los inicios del Holoceno. La presión de la civilización sobre ellas aumenta en correlación con el desarrollo regional, sin que exista un reconocimiento generalizado por parte de la sociedad, relativo a la significación de los servicios ambientales que cumplen las turberas. En este capítulo se ha puesto foco en las funciones hidrológicas de regulación, que a nivel local y regional son tal vez las funciones ambientales más efectivas e importantes, así como las más trascendentes a nivel global son las relativas a la regulación del ciclo del carbono y por consecuencia, a la regulación del clima. Los valores de las turberas no se agotan en estos dos campos. Tienen, por ejemplo, un potencial turístico interesante, porque contribuyen a la valoración del paisaje (Domínguez y Bahamonde, 2012) y porque constituyen una rareza para el grueso de la población de Chile, Argentina y práctica-

mente toda América Latina, donde pocas personas saben qué es una turbera. No obstante esta potencialidad, aún no se ha trabajado en la promoción del aprovechamiento ecoturístico de las turberas.

En el Hemisferio Norte, en países hoy desarrollados, gran parte de las turberas fueron destruidas con el fin de dar lugar a cambios en el uso de la tierra, que permitan desarrollar economías locales, y en algunos casos paliar situaciones socioeconómicas complicadas por guerras y crisis sociales. No se trata hoy de cuestionar esas decisiones sino de tomar decisiones correctas, basadas en principios de racionalidad en conocimientos relativos a estos ecosistemas que hace un siglo no se disponían y que hoy intentamos difundir, precisamente para que la sociedad en su conjunto apoye la racionalidad en este tipo de decisiones.

La hidrología de las turberas es compleja y es

necesario clarificar ciertos conceptos para entender y valorar las funciones hidrológicas que cumplen. Sin embargo, es igualmente importante entender la fragilidad de estos ecosistemas que crecen lentamente, a menos de 1 mm por año, y que colapsan ante acciones antrópicas, muchas veces por desconocimiento de los efectos que éstas producen.

El drenaje como práctica aplicada al manejo de turberas debe ser evitado y sólo debiera implementarse con un fin específico, que implique el sacrificio del humedal: extracción de turba, desarrollo urbano, desarrollo agrícola-forestal, etc., pero considerando que tal fin debe responder a criterios de manejo racional y planificado de las turberas.

En la práctica extractiva de turba, debe evitarse el drenaje generalizado previo al proceso extractivo, especialmente en las grandes unidades y zonificar el mismo en función del área a intervenir en el corto plazo. De esta manera se puede prevenir pérdida de turba por descomposición, en el caso de que la actividad sea interrumpida.

Asimismo, es importante que los establecimientos dedicados a la extracción de turba planifiquen y ejecuten tareas tendientes a la restauración zonificada de las áreas intervenidas. La restitución del nivel freático mediante la obturación de drenes es una actividad primordial para dar lugar a la posibilidad de regeneración de la vegetación propia de la turbera.

Con adecuado conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico y ecosistémico de una turbera es posible mitigar los impactos de las actividades antrópicas. Por ejemplo, el terraplén de una obra vial, adyacente o transversal a una turbera no producirá un impacto grave si se colocan apropiados subdrenes combinados con alcantarillas que permitan la circulación no concentrada del agua superficial y subsuperficial. Hay mucho por mejorar en este sentido en el diseño y mantenimiento de obras viales, ya que por ejemplo, es frecuente observar zanjas de drenaje paralelas a rutas adyacentes a turberas (Figura 12). La medida es eficiente a los fines viales, pero resulta infortunada para las turberas.



Figura 12. Drenajes en Tierra del Fuego con efecto perjudicial para una turbera. Un drenaje paralelo a la ruta Y-85 confluye con el de un predio privado.

La capacidad de regulación de cuencas por parte de las turberas depende en mayor medida de la proporción que alcanza la cobertura de éstas en relación al área de aporte total. No obstante, aun cuando la extensión de estos humedales sea reducida en relación al tamaño de la cuenca en que se incluyen, la influencia reguladora es aún significativa en un área de influencia determinada, más aun cuando se localizan en zonas relativamente altas o intermedias de la cuenca.

Las turberas interactúan con las fuentes de agua utilizadas por poblaciones, que en la región son de origen superficial mayoritariamente. Corresponde centrar la atención en estos casos a los fines de instrumentar políticas de conservación, no sólo por los servicios de regulación del régimen hidrológico y de la calidad de las aguas que desempeñan, sino también por los perjuicios derivados del drenaje sobre el agua a potabilizar.

El drenaje para extracción de turba u otros fines, acelera la liberación de ácidos húmicos y otras formas de carbono orgánico disuelto, que como ya se ha indicado promueven la formación de trihalometanos cuando el agua es clorada para su potabilización. El tratamiento requerido para eliminar el COD es complejo y costoso y no se practica en Argentina ni en Chile. Es entonces necesario evitar la ejecución de drenajes con vertido a cursos de agua que más abajo sean utilizados como fuentes de agua potable.

Los estudios de impacto ambiental relativos a actividades y obras en ambientes que incluyan turberas deberían incluir consideraciones particulares relativas a los impactos sobre turberas por cambios en su régimen hidrológico y su situación ambiental en general, y los mismos deberían ser desarrollados por especialistas en el tema.



Bibliografía

National Research Council (U.S.). 1996. Freshwater Ecosystems.

Abd El-Shafy and Grünwald, A. 2000. THM formation in water supply in South Bohemia, Czech Republic. *Water Research* Vol 34 – 13: 3453-3459.

Baumann, M. 2006. Water flow, spatial patterns, and hydrological self-regulation of a raised bog in Tierra del Fuego (Argentina). Diploma-thesis (unpubl.), Univ. of Greifswald, Institute of Botany and Landscape Ecology.

Domínguez, E., N., Bahamonde y C. Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas*, 40(2):37-45.

Domínguez, E. y N. Bahamonde. 2012. Manual de evaluación de Turberas de *Sphagnum*: caso de estudio efectos de la extracción de turba sobre el paisaje, Región de Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N°256. 88 pp.

Evans, M.G., T.P. Burt, J. Holden and J.K. Adamson. 1999. Runoff generation and water table fluctuations in blanket peat: evidence from UK data spanning the dry summer of 1995. *Journal of Hydrology* 221: 141-160.

Iturraspe, R. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. 32 pp.

Iturraspe, R. y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego Argentina. En: Coronato, A. y Roig C. eds.: Curso Taller de Conservación de Ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego: 85-93. Ushuaia, Tierra del Fuego.

Iturraspe, R., A. Urciuolo, V. Guerrero, M. Gaviño, L. Collado, R. Sarandón and S. Burns. 2007. Report on basin response for Argentina, D18., in: EPIC FORCE PROJECT Deliverables. Newcastle Univ. URL: <http://research.ncl.ac.uk/epicforce/deliverables.htm>

Iturraspe, R., A. Urciuolo and R. Iturraspe. 2012. Spatial analysis and description of eastern peatlands of Tierra del Fuego, Argentina. In: Mires from Pole to Pole, Tapio Lindholm and Raimo Heikkilä eds. *The Finnish Environment* 38, 2012. Helsinki, 385-399.

Kleinebecker, T. 2007. Patterns and gradients in South Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. Tesis Doctoral, Universidad de Münster, Alemania. 101 pp.

Köpke, K. 2005. Musterbildung in einem feuerländischen Regenmoor. Thesis Inst. Bot. and Landscape Ecol., Greifswald Univ.

Price, J., A. Heathwaite and A. Baird. 2003. Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: an overview of management approaches. *Wetlands, Ecology and Management* 11: 65-83.

Ruiz, J. y M. Doberti. 2005. Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes. Punta Arenas.

Worrall, F., H.S. Gibson and T.P. Burt. 2007. Modelling the impact of drainage and drain-blocking on dissolved organic carbon release from peatlands. *Journal of Hydrology*, 338:15-27.



Capítulo 5

Musgos y hepáticas en las turberas

Juan Larraín¹

¹The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL 60605-2827, U.S.A.
E-mail: jlarraín@fieldmuseum.org



Introducción

Musgos y hepáticas, llamados en su conjunto “briófitos”, son plantas no vasculares que se reproducen mediante esporas. Su ciclo de vida (Figura 1) alterna entre una fase gametofítica (plantas productoras de gametos, tanto masculinos como femeninos) que corresponde al musgo propiamente tal, a la planta fotosintética, verde, sobre la cual se desarrolla la fase esporofítica (planta productora de esporas), como consecuencia de la fertilización de una célula huevo (gameto femenino, ubicado en un gametofito femeni-

no) por parte de un espermio flagelado nadador (gameto masculino) proveniente de un gametofito masculino. Este proceso requiere de la presencia de agua para que los espermios puedan alcanzar el huevo. El esporofito depende nutricionalmente del gametofito, y una vez maduro se lleva a cabo en su interior la formación de esporas, las que son dispersadas generalmente por el viento y que al germinar dan origen a nuevos gametofitos, tanto masculinos como femeninos (o bisexuales en algunas especies). No tienen flores, semillas ni

raíces verdaderas, y la absorción de agua y nutrientes ocurre directamente en la superficie de las hojas. Esta incapacidad para absorber agua del sustrato, junto con la necesidad de una película de agua para que los espermios nadadores alcancen el huevo, hace que los briófitos sean un componente relativamente escaso en la vegetación de zonas áridas, pero

en ambientes con alta humedad atmosférica la abundancia y diversidad de estos organismos supera incluso a veces a la de plantas vasculares. Es por esto que los ecosistemas de turberas albergan una rica flora de musgos y hepáticas, y en muchos casos son los organismos dominantes de la vegetación.

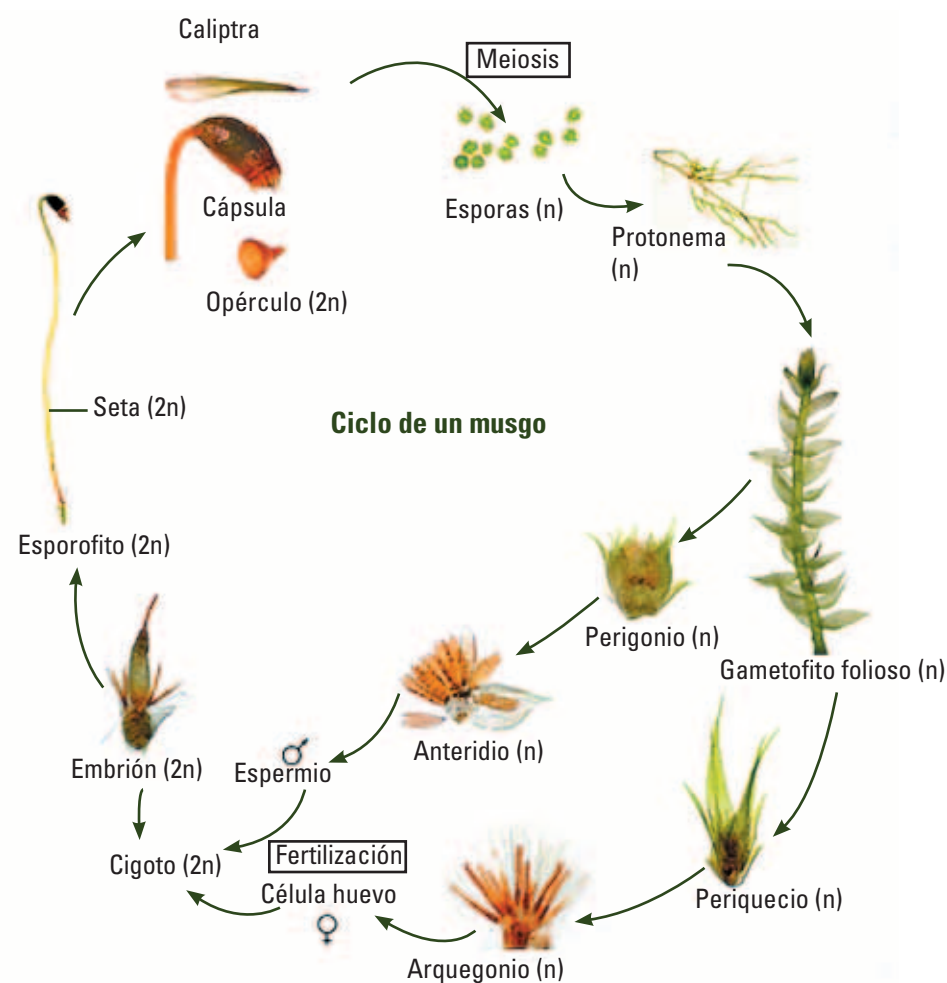


Figura 1. Ciclo de vida de un musgo. Reproducido de Tan and Ho (A guide to the mosses of Singapore, 2008) con autorización de Boon-Chuan Ho. Fotografías de Yim Lao Hui.

El género de musgos *Sphagnum* (Figura 2) es quizás el más importante grupo de plantas formadoras de turba, sobre todo en el Hemisferio Norte, donde las Turberas de *Sphagnum* ocupan extensas superficies de tierra, lo que ha lleva-

do a los especialistas a considerar a *Sphagnum* como el organismo terrestre que más contribuye a la captación de carbono atmosférico (Clymo y Hayward, 1982), disminuyendo así los niveles atmosféricos de dióxido de carbono, uno

de los más ubicuos gases de efecto invernadero. Las especies de *Sphagnum* tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de agua en relación a su peso seco, debido a la particular organización de su tejido celular. Las hojas de estos musgos están formadas por dos tipos de células: unas pequeñas, que contienen los cloroplastos y todo el resto de los organelos necesarios en una célula vegetal normal, las que alternan con un segundo tipo de células, que están vacías, son mucho más grandes y tienen poros en su superficie, por donde entra el agua y es retenida para satisfacer las necesidades vitales del musgo. Algunas especies de *Sphagnum* forman extensas poblaciones compuestas por millones de plantas que crecen en densas carpetas, haciendo imposible que la luz penetre hacia la parte inferior de los tallos. Esto causa que las plantas vayan muriendo por debajo de los extremos de los tallos que sí reciben la luz solar. Con el paso del tiempo esta materia orgánica muerta se acumula y se compacta, formando la turba, cuyo proceso de descomposición es muy lento debido a la ausencia de oxígeno en la turba y a la naturaleza antibiótica de ciertos compuestos secretados por el propio *Sphagnum*, los que limitan el desarrollo de microorganismos descomponedores. Este proceso también ocurre con otros tipos de plantas, ya sean otros musgos o plantas vasculares, pero



la turba formada por *Sphagnum* es quizás la más común y abundante en regiones templadas del planeta (Clymo y Hayward, 1982). Junto con el dominante *Sphagnum*, en las turberas conviven muchas otras especies de briófitos, líquenes y plantas vasculares, las que también contribuyen con la acumulación de turba.

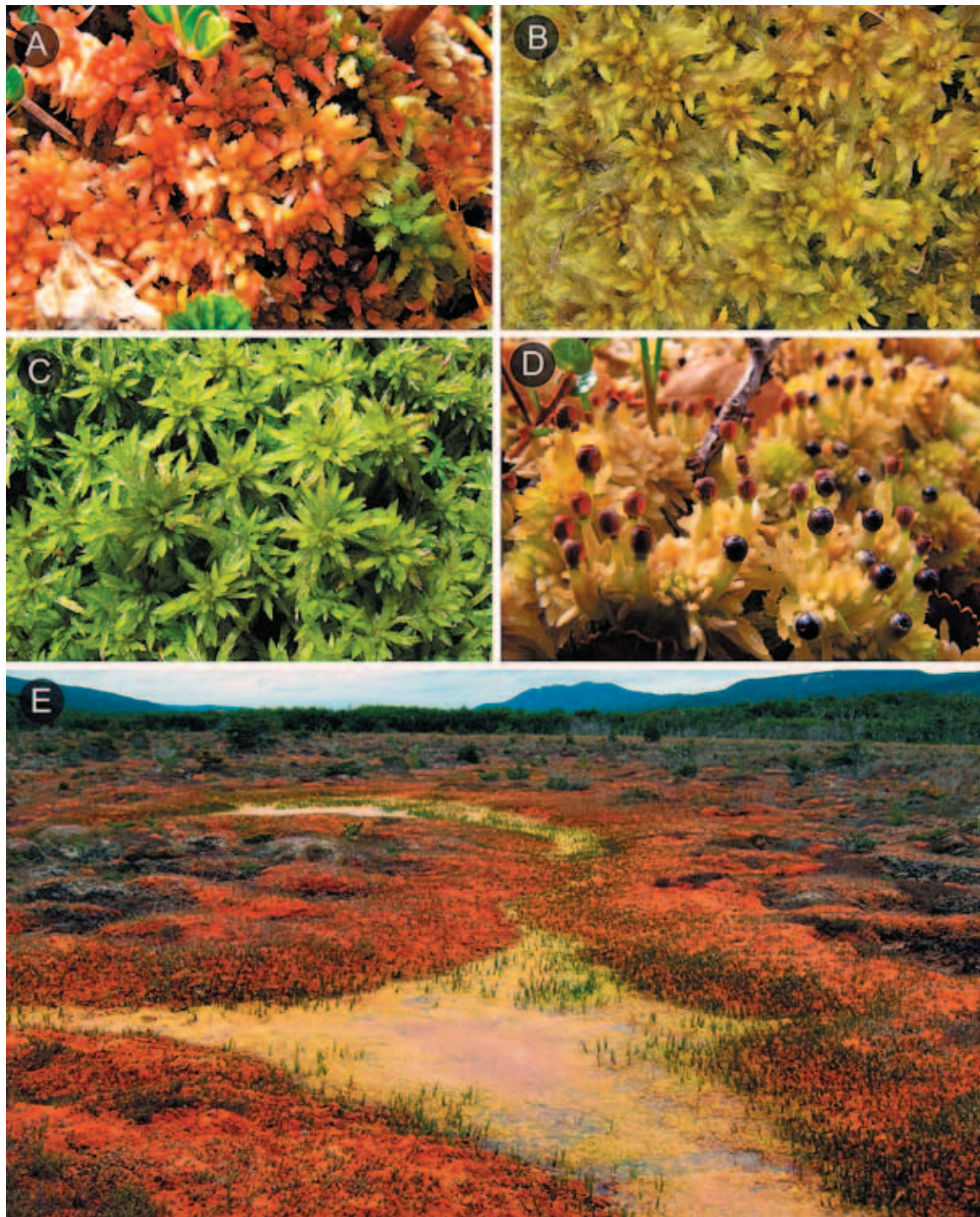


Figura 2. *Sphagnum*. A. *Sphagnum magellanicum*. B. *Sphagnum falcatulum*. C-D. *Sphagnum fimbriatum*. E. Turbera de *Sphagnum magellanicum* con poblaciones de *S. falcatulum* creciendo sumergido en charcos de agua, San Juan, Provincia de Magallanes.

Esta notable capacidad de *Sphagnum* para absorber agua determina el importante rol ecológico de las turberas. El agua proveniente de la lluvia o de los cursos de agua es retenida en las turberas y liberada lentamente en períodos secos. Es así como las turberas regulan las napas subterráneas de agua, retienen el agua en períodos de fuertes lluvias protegiendo los suelos adyacentes de la erosión causada por inundaciones y mantienen una disponibilidad de agua continua a lo largo del año, lo que cobra gran importancia para la agricultura y la ganadería en períodos de sequía. La extracción de las capas superficiales de musgo y de la turba subyacente ha demostrado tener un impacto significativo en el nivel de las napas subterráneas en turberas explotadas en la Isla de Chiloé (Díaz *et al.*, 2008). Además de su importante rol ecológico, el musgo *Sphagnum* es por lejos el musgo con mayor importancia económica, siendo utilizado como material de empaque, aislante, en construcción, en horticultura, farmacéutica, como bioindicador de metales pesados, de acidez

o de altos niveles de ozono, como indicador de climas pasados, como fijador de nitrógeno dada su interacción con cianobacterias, como filtro para la limpieza de residuos tóxicos, como combustible, entre decenas de otros usos (Glime, 2007).

Los briófitos forman una importante proporción del total de especies de la flora de Chile. A diferencia de países mega diversos como Colombia o Brasil, donde el número de especies de plantas vasculares supera largamente el número de briófitos, en el sur de Chile, y específicamente en la Región de Magallanes, esta proporción incluso favorece a los briófitos por sobre las plantas vasculares (Rozzi *et al.*, 2008). Las extensas turberas de Magallanes albergan una rica e interesante flora de briófitos, que llama la atención de cualquiera que alguna vez haya visitado este tipo de ecosistema, tanto por la diversidad de formas y colores de las distintas especies, así como por su abundancia que domina en la vegetación de estos sitios.

Estado del conocimiento

En comparación con las especies de plantas vasculares, existe poca y dispersa información acerca de las especies de briófitos presentes en las turberas de la Región de Magallanes. Las primeras descripciones de la flora y vegetación de las turberas del sur de Sudamérica en que se incluyeron briófitos y líquenes fueron realizadas por Carl Skottsberg, quien describió las plantas dominantes en una turbera de *Sphagnum* en las cercanías de Ushuaia (Skottsberg, 1909) y realizó una sinopsis de las comunidades vegetales de los Andes australes, incluyendo las turberas, donde reporta las especies dominantes de cada asociación incluyendo tanto criptógamas como plantas vasculares (Skottsberg, 1916). Casi 40 años más tarde, Heikki Roivainen (1954) realizó

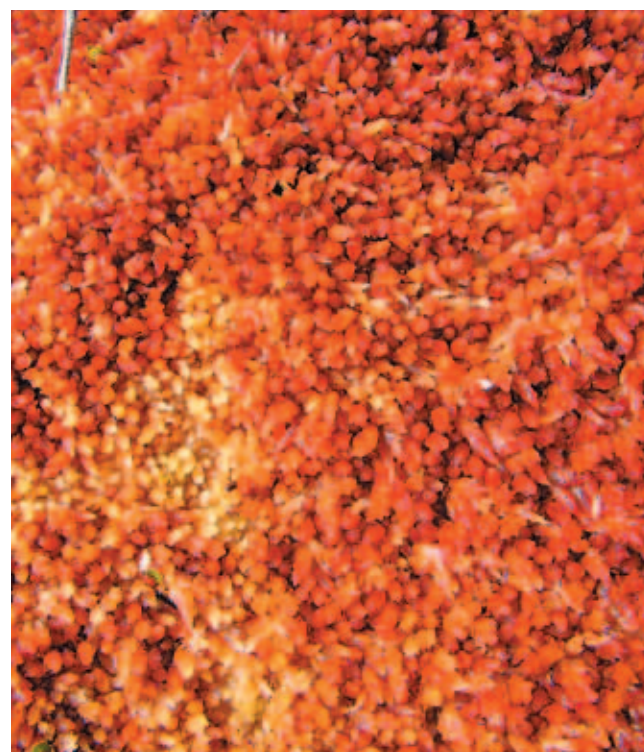


un monumental estudio de las turberas de Tierra del Fuego, influenciado por la escuela fitosociológica de Zurich-Montpellier. En este trabajo Roivainen entrega los resultados de relevamientos florísticos en más de 70 turberas diferentes, casi todas ubicadas en el lado chileno de



la Isla Grande de Tierra del Fuego y también en Isla Dawson. En sus relevamientos, Roivainen incluyó líquenes, musgos y plantas vasculares, pero lamentablemente no incluyó las hepáticas, grupo muy diverso y abundante en las comunidades de turberas en Tierra del Fuego (Pisano, 1977; Larraín, 2011). Roivainen entrega una clasificación de las turberas de Tierra del Fuego, aplicable a toda la Región de Magallanes, sobre la base de las comunidades vegetales, reproducida por Roig (2004). Más tarde Pisano (1977, 1983) contribuye con una clasificación propia de la vegetación de la zona en general a una escala en donde define las provincias bióticas (Pisano, 1977), para luego incluir a las turberas en lo que él describe como la "tundra magallánica" (Pisano, 1983), aportando con extensas listas de musgos, hepáticas y líquenes de estos ambientes, aunque no los incluye en sus relevamientos fitosociológicos (Pisano, 1977). Pisano (1977) describe la asociación *Sphagnetum magellanicum*, y entrega un relevamiento florístico de las plantas vasculares de esta asociación. En

estos trabajos se entregan listas y/o reportes de plantas que crecen en estos ambientes, así como descripciones de asociaciones vegetales y descripciones del medio físico en que se desarrollan estas comunidades. Si bien la cantidad de trabajos puede parecer suficiente para contar con una adecuada caracterización de estos ecosistemas, buena parte de los estudios existentes son descriptivos, y la mayoría limitados –o con un fuerte énfasis– en la flora vascular. Si bien los trabajos de Roivainen (1954) y Pisano (1977, 1983) describen y cuantifican de manera detallada una gran cantidad y tipos de turberas de la Región de Magallanes, muchos de los nombres de plantas reportados en éstos se encuentran desactualizados (Roivainen, 1954), no son reportadas hepáticas (Roivainen, 1954), no son incluidas briófitas en los relevamientos fitosociológicos (Pisano, 1977, con excepción de *Sphagnum*) y los resultados de estos trabajos no reflejan el estado actual de la diversidad de briófitas existente en las turberas de la región.



Estudios en desarrollo

Sobre la base de estudios descriptivos realizados por el autor en conjunto con investigadores del INIA-Kampenaiké durante 2011-2012 en distintos tipos de turberas de las provincias de Magallanes, Última Esperanza y Tierra del Fuego, se puede concluir que el número de especies de briófitas y líquenes casi duplica el número de plantas vasculares presentes en estos ecosistemas. Los estudios preliminares realizados en siete turberas de Magallanes y Tierra del Fuego revelan que de un total de 110 especies de plantas y líquenes encontradas en los sitios estudiados durante los muestreos iniciales, 40 corresponden a plantas vasculares mientras que las 70 restantes corresponden a 39 especies de musgos, 16 hepáticas y 15 líquenes (Larraín, 2011). Además del estudio cuantitativo realizado en turberas de *Sphagnum* y de *Polytrichum* (Tabla 1), figuran entre las especies dominantes tanto musgos y hepáticas como plantas vasculares. Así, del total de turberas cuantificadas, entre las especies con más de un 50% de frecuencia en la totalidad de las transectas realizadas aparecen el musgo *Sphagnum magella-*



nicum (Figura 2A), la planta vascular *Empetrum rubrum* y las hepáticas *Blepharidophyllum densifolium* (Figura 5B), *Kurzia magellanica* y *Lepidozia fuegiensis* (Figura 5E). La Tabla 2 muestra todas las especies de la transecta con más de un 10% de frecuencia. Estos estudios preliminares han sido complementados con muestreos adicionales incluyendo turberas de la Provincia de Última Esperanza, incrementando el número de briófitas encontrados en un principio. La lista actualizada de especies de briófitas se presenta en la Tabla 3.

Tabla 1. Localización geográfica de las turberas estudiadas, indicando la provincia donde se encuentran (UE=Última Esperanza, MAG=Magallanes, TDF=Tierra del Fuego) y el tipo de turbera de acuerdo a la clasificación de Roivainen (1954), indicando el código utilizado por éste entre paréntesis.

Sitio	Provincia	lat.	long.	alt. (m)	Tipo turbera
Lago Toro	UE	51° 16' 23" S	72° 51' 58" W	ca. 100	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Rubens	UE	52° 02' 09" S	71° 55' 39" W	ca. 185	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Cerro Negro	UE	52° 09' 07" S	72° 04' 27" W	ca. 310	Esfagnosa de Tetroncium (F.d)
Seno Obstrucción	UE	52° 11' 01" S	72° 30' 10" W	ca. 90	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Andino	MAG	53° 09' 35" S	71° 00' 49" W	ca. 200	De Polytrichum (F.f)
Parrillar	MAG	53° 22' 51" S	71° 08' 29" W	ca. 300	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Parrillar 2	MAG	53° 26' 07" S	71° 18' 27" W	ca. 300	Matosa de esfagnáceas (G.a)
San Juan	MAG	53° 39' 13" S	70° 59' 16" W	ca. 50	Esfagnosa de Tetroncium (F.d)
San Juan 2	MAG	53° 39' 13" S	70° 59' 34" W	ca. 20	Esfagnosa de Tetroncium (F.d)
Lote 10, Vicuña	TDF	54° 10' 54" S	68° 44' 09" W	ca. 200	Marrón (B)
Ariel 1, Vicuña	TDF	54° 12' 24" S	68° 43' 17" W	ca. 200	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Ariel 2, Vicuña	TDF	54° 12' 33" S	68° 42' 56" W	ca. 200	Matosa de esfagnáceas (G.a)
Lago Deseado	TDF	54° 22' 04" S	68° 46' 49" W	ca. 200	Matosa de esfagnáceas (G.a)

Tabla 2. Lista de las especies más frecuentes en el total de todas las transectas realizadas en el estudio preliminar, incluyendo cinco turberas (cf. Larraín, 2011), indicando la frecuencia de cada una de ellas del total de cuadrantes censados.

Taxón	%
<i>Sphagnum magellanicum</i>	96,53
<i>Empetrum rubrum</i>	93,75
<i>Kurzia setiformis/Lepidozia fuegiensis</i>	76,39
<i>Blepharidophyllum densifolium</i>	68,75
<i>Adelanthus lindenbergianus</i>	45,83
<i>Rotkavia magellanica</i>	45,83
<i>Gaultheria pumila</i>	34,72
<i>Riccardia pallidivirens/diversiflora</i>	31,94
<i>Chorisodontium aciphyllum</i>	30,56
<i>Cladonia pycnoclada</i>	29,17
<i>Tetroncium magellanicum</i>	27,78
<i>Gaultheria antarctica</i>	24,31
<i>Caltha appendiculata</i>	21,53
<i>Marsippospermum grandiflorum</i>	20,83
<i>Nanodea muscosa</i>	18,06
<i>Carex magellanica</i>	15,97
<i>Polytrichum strictum</i>	15,97
<i>Drapetes muscosus</i>	15,28
<i>Dicranoloma billardierei</i>	14,58
<i>Nothofagus antarctica</i>	13,19
<i>Cryptochila grandiflora</i>	12,5
<i>Ochrolechia frigida</i>	10,42



Tabla 3. Lista de especies de hepáticas y musgos encontrados en los sitios estudiados por el autor (Tabla 1) durante 2011-2012. Se indica con una "x" la presencia de cada taxón en cada sitio, y el número total de especies de musgos y hepáticas registrado en cada sitio. Las especies reportadas como "sp." no han sido aún determinadas a nivel de especie.

	Ariel 1	Ariel 2	Lote 10	Deseado	Parrillar	Parrillar 2	San Juan	San Juan 2	Andino	Lago Toro	Rubens	Seno Obstrucción	Cerro Negro
Hepáticas (21)	9	2	1	7	9	9	2	10	4	3	5	9	8
<i>Adelanthus lindenbergianus</i> (Lehm.) Mitt.	x			x	x	x					x	x	x
<i>Blepharidophyllum densifolium</i> (Hook.) Angstr. ex Mass.	x			x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Cephalozia</i> sp.						x		x			x	x	x
<i>Cephalozia</i> sp.						x		x					
<i>Chilosophus pallido-virens</i> (Hook. f. & Tayl.) Gottsche, Lindemb. & Nees.				x		x		x				x	
<i>Clastocolea humilis</i> (Hook. f. & Taylor) Grolle										x			
<i>Clastocolea navispipula</i> (Steph.) Grolle									x				
<i>Cryptochila grandiflora</i> (Lindemb. & Gottsche) Grolle				x									
<i>Frullania magellanica</i> Web. & Nees.	x						x						
<i>Jamesoniella colorata</i> (Lehm.) Stephani										x			
<i>Kurzia setiformis</i> (De Not.) Engel & Schust.	x			x	x		x	x				x	x
<i>Lepidozia chorulifera</i> Tayl.				x	x								
<i>Lepidozia fuegiensis</i> Steph.	x			x	x			x	x				
<i>Lophozia</i> sp.						x		x				x	x
<i>Metahygrobiella tubulata</i> (Hook. f. & Tayl.) Schust. ex Engel	x												
<i>Notocladia confluens</i> Tayl. ex Hook. & Wils.					x								
<i>Pseudocephalozia quadriloba</i> (Steph.) Schust.	x		x			x		x	x		x	x	x
<i>Phylidium ciliare</i> L.) Hampe													
<i>Riccardia diversiflora</i> Evans	x	x			x	x		x			x	x	x
<i>Riccardia pallidivirens</i> (Steph.) Evans	x	x			x	x		x			x	x	x
<i>Rovinia jacinthii</i> (Mont.) Grolle					x								
Musgos (44)	11	22	8	9	16	5	6	9	13	8	5	5	8
<i>Aulacomnium palustre</i> (Heaw.) Schwägr.		x	x										

	Ariel 1	Ariel 2	Lote 10	Deseado	Parrillar	Parrillar 2	San Juan	San Juan 2	Andino	Lago Toro	Rubens	Seno Obstrucción	Cerro Negro
<i>Brachythecium subpublicatum</i> (Hampe) A. Jaeger		X							X				
<i>Breutelia integrifolia</i> (Taylor) A. Jaeger		X								X			
<i>Bryum capillare</i> Hedw.		X											
" <i>Bryum cf. nivale</i> Müll. Hal."		X											
<i>Bryum laevigatum</i> Hook. f. & Wilson										X			
<i>Bryum orbiculatifolium</i> Cardot & Broth.		X											
<i>Campyladelphus polygamus</i> (Schimp.) Kanda	X	X											
<i>Chorisodontium aciphyllum</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X
<i>Chorisodontium spegazzinii</i> (Müll. Hal.) Roiv.						X			X				
<i>Cinclidium stygium</i> Sw.		X	X										
<i>Dicranoloma billardierei</i> (Brid.) Paris	X	X		X			X	X		X	X		X
<i>Dicranoloma cf. chilense</i> (De Not.) Ochyra & Matteri				X			X	X					X
<i>Dicranoloma cf. duseinii</i> (Broth.) Broth.							X	X					X
<i>Dicranoloma cf. hariotii</i> (Müll. Hal.) Paris					X								
<i>Dicranoloma imponens</i> (Mont.) Renaud		X					X	X		X	X	X	
<i>Dicranoloma robustum</i> (Hook. f. & Wilson) Paris	X				X								
<i>Drepanocladus longifolius</i> (Mitt.) Broth. ex Paris					X								
<i>Neomeesia paludella</i> (Besch.) Deguchi						X							
<i>Orthotrichum</i> sp.		X											
<i>Philonotis vagans</i> (Hook. & Wilson) Mitt.			X		X								
<i>Plagiommium ellipticum</i> (Brid.) T.J. Kop.		X						X					
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	X	X				X		X					
<i>Pohlia wahlenbergii</i> (F. Weber & D. Mohr) A.L. Andrews			X										
<i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G.L. Sm.	X												
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.		X			X						X		
<i>Polytrichum strictum</i> Menzies ex Brid.	X			X		X		X			X		X
<i>Racomitrium geronticum</i> Müll. Hal.										X			

	Ariel 1	Ariel 2	Lote 10	Deseado	Parrillar	Parrillar 2	San Juan	San Juan 2	Andino	Lago Toro	Rubens	Seno Obstrucción	Cerro Negro
<i>Racomitrium subcrispipilum</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger										X			
<i>Racomitrium laevigatum</i> A. Jaeger		X			X							X	
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske		X	X										
<i>Scorpidium revolvens</i> (Sw.) Rubens		X								X			
<i>Sphagnum ehyalinum</i> A.J. Shaw & Goffinet									X				
<i>Sphagnum falcatulum</i> Besch.				X	X		X	X				X	X
<i>Sphagnum fimbriatum</i> Wilson		X		X	X		X	X					
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X
<i>Syntrichia robusta</i> Dusen		X		X	X								
<i>Tayloria dubyi</i> Broth.	X	X		X	X								X
<i>Tayloria magellanica</i> (Brid.) Mitt.	X			X									
<i>Tetraplodon fuegianus</i> Besch.				X	X								
<i>Ulota pygmaeothezia</i> (Müll. Hal.) Kindb.							X						
<i>Wanstorfia exannulata</i> (Schimp.) Loeske			X		X								
<i>Wanstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske	X				X								
<i>Wanstorfia sarmentosa</i> (Wahlenb.) Hedenas		X								X			





cen también otras especies de *Sphagnum* (Figura 2), *S. falcatum* (Figuras 2B y 2E) generalmente sumergido en cuerpos de agua en medio de las turberas y *S. fimbriatum* (Figuras 2C y 2D) en los márgenes de las turberas o en las zonas ecotonales en la transición entre turberas y matorrales o bosques. Son frecuentes en las Turberas de *Sphagnum* las hepáticas *Blepharidophyllum densifolium* (Figura 5B), *Kurzia setiformis*, *Lepidozia fuegiensis* (Figura 5E), *Adelanthus lindenbergianus* (Figura 5A), y especies de *Riccardia* (Figuras 5C y 5D). Entre los

Las especies de briófitos varían dependiendo del tipo de turberas (capítulo 6). Así, la vegetación de las turberas ombrotroficas generalmente está dominada por el musgo *Sphagnum*, mientras que las turberas minerotroficas son dominadas por musgos principalmente de la familia Amblystegiaceae ("brown mosses" o musgos marrones) junto con plantas vasculares principalmente de las familias Cyperaceae y Juncaceae. A veces ambos tipos de turberas coexisten generando un gradiente vegetacional entre una y otra donde se pueden encontrar especies propias de ambos tipos de turberas. Existe un tercer tipo de turbera bastante abundante en la región dominada por el musgo *Polytrichum strictum* (Figura 4A). Este tipo de turbera se desarrolla a veces en los márgenes de turberas ombrotroficas de *Sphagnum*, o en sitios turbosos con mejor drenaje que aquellos que son dominados por *Sphagnum magellanicum*. En este tipo de turberas se desarrolla una rica flora líquénica y abundan especies menos tolerantes a la saturación de agua provocada por *Sphagnum*.

En las turberas de *Sphagnum magellanicum* cre-

cen musgos más comunes en turberas de *S. magellanicum* se pueden mencionar *Chorisodontium aciphyllum* (Figura 4B), *Dicranoloma billardierei*, *D. imponens*, *Pohlia nutans* (Figura 4G), *Polytrichum strictum* (Figura 4A) y *Tayloria dubyi* (Figura 4C), entre otros (Tabla 3).

En las turberas minerotroficas, caracterizadas generalmente por la abundancia de plantas vasculares de las familias Cyperaceae, Juncaceae y Poaceae, se pueden encontrar distintas especies de musgos, principalmente de la familia Amblystegiaceae, como *Sanionia uncinata* (Figura 3A), *Scorpidium revolvens* (Figura 3C), especies de *Warnstorfia* (Figuras 3B y 3E), *Drepanocladus longifolius* y *Campyliadelphus polygamus*, junto a musgos de otras familias como *Aulacomnium palustre* (Figura 4H), *Syntrichia robusta*, *Racomitrium laevigatum*, *Polytrichastrum longisetum*, *Brachythecium subplicatum* (Figura 3D), y varias especies de *Bryum*, entre otros. Entre las hepáticas que se pueden encontrar en este tipo de ambientes las más comunes son *Chiloscyphus pallido-virens* (Figura 5F), *Clasmatoclea navistipula* (Figura 5G), *Ptilidium ciliare*, *Roivainenia jacquinotii* (Figura 5H) y *Noteroclada confluens*, entre otras.

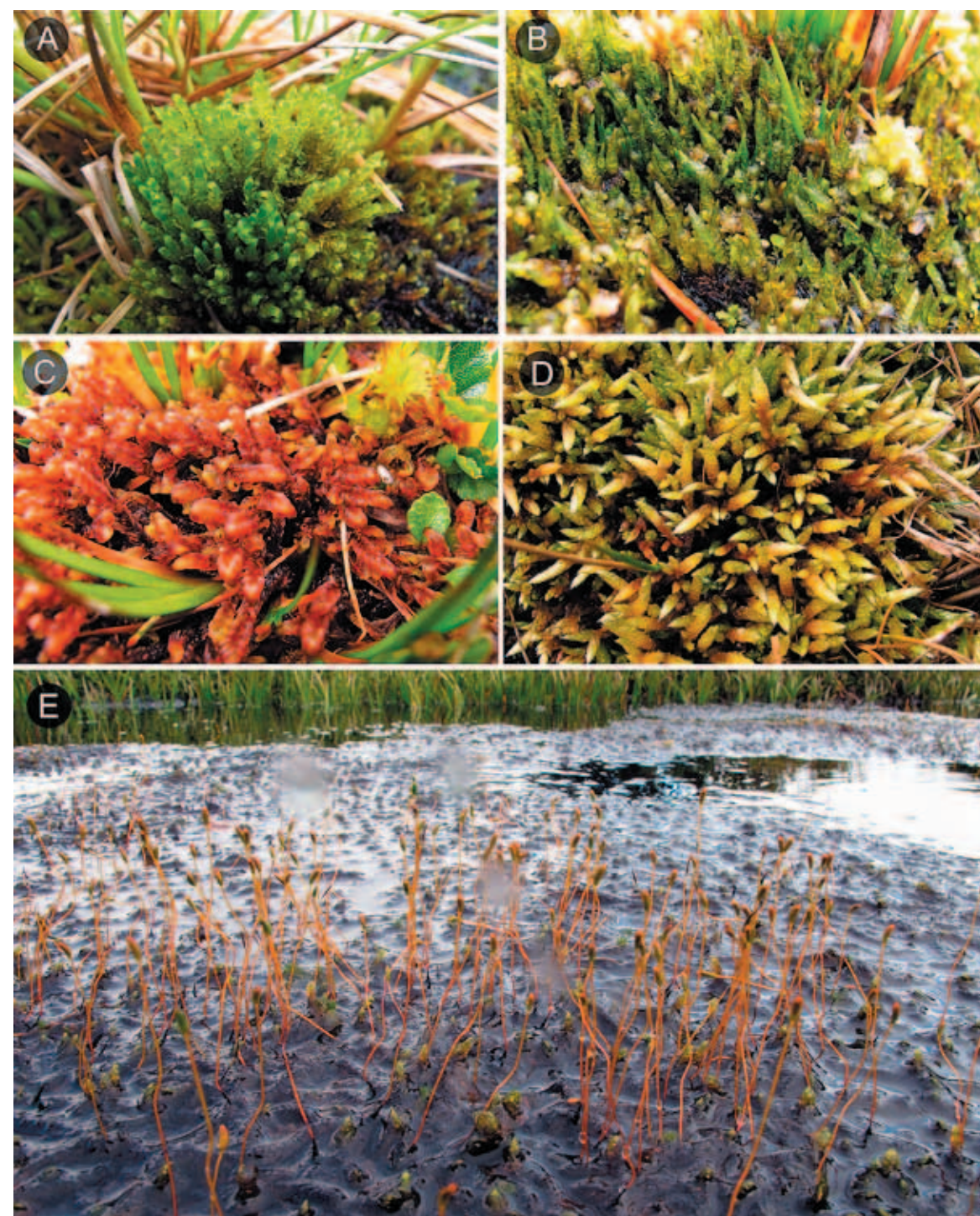


Figura 3. Musgos marrones. A. *Sanionia uncinata*. B. *Warnstorfia sarmentosa*. C. *Scorpidium revolvens*. D. *Brachythecium subplicatum*. E. *Warnstorfia fluitans* creciendo bajo el agua con sus esporófitos emergentes.

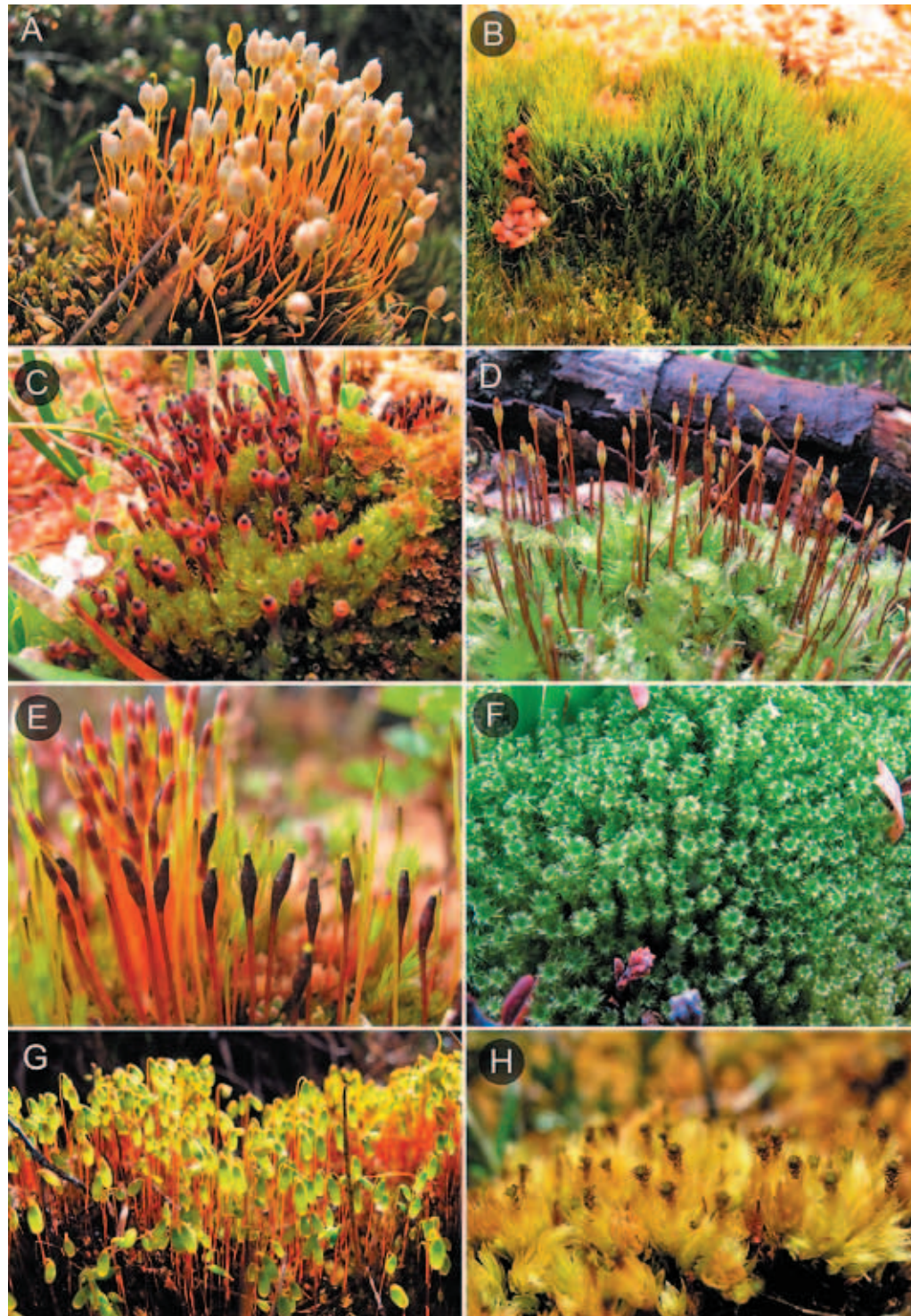


Figura 4. Musgos de turberas. A. *Polytrichum strictum*. B. *Chorisdontium aciphyllum*. C. *Tayloria dubyi*. D. *Tayloria magellanica*. E. *Tetraplodon fuegianus*. F. *Neomeesia paludella*. G. *Pohlia nutans*. H. *Aulacomnium palustre*.



Figura 5. Hepáticas de turberas. A. *Adelanthus lindenbergianus*. B. *Blepharidophyllum densifolium*. C. *Riccardia pallidevirens*. D. *Riccardia diversiflora*. E. *Lepidozia fuegiensis* creciendo entre *Sphagnum magellanicum*. F. *Chiloscypus pallido-virens*. G. *Clasmatocolea navistipula*. H. *Roivainenia jacquinotii*.



Un grupo interesante de musgos que son frecuentes habitantes de las turberas son las especies de la familia Splachnaceae (Figuras 4C - 4E). Estos musgos crecen generalmente sobre fecas de animales o sobre animales muertos. Tienen esporófitos de llamativos colores y producen un aroma putrefacto cuando maduros para atraer a moscas que se posan sobre las cápsulas arrastrando con ellas las esporas maduras y dispersándolas de manera efectiva hacia otras fecas o cuerpos en descomposición.

Lamentablemente no existen estudios sobre el

estado de conservación de las briófitas chilenas, y aún no existe ninguna briófitas reconocida en las listas oficiales del Ministerio de Medio Ambiente. Sin embargo, las turberas de Magallanes albergan especies muy escasas e interesantes, como los musgos endémicos *Neomeesia paludella* y *Chorisodontium spagazzinii*, ambos conocidos de unas pocas localidades. Estas especies probablemente se encuentren en alguna categoría de conservación, y al habitar únicamente en ecosistemas de turbera, cobra importancia adicional proteger estos ecosistemas para asegurar la perpetuación de la biodiversidad.

Por otra parte, las turberas de la Región de Magallanes albergan una diversa flora briofítica, y varias especies de musgos y hepáticas son organismos dominantes en este tipo de vegetación. La planta con mayor cobertura y frecuencia en las turberas de Magallanes es el musgo *Sphagnum magellanicum*, principal formador de turba en el sur de Sudamérica. Las condiciones ambientales generadas por *Sphagnum* determinan en gran medida la totalidad de la flora que se encuentra en las turberas, tanto vascular como no vascular.

El musgo *Sphagnum*, especie dominante en las turberas, tiene múltiples utilidades en procesos industriales en general, horticultura, farmacéutica, paleobotánica, usos domésticos, etc., dada su notable capacidad para absorber agua. Un uso racional del recurso es menester para asegurar su disponibilidad en el tiempo.

Las funciones ecológicas de las turberas son imprescindibles para asegurar la disponibilidad y la limpieza del agua, ya que éstas actúan como verdaderos filtros de los cursos de agua.



Al mismo tiempo, retienen el exceso de agua evitando la erosión producida por inundaciones y permiten que el agua esté disponible a lo largo del año, incluso en épocas de sequía, manteniendo una reserva para comunidades humanas y animales silvestres y domésticos.

Musgos y hepáticas son un componente importante de la biodiversidad local, a pesar de encontrarse en un precario estado de conocimiento en comparación con las plantas vasculares, las aves o los mamíferos. Potenciar los estudios florísticos y descriptivos de los briófitos de estos ecosistemas puede ayudar a entender mejor la ecología de estos ecosistemas, encontrar propiedades que puedan ser útiles para los seres humanos, asegurar la conservación del patrimonio genético y mantener los servicios ecosistémicos que las turberas le ofrecen al paisaje.



Agradecimientos

Se agradece a John Engel, Matt von Konrat y Laura Briscoe por su ayuda en la determinación de las hepáticas, y a Erwin Domínguez, Nelson Bahamonde, Leslie Orellana, Ariel Valdés y Blanka Shaw por su ayuda en la toma de datos en terreno. Se agradece especialmente a Boon-Chuan Ho por haber permitido el uso de la figura del ciclo de vida de los musgos.

Bibliografía

- Clymo, R.S. and P.M. Hayward. 1982. The ecology of *Sphagnum*, p. 229-289. In: A.J.E. Smith ed. Bryophyte Ecology. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- Díaz, F., J. Larraín, G. Zegers y C. Tapia. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 455-468.
- Glime, J.M. 2007. Economic and ethnic uses of bryophytes, p. 14-41. In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). *Flora of North America North of Mexico*. New York & Oxford. Vol. 27.
- Larraín, J. 2011. Caracterización florística de turberas de la Región de Magallanes, Chile. Informe técnico. INIA-Kampenaiké, 12 pp.
- 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, p. 295-329. In: A.J.P. Gore (ed.) *Mires, swamp, bog, fen and moor*. Elsevier. Amsterdam, Holanda.
- Roig, C. 2004. Antecedentes sobre las turberas en Tierra del Fuego, p. 33-44. En: D. Blanco y V. De La Balze (eds.) *Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Wetlands internacional (Buenos Aires) Publicación 19.
- Roivainen, H. 1954. Studien über die Moore Feuerlands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* 28: 1-205.
- Rozzi, R., J.J. Armesto, B. Goffinet, W. Buck, F. Massardo, J. Silander, M.T.K. Arroyo, S. Russell, C.B. Anderson, L.A. Cavieres and J.B. Callicott. 2008. Changing lenses to assess biodiversity: patterns of species richness in sub-Antarctic plants and implications for global conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6, doi: 10.1890/070060.
- Skottsberg, C. 1909. Pflanzenphysiognomische beobachtungen aus dem Feuerlande. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903*. Stockholm, 63 pp. + 4 figuras.
- Skottsberg, C. 1916. Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. V. Die Vegetationsverhältnisse längs der Cordillera de los Andes S. von 41° S. Br. Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation in Chiloé, West-Patagonien, dem Andinen Patagonien und Feuerland. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*. 53(5): 1-366.



Capítulo 6

Flora y vegetación de turberas de la Región de Magallanes

Erwin Domínguez Díaz¹, Débora Vega-Valdés¹, Orlando Dollenz², Rodrigo Villa-Martínez³, Juan Carlos Aravena³, Juan Marcos Henríquez⁴, Christian Muñoz-Escobar⁵

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA - Kampenaiké. Casilla 277, Punta Arenas, Chile. ²Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes. ³Gaia-Antártica, Universidad de Magallanes. ⁴Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes. ⁵Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. E-mail: edominguez@inia.cl



Introducción

Las turberas corresponden a humedales de zonas de clima frío a frío-templado, dominados por plantas hidrófilas que producen y acumulan materia orgánica (i.e. turba) y se desarrollan en un medio saturado de agua, ácido o básico, sobre un sustrato carente de oxígeno (Ramsar, 2004). Se distribuyen principalmente en el Hemisferio Norte, mientras que en el Hemisferio Sur se extienden al sur de Sudamérica, en Chile y Argentina, y también en Nueva Zelanda (Gunnarsson, 2005; Díaz *et al.*, 2008). En

el Hemisferio Norte las turberas han sido ampliamente explotadas, aumentando su demanda por la agroindustria y la minería. Es por ello que para el sur de Chile, particularmente en Magallanes, se visualiza un nuevo polo de desarrollo para la industria minera de extracción de turba, el cual aumentará la presión sobre este recurso a través del tiempo.

Las turberas de Magallanes han recibido poca atención en la literatura científica (Loisel y Yu,



co Carl Skottsberg (1909), describió las plantas dominantes en una turbera de *Sphagnum* en las cercanías de Ushuaia y escribió una sinopsis de las comunidades vegetales de los Andes australes, incluyendo tanto las criptógamas, como las plantas vasculares (Skottsberg, 1916). Más tarde vendría una serie de estudios cartográficos hechos en las turberas de Tierra del Fuego (Bonarelli, 1917) y fitosociológicos en la Isla Grande de Tierra del Fuego, en el continente y en los canales magallánicos (Roivainen, 1954; Oberdorfer, 1960). Además, se destacan los estudios de Pisano (1977, 1981, 1983a, 1983b) enmarcados entre las latitudes 52° y 56° sur, cuyo resultado es la clasificación más detallada que existe de este tipo de ecosistemas en Magallanes. Este autor clasificó las turberas en: i) pulvinadas y graminoideas, dominantes en la región archipelágica y ii) de *Sphagnum*, asocia-

das a los bosques magallánicos perennifolio y deciduo. Finalmente, Pisano (1992) y Gajardo (1994) presentan cartografías de las comunidades vegetales de la Región de Magallanes en las que incluyen tanto a las turberas de los archipiélagos como a las continentales e identifican las Turberas de *Sphagnum* y las pulvinadas como unidades de vegetación asociadas a los bosques perennifolios.

Autores como Blanco y de la Balze (2004) y Ruiz y Doberti (2005) han propuesto clasifica-

ciones de las turberas basadas en el procesamiento de imágenes satelitales, el primero a escala de Fuego-Patagonia y el segundo a nivel de la Región de Magallanes. Otro estudio plantea que existen turberas oceánicas-patagónicas, de ambientes archipelágicos, formadas por plantas pulvinadas, no representadas en el Hemisferio Norte; y turberas continentales patagónicas de *Sphagnum*, similares a las boreales (Kleinebecker et al., 2007). Pliscoff y Luebert (2008), por su parte, proponen una nueva clasificación de las turberas: i) turbera templada costera de *Donatia fascicularis* y *Oreobolus obtusangulus*, ii) turbera antiboreal costera de *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis*, iii) turbera antiboreal costera de *Bolax bovei* y *Phyllachne uliginosa*, y iv) turbera templada-antiboreal interior de *Sphagnum magellanicum* y *Schoenus antarcticus*.

Todos estos trabajos entregan diversos y complejos tipos de clasificaciones, listas parciales de plantas, así como descripciones de las unidades vegetales en términos cualitativos a diferentes escalas espaciales. Por esta razón, el objetivo de este capítulo es analizar la estructura, composición en especies y la diversidad de las turberas de la Región de Magallanes a lo largo de gradientes latitudinales y longitudinales que representan la heterogeneidad ambiental de esta región.

La urgencia de esta investigación está fundamentada pues en la actualidad,

a la ya tradicional actividad extractiva de turba para combustible, se ha sumado un desarrollo del comercio extractivo de turba para su uso como embalaje de bulbos en Chile (e.g.: *Lilium*), los que son exportados a Holanda, China y Estados Unidos (ODEPA, 2013). Otra actividad productiva vinculada a las turberas es la cosecha de musgo de *Sphagnum* que es utilizado para el cultivo de orquídeas en países asiáticos (Zegers et al., 2006). Todas estas actividades se llevan a cabo aun cuando se desconocen muchos aspectos básicos de la clasificación, ecología y dinámica de este tipo de vegetación.



2013), dada la dificultad logística que implica el estudio de este tipo de ecosistema por la gran extensión geográfica (Ruiz y Doberti, 2005; Pliscoff y Luebert, 2008) y escasez de redes viales para acceder a ellas (Henríquez, 2004; Kleinebecker et al., 2010). No obstante, las turberas siempre han llamado la atención de numerosos naturalistas que visitaron Magallanes. Por ejemplo, Charles Darwin en 1834 en su paso por el Estrecho de Magallanes, describió las turberas de Tierra del Fuego (Hauser, 1996). Posteriormente, el botánico y explorador sue-

Metodología

Área de estudio

Dado el contexto regional del trabajo, nuestra área de estudio se focaliza exclusivamente en Magallanes. El levantamiento de la flora y la vegetación está basado en el estudio de 50 puntos de muestreo que se ubican entre los paralelos 48° y 56° de latitud sur y los meridianos 67° y 76° longitud oeste (Figura 1); la ubicación exacta de ellos y el tipo de turbera que albergan (según Pisano, 1977) se indica en la Tabla 1.

Las turberas analizadas se sitúan en tres regiones fisiográficas: la del archipiélago, la de la Cordillera de los Andes y la subandina oriental (Pisano, 1977). Los tipos climáticos que corresponden a las tres regiones son: ETk'c, de tundra isotérmica; Cfk'c, templado frío con gran hu-

medad; y Dfk'c, transandino con degeneración esteparia (Pisano, 1977). Los tipos de suelos presentes son: los histosoles, caracterizados por su gran cantidad de materia orgánica y por ser porosos, razón por la que retienen agua (USDA Soil Taxonomy, 1998); los podsoles y los pardo podzólicos (Pisano, 1977; Sáez, 1995).

De acuerdo con Pisano (1977), se consideran para el análisis los siguientes tipos fisonómicos de turbera: graminiforme, pulvinada y de *Sphagnum* (Anexo 1). En relación con su localización geográfica se distinguen dos tipos de turberas: las continentales y las insulares. Los tipos de turbera, tanto fisonómico como geográfico, para cada localidad se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de los sitios de muestreo de las turberas de la Región de Magallanes, Chile.

Sitio	Coordenadas geográficas			
	Latitud	Longitud	Tipo geográfico	Tipos fisonómicos de turberas
1 - Isla Wollaston	55°44'48.27"S	67°22'35.52"O	Insular	Pulvinada
2 - Pen. Muñoz G. B. Convenio	52° 9'20.02"S	72°39'35.50"O	Continental	Pulvinada
3 - Pen. Muñoz G. B. Tranquila	52° 3'44.46"S	72°45'24.85"O	Continental	Pulvinada
4 - Pen. Muñoz G. A. Sin Salida	52°13'0.00"S	72°19'60.00"O	Continental	Pulvinada
5 - Isla Deceit	55°52'60.00"S	67° 6'60.00"O	Insular	Pulvinada
6 - Isla Bayly	55°37'36.90"S	67°35'41.11"O	Insular	Pulvinada
7 - Glaciar Europa	50°12'22.00"S	74° 0'22.88"O	Continental	Pulvinada
8 - Bahía Tilly	53°34'45.98"S	72°24'8.88"O	Insular	Pulvinada
9 - Isla Kalau, sector sur	49°25'8.38"S	75°28'9.59"O	Insular	Pulvinada
10 - Isla Madre de Dios	50° 5'14.05"S	75° 7'40.91"O	Insular	Pulvinada
11 - Lago Valdera	49°22'0.00"S	74°26'0.00"O	Insular	Pulvinada
12 - Seno Wald	48°49'54.62"S	74°35'36.47"O	Insular	Pulvinada
13 - Isla Orella	48°53'17.55"S	75° 7'29.64"O	Insular	Pulvinada
14 - Seno White	49°56'23.44"S	74°34'28.77"O	Continental	Graminiforme
15 - Balmaceda II	51°28'11.51"S	73°16'39.68"O	Continental	Graminiforme
16 - Taraba I	51°47'47.17"S	73°29'20.67"O	Continental	Graminiforme
17 - Glaciar Ema	54°25'46.39"S	70°42'26.49"O	Insular	Graminiforme

Sitio	Coordenadas geográficas			
	Latitud	Longitud	Tipo geográfico	Tipos fisonómicos de turberas
18 - Río Batchelor	53°31'12.03"S	72°17'29.45"O	Continental	Graminiforme
19 - Bahía Mussel I Isla Carlos III	53°37'33.50"S	72°19'15.18"O	Insular	Graminiforme
20 - Bahía Dean	53°49'0.00"S	72°19'10.00"O	Insular	Graminiforme
21 - Bahía Tres Islas	53°29'3.35"S	72°22'41.50"O	Continental	Graminiforme
22 - Fiordo Toro	53°26'1.69"S	72°34'29.29"O	Insular	Graminiforme
23 - Bahía Edimburgo	49°19'49.24"S	74°19'12.94"O	Continental	Graminiforme
24 - Bahía Elizabeth, Pío XI	49°15'29.70"S	74° 5'53.76"O	Continental	Graminiforme
25 - Estero Falcon	49°31'1.22"S	73°54'57.20"O	Continental	Graminiforme
26 - Fiordo Encuentro	51°44'60.00"S	73°34'60.00"O	Continental	Graminiforme
27 - Fiordo Norte	51° 3'43.69"S	73°49'40.78"O	Continental	Graminiforme
28 - Isla Esmeralda, Canal Mutilla	48°52'23.03"S	75°31'52.47"O	Insular	Graminiforme
29 - Lago Azul, Puerto Bellavista	51°28'47.27"S	73°17'26.18"O	Continental	Graminiforme
30 - Balmaceda 1	51°27'57.30"S	73°15'49.51"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
31 - Pen. Muñoz G. Caleta Dora	52°12'55.55"S	72°34'42.76"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
32 - Río Batchelor	53°31'46.20"S	72°15'51.87"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
33 - Tyndall I	51°15'0.00"S	73°11'0.00"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
34 - Bahía Mussel II Isla Carlos III	53°37'31.47"S	72°19'22.58"O	Insular	<i>Sphagnum</i>
35 - Cutter Cove	53°22'20.47"S	72°23'42.37"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
36 - Isla Rupert	53°39'43.75"S	72°12'59.88"O	Insular	<i>Sphagnum</i>
37 - Estero Asia	50°29'38.17"S	73°43'46.74"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
38 - Ventisquero J. Montt	48°14'54.96"S	73°32'44.26"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
39 - Isla Focus	51°53'26.49"S	72°42'59.23"O	Insular	<i>Sphagnum</i>
40 - San Lucas	52° 8'36.59"S	72° 5'14.95"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
41 - Lago Deseado	54°22'10.21"S	68°46'18.75"O	Insular	<i>Sphagnum</i>
42 - Laguna Parrillar	53°26'12.93"S	71°18'7.44"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
43 - San Juan	53°39'9.23"S	70°59'32.53"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
44 - Seno Obstrucción	52°11'0.56"S	72°30'10.48"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
45 - El Sapo	51°16'18.69"S	72°51'56.41"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
46 - Rubens	52° 2'7.72"S	71°55'42.21"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
47 - Carolina	53°10'28.10"S	71°21'0.14"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
48 - Paulina	53° 9'58.98"S	71°21'40.14"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
49 - Valentina	53° 9'50.04"S	71°20'3.80"O	Continental	<i>Sphagnum</i>
50 - Gilberto	51°59'29.92"S	72°10'48.49"O	Continental	<i>Sphagnum</i>

Levantamiento de la información

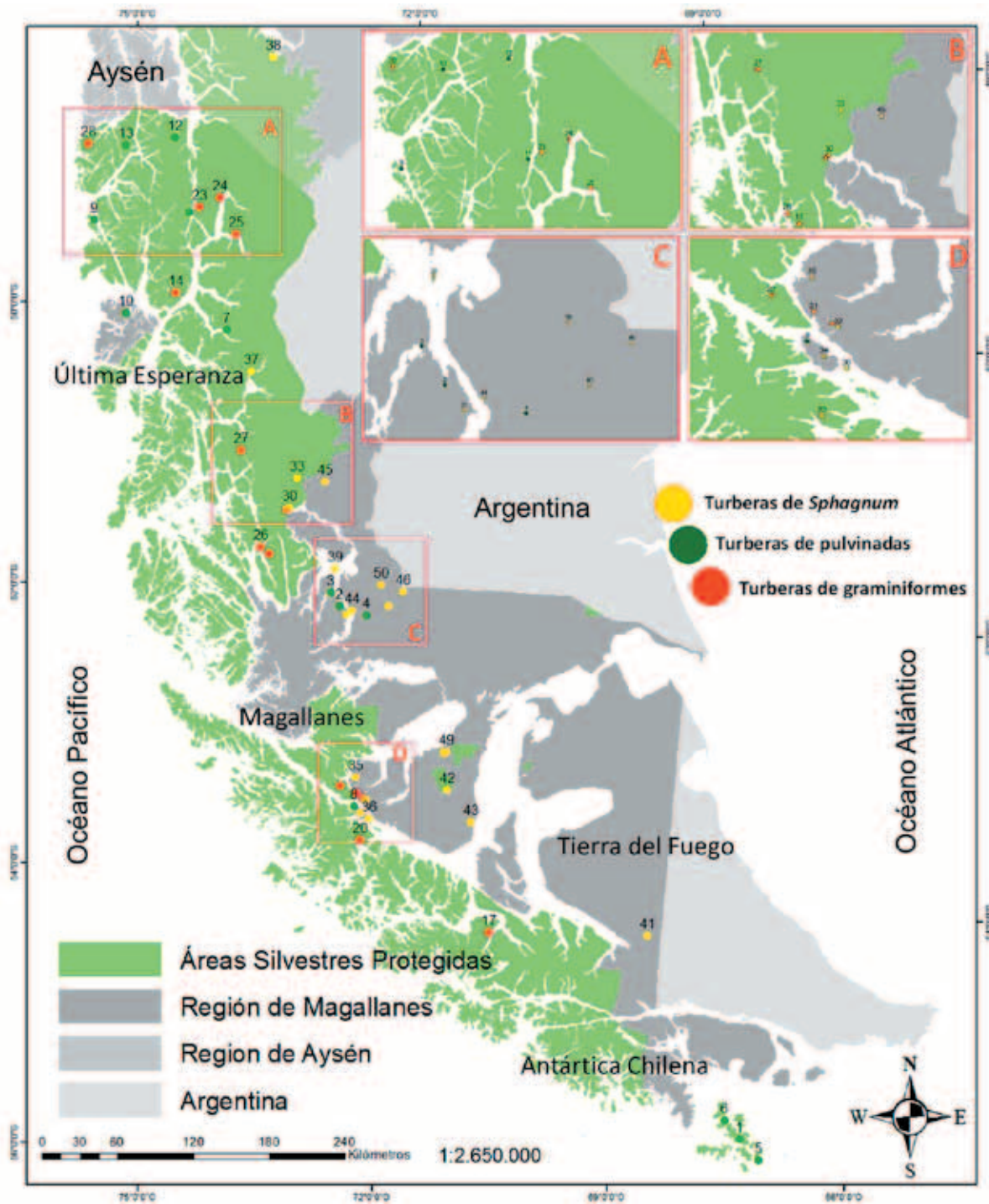


Figura 1. Distribución de las turberas estudiadas en un gradiente latitudinal y longitudinal en la Región de Magallanes dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE).



Para obtener la información que sirve de base a este estudio se muestrearon 38 turberas de la Región de Magallanes en los meses de primavera y verano entre 2007 y 2013. En cada sitio se analizaron 10 parcelas de 1 m². La información de las otras 12 turberas se extrajo de la literatura científica disponible sobre el tema: Dollenz (1980, 1982a, 1982b, 1983); Henríquez y Caamaño (2002) y Dollenz *et al.*, (2012). La ubicación de los 50 sitios analizados está disponible en la Figura 1.

Para dar cumplimiento a los objetivos de riqueza y de composición de la flora de las turberas de Magallanes, la metodología se basó en la observación directa y en la identificación en gabinete de material coleccionado y herborizado. Para determinar las plantas al nivel específico e infraespecífico se utilizó la literatura disponible, particularmente, Moore (1983), Correa (1984, 1998), Matthei (1995), Marticorena y Rodríguez (1995), Villagrán y Barrera (2002), Novoa *et al.*, (2006) y Rodríguez *et al.*, (2009); la nomenclatura de las especies sigue a Marticorena y Quezada (1985) y a las bases de datos de los catálogos "Flora Vascular del Cono Sur" (<http://www2.darwin.edu.ar/>) y "Plant Names" (<http://www.ipni.org/>).

Las muestras coleccionadas que sirven de base a este trabajo se depositaron en los herbarios HIP (Instituto de la Patagonia, U. de Magallanes) y CONC (Departamento de Botánica, U. de Concepción).

El análisis de la abundancia y diversidad de las turberas se basó en la estimación visual de la cobertura en las parcelas expresada en términos de porcentaje por especie. Para los datos extraídos de la literatura, en el caso de los estudios que utilizan tablas fitosociológicas de Braun - Blanquet (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), éstos fueron transformados utilizando el método de la escala de Van der Maarel (1979).

Análisis estadísticos



Para caracterizar la comunidad vegetal de cada sitio se estimó el número de especies (S), la cobertura vegetal (%) y el índice exponencial de entropía de Shannon ($\exp H'$, Jost 2006, 2007); este último basado en los números de Hill (Hill, 1973) modifica el clásico índice de Shannon (Shannon, 1948), transformándolo en un número efectivo de especies equivalente a una medida de diversidad (Jost, 2006). Por cada parámetro comunitario se construyó una semi-matriz de distancia euclidiana (Legendre y Legendre, 1983) entre pares de observaciones. Luego, con el objeto de hacer un test para evaluar diferencias entre los tipos fisonómicos de turbera, graminiforme, pulvinada y de *Sphagnum*, y entre las zonas geográficas: insular y continental, se realizó un análisis de varianza basado en permutaciones (PERMANOVA, Anderson 2001). Este procedimiento es equivalente a un análisis de varianza estándar (ANOVA), pero la flexibilidad y la robustez de esta aproximación, basada en permutaciones a partir del algoritmo de MonteCarlo (MC) (Anderson y Robinson, 2003),

reducen la necesidad que las variables cumplan con los supuestos de normalidad.

Por otro lado, para evaluar la estructuración de la composición vegetal entre los tipos de turbera graminiforme, pulvinada y de *Sphagnum* y entre las zonas terrestres, insular y continental, se realizaron diversos análisis de tipo PERMANOVA (Anderson, 2001). Para ello, se generaron semi-matrices entre los sitios de muestreo, considerando las coberturas por especie entre muestras mediante índice de Bray-Curtis (Clarke *et al.*, 2006). Las coberturas de las especies fueron transformadas a raíz cuadrada, dada la dominancia de 2-3 especies en todo el ensamble (Clarke y Green, 1988). Finalmente, se estimó el porcentaje de similitud de los grupos (SIMPER; Clarke, 1993) previamente evaluados, para identificar a las especies que contribuyen en al menos un 90% en la composición vegetal de las turberas de Magallanes. Tanto los análisis univariados, como los multivariados, se llevaron a cabo mediante los programas PRIMER-E v6.1.12 (Clarke y Gorley, 2006) y PERMANOVA+ v1.0.2 (Anderson *et al.*, 2008).



Resultados

Riqueza y composición

La flora de las turberas en este estudio reúne a 126 especies, clasificadas en 89 géneros, 57 familias, 39 órdenes, 9 clases, 5 divisiones y 2 reinos (Tabla 2). Las clases con mayor riqueza de especies son: Magnoliopsida con 58 y Liliopsida con 37; las con menor, Jungermanniopsida,

Lycopsida y Polypodiopsida. Las familias con el mayor número de especies fueron Asteraceae con 15, Cyperaceae con 14 y Poaceae con 9. La gran mayoría de las familias presentó un número reducido de especies (1-2).

Tabla 2. Estructura taxonómica de la flora de las turberas de la Región de Magallanes, Chile.

CLASES	FAMILIAS	GÉNEROS	N° ESPECIES	ESPECIES (%)
Magnoliopsida	27	40	58	46
Liliopsida	11	25	37	29
Bryopsida	4	5	9	7
Lecanoromycetes	5	7	8	6
Filicopsida	3	4	6	5
Pinopsida	3	3	3	2
Jungermanniopsida	2	2	2	2
Lycopsida	1	2	2	2
Polypodiopsida	1	1	1	1
Total	57	89	126	100



Tabla 3. Riqueza de especies por hábito y origen biogeográfico para las turberas en Magallanes.

HÁBITO	Nativa	Endémica	Total por Hábito
Árbol	0	8	8
Arbusto	2	6	8
Subarbusto	5	12	17
Hierba perenne	24	48	72
Hierba anual	0	2	2
Epífitas*	19	0	19
Total	50	76	126

* Las criptógamas no serán analizadas en este capítulo y son incluidas dentro de este tipo de hábito.



Las especies más frecuentes por sitio fueron: *Myrteola nummularia*, presente en 41 de los sitios; *Marsippospermum grandiflorum*, en 37; *Nothofagus betuloides*, en 35; y *Drosera uniflora*, en 34. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron: la Isla Bayly con 41, seguida por la de Wollaston; la Península Muñoz Gamero, sector de Bahía Convenio y El Sapo, todas con 40. La localidad con menor riqueza fue la de Rubens con 9 (Tabla 4,

De las 107 especies de plantas vasculares, 76 son endémicas para el Cono Sur de América (Argentina y Chile), distribuidas en 57 géneros y 39 familias. Las familias mejor representadas son Asteraceae con 11 y Cyperaceae con 7. Al determinar la riqueza de endemismo por hábito las hierbas perenne y subarbutos son los mejores representados con 72 y 17 especies respectivamente (Tabla 3). Entre las especies endémicas destacan dos orquídeas: *Chloraea gaudichaudii* que representa el primer reporte para este tipo de ambiente y *Gavilea araucana*, el segundo (Domínguez y Bahamonde, 2013). En este estudio no se reportan especies exóticas introducidas intencional o accidentalmente.

Anexo).

De acuerdo con las propuestas de Rodríguez en Benoit (1989), Baeza *et al.*, (1998), Walter y Gillett (1998), Rodríguez *et al.* (2008 y 2009), se encontraron 10 especies incluidas en alguna categoría de amenaza, siete en la de **vulnerable**, los helechos, *Hymenophyllum falklandicum*, *H. secundum*, *H. tortuosum* y *Schizaea fistulosa* y las coníferas, *Lepidothamnus fonkii*, *Pilgerodendron uviferum* y *Podocarpus nubigena*; una en la de **rara**, la lycopodiácea *Lycopodium confertum* y una **insuficientemente conocida**, el helecho *Serpyllopsis caespitosa* (Gaudich.) C. Chr. var. *caespitosa*)

Tabla 4. Distribución de la riqueza de especies por localidad y grupo taxonómico en las turberas en la Región de Magallanes.

División Localidades/Clase	Magnoliophyta MAGNO	LILIO	Pinophyta PINOP	Pteridophyta LYCOP	FILIC POLYP	Bryophyta BRYOP	JUNGER	Ascomycota LECAN	N° ESPECIES
Isla Bayly	26	12	0	0	2	1	0	0	41
Isla Wollaston	24	13	0	0	2	1	0	0	40
P.M.G.B. Convenio	22	14	2	0	1	0	0	0	40
El Sapo	17	16	1	0	0	1	3	2	40
Isla Deceit	24	11	0	0	2	1	0	0	38
Glaciar Europa	23	9	3	1	0	0	1	0	37
Balmaceda 2	21	10	2	1	1	0	1	0	36
Glaciar Ema	22	13	0	0	1	0	0	0	36
Fiordo Encuentro	22	8	2	1	1	0	1	0	35
San Juan	13	8	0	0	0	1	5	0	31
Lago Azul/P. Bellavista	16	7	2	2	2	0	0	0	29
Valentina	11	5	0	0	0	0	5	1	27
Estero Falcon	16	7	2	1	0	0	0	0	26
Fiordo Norte	13	9	2	0	0	1	1	0	26
Seno White	15	9	2	0	0	0	0	0	26
Laguna Parrillar	11	6	0	0	0	0	5	4	26
Carolina	11	5	0	0	0	0	5	4	26
P.M.G.B. Tranquila	16	5	1	0	2	1	0	0	25
Isla Madre de Dios	14	7	2	0	1	0	1	0	25
P.M.G.Caletta Dora	13	7	1	0	1	1	1	0	24
Taraba 1	12	10	1	0	0	0	0	0	23
Isla Kalau/Sur	12	8	1	0	0	0	1	0	23
Isla Orella	15	6	2	0	0	0	0	0	23
Isla Focus	12	5	2	0	0	0	2	2	23
Cutter Cove	11	7	1	0	0	0	2	1	22
Seno Wald	14	5	2	1	0	0	0	0	22

División Localidades/Clase	Magnoliophyta MAGNO	LILIO	Pinophyta PINOP	Pteridophyta LYCOP	FILIC	POLYP	Bryophyta BRYOP	JUNGER	Ascomycota LECAN	Nº ESPECIES
Bahía Tilly isla Carlos III	10	6	1	0	1	0	2	0	0	20
Bahía Dean	12	7	0	0	1	0	0	0	0	20
Bahía Tres Islas	11	8	0	0	1	0	0	0	0	20
Fiordo Toro	11	8	0	0	1	0	0	0	0	20
Bahía Edimburgo	9	8	2	0	0	0	1	0	0	20
Balmaceda 1	10	4	1	0	1	1	2	0	0	19
Lago Valdera	8	6	2	0	0	0	2	0	1	19
San Lucas	8	4	0	0	0	0	5	0	2	19
Paulina	9	3	0	0	0	0	3	0	4	19
B. Elizabeth Pío XI	7	7	1	0	0	0	2	0	1	18
I. Esmeralda/Mutilla	7	7	2	0	1	0	1	0	0	18
B. Mussel 1, I. Carlos III	7	7	0	0	1	0	2	0	0	17
Seno Obstrucción	7	4	2	0	0	0	2	0	2	17
B. Mussel 2, I. Carlos III	10	4	0	0	0	1	1	0	0	16
Estero Asia	8	5	1	0	0	0	2	0	0	16
Ventisquero J. Montt	7	5	1	0	0	0	2	0	0	15
Río Batchelor 1	9	3	0	0	0	1	2	0	0	15
Isla Rupert	9	3	0	0	1	0	1	0	1	15
P.M.G.A. Sin Salida	9	4	0	0	1	0	0	0	0	14
Tyndall 1	6	5	1	0	0	1	1	0	0	14
Río Batchelor 2	8	5	0	0	1	0	0	0	0	14
Lago Deseado	7	3	0	0	0	0	2	0	1	13
Gilberto	5	3	0	0	0	0	2	0	1	11
Rubens	6	1	0	0	0	0	1	0	1	9

Simbología de los grupos taxonómicos: MAGNO = Magnoliopsida; LILIO = Liliopsida; PINOP = Pinopsida; LYCOP = Lycopsida; FILIC = Filicopsida; POLYP = Polypodiopsida; BRYOP = Bryopsida; JUNGER = Jungermanniopsida; LECAN = Lecanoromycetes.



La composición de la flora de las turberas, expresada en las especies registradas en este estudio, se muestra en el Anexo 2 y 3.

Para los parámetros comunitarios estimados, sólo se observaron diferencias significativas al considerar los tipos fisonómicos de turberas (Tabla 5).

En cuanto al número de especies (S), se observó que las turberas de tipo *Sphagnum* presentan la menor riqueza con $19,91 \pm 1,59$, con una diferencia significativa respecto de las pulvinadas que alcanzan a $28,23 \pm 2,63$, pero no así de las graminiformes, que llegan a $24 \pm 1,74$ (Figura 2A, Tabla 6). Al considerar la cobertura vegetal, se observa que las Turberas de *Sphagnum* presentan los mayores valores porcentuales, $93,15 \pm 1,39\%$ y tienen diferencias significativas con las turberas graminiformes que alcanzan a un $79,61 \pm 5,25\%$ y con las pulvinadas que llegan a un $69,59 \pm 4,93\%$, los porcentajes de estas últimas no difieren, sin embargo, entre sí (Figura 2B, Tabla 6).

Por otra parte, en términos de diversidad o del número efectivo de especies ($\exp H'$), se observan valores mayores, significativos, en las turberas graminiformes con $7,47 \pm 0,74$ y en las pulvinadas, con $9,28 \pm 0,91$, en comparación con las de *Sphagnum*, las que muestran la menor diversidad con $4,68 \pm 0,37$ (Figura 2C, Tabla 6).

Al evaluar las diferencias en cuanto al tipo fisonómico de turbera, la zona terrestre en que se encuentran y su interacción se encontraron diferencias significativas (Tabla 7). De esta forma, obtuvimos que las turberas de tipo pulvinadas difieren entre sí según su procedencia geográfica ($t = 1,648$, $P(\text{MC}) = 0,028$), mientras que este patrón no se repite para las graminiformes ($t = 1,218$, $P(\text{MC}) = 0,18$) y de *Sphagnum* ($t = 0,696$, $P(\text{MC}) = 0,876$). Por otro lado, al realizar las comparaciones intra-sector geográfico, todos los tipos de turberas difieren entre sí (Tabla 8).

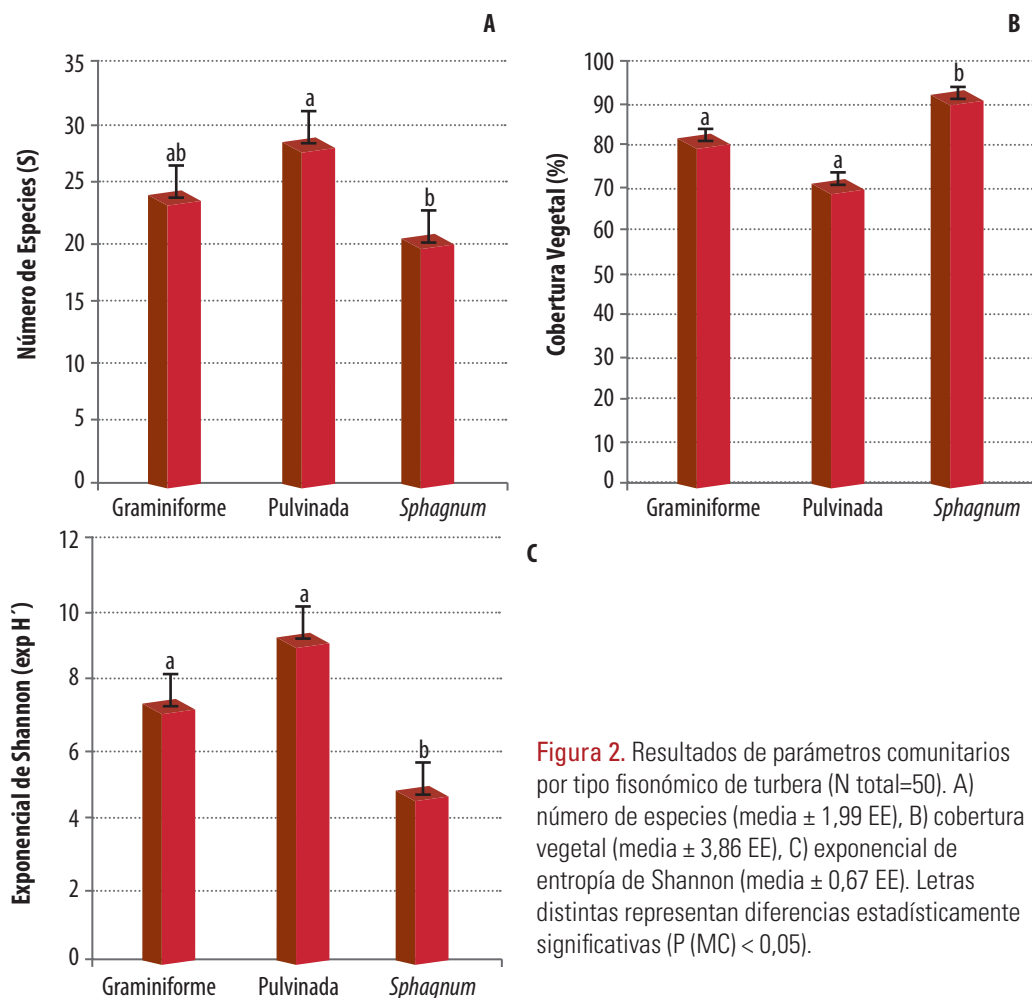


Figura 2. Resultados de parámetros comunitarios por tipo fisonómico de turbera (N total=50). A) número de especies (media ± 1,99 EE), B) cobertura vegetal (media ± 3,86 EE), C) exponencial de entropía de Shannon (media ± 0,67 EE). Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas (P (MC) < 0,05).

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza basado en permutaciones (PERMANOVA) para las diferencias del número de especies (S), la cobertura vegetal (%) y la exponencial de entropía de Shannon (exp H'), utilizando suma de cuadrados tipo III basado en 50.000 permutaciones de residuos bajo un modelo reducido. P (MC): valor de p, obtenido mediante el algoritmo de MonteCarlo. Valores de P(MC) < 0,05, destacados en negrita.

FUENTE	g.l.	NÚMERO DE ESPECIES (S)				COBERTURA VEGETAL (%)			
		SS	MS	Pseudo-F	P(MC)	SS	MS	Pseudo-F	P(MC)
Tipo fisonómico de Turberas (TT)	2	568	284	4,453	0,017	3.708,4	1.854,2	7,504	0,002
Zona Terrestre (ZT)	1	60,53	60,53	0,949	0,334	55,744	55,74	0,226	0,637
TT x ZT	2	11,59	5,79	0,091	0,914	278,82	139,41	0,564	0,574
Residuos	44	2.806	63,77			10.872	247,09		
Total	49	3.447,8				15.905			
EXPONENCIAL DE SHANNON (EXP H')									
FUENTE	g.l.	SS	MS	Pseudo-F	P(MC)				
Tipo fisonómico de Turberas (TT)	2	163,86	81,93	11,957	< 0,001				
Zona Terrestre (ZT)	1	9,83	9,83	1,435	0,239				
TT x ZT	2	6,75	3,37	0,492	0,613				
Residuos	44	301,5	6,85						
Total	49	498,25							

Tabla 6. Resultados de pruebas pareadas entre tipos fisonómicos de turberas (pulvinada, graminiforme y de *Sphagnum*), para las diferencias entre el número de especies (S), la cobertura vegetal (%) y la exponencial de entropía de Shannon (exp H'), utilizando una suma de cuadrados tipo III basado en 50.000 permutaciones de residuos bajo un modelo reducido. P(MC): valor de p, obtenido a través del algoritmo de MonteCarlo. Valores de P(MC) < 0,05 destacados en negrita.

	NÚMERO DE ESPECIES (S)		COBERTURA VEGETAL (%)		EXPONENCIAL DE SHANNON	
	t	P(MC)	t	P(MC)	t	P(MC)
Pulvinada - <i>Sphagnum</i>	2,848	0,008	4,789	< 0,001	5,313	< 0,001
Pulvinada - Graminiforme	1,446	0,160	1,031	0,313	1,821	0,079
<i>Sphagnum</i> - Graminiforme	1,717	0,093	2,804	0,009	3,152	0,004

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza basado en permutaciones (PERMANOVA) para las diferencias de la cobertura vegetal entre especies por sitio, utilizando el índice de Bray-Curtis. Se usó una suma de cuadrados tipo III basado en 50.000 permutaciones de residuos bajo un modelo reducido. P(MC): valor de p, obtenido mediante el algoritmo de MonteCarlo. Valores de P(MC) < 0,05, destacados en negrita.

FUENTE	g.l.	Similitud de Bray-Curtis			
		SS	MS	Pseudo-F	P(MC)
Tipo fisonómico de Turberas (TT)	2	36.037	18.018	11,888	< 0,001
Zona Terrestre (ZT)	1	3.013,3	3.013,3	1,988	0,034
TT x ZT	2	5.274,7	2.637,4	1,74	0,029
Residuos	44	66.688	1.515,6		
Total	49	125.680			

Tabla 8. Resultados de pruebas pareadas para las coberturas por especies, utilizando una suma de cuadrados tipo III basado en 50.000 permutaciones de residuos bajo un modelo reducido. En la diagonal, se observan valores del estadístico t entre tipos geográficos (zona continental - zona insular) y los tipos fisonómicos de turberas (graminiforme, pulvinada y de *Sphagnum*). Bajo la diagonal (en gris), se observan valores del estadístico t entre las comparaciones de los tipos geográficos y fisonómicos.

Z Continental / Z Insular	Graminiforme	Pulvinada	<i>Sphagnum</i>
	Graminiforme	1,218	1,619*
Pulvinada	1,609*	1,648*	2,732**
Esfagnosa	2,701**	2,875**	0,696

* P(MC) < 0,05 ; ** P(MC) < 0,001

El análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) basado en la cobertura (%) por especie, indica que las turberas graminiformes presentan una similitud promedio de 43.36% y están caracterizadas por un total de 18 especies; destacando *Schoenus antarcticus* (20,09%), *Donatia fascicularis* (13,18%) y *Astelia pumila* (9,62%). Las turberas pulvinadas del sector continental presentan una similitud promedio de 29,65% y se componen principalmente por 23 especies, donde la especie *Empetrum rubrum* presenta un 13,28% de contribución. Las turberas pulvinadas del

sector insular presentan una similitud promedio de 44,71% y están compuestas por un total de 20 especies, se destaca la presencia de *Astelia pumila* (28,19%) y *Donatia fascicularis* (12,18%). Finalmente, las Turberas de *Sphagnum* son las que presentan una mayor similitud promedio (52,45%) y están caracterizadas por un total de 12 especies; entre éstas se destacan *Sphagnum magellanicum* (45,31%) y *Empetrum rubrum* (15,58%) por presentar los valores más altos de cobertura que contribuyen a la estructuración entre los tipos de turberas (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados del análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), según los grupos evaluados en PERMANOVA, dada la cobertura vegetal (%) de especies por sitio. Especies que contribuyen aproximadamente un 10% o más a cada grupo están marcadas en gris.

Similitud Promedio (%)	Graminiforme (43.36)	Pulvinada Continental (29.65)	Pulvinada Insular (44.71)	<i>Sphagnum</i> (52.45)
	Contribución (%)			
<i>Acaena pumila</i>	2,73		2,14	
<i>Astelia pumila</i>	9,62	4,83	28,19	
<i>Caltha appendiculata</i>	3,52		2,21	
<i>Caltha dioneifolia</i>	2,27	1,03	5,06	
<i>Carex magellanica</i>				2,67
<i>Carpha schoenoides</i>	6,71	1,67		
<i>Cladonia rangiferina</i>				1,5
<i>Desfontainia fulgens</i>		3,91		
<i>Donatia fascicularis</i>	13,18	3,46	12,18	
<i>Drosera uniflora</i>	5,64		3,57	
<i>Embothrium coccineum</i>		2,91		
<i>Empetrum rubrum</i>		13,28		15,58
<i>Gaimardia australis</i>	2,1	1,19	4,72	
<i>Gaultheria antarctica</i>				1,43
<i>Gaultheria mucronata</i>		2,24		
<i>Gaultheria pumila</i>		2,5	1,39	1,15
<i>Lepidothamnus fonkii</i>	4,59		2,51	
<i>Lomatia ferruginea</i>		2,19		
<i>Luzuriaga marginata</i>		1,63		
<i>Marsippospermum grandiflorum</i>	2,4	2,54	1,4	8,22
<i>Misodendrum quadriflorum</i>		1,22		
<i>Myrteola nummularia</i>	4,74	7,69	3,29	2,78
<i>Nanodea muscosa</i>				2,52
<i>Nothofagus antarctica</i>	2,3	1,03	1,61	1,94
<i>Nothofagus betuloides</i>		9,17	2,88	2,47
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	3,84	1,03	5,54	
<i>Perezia magellanica</i>	1,59		1,61	
<i>Philesia magellanica</i>	1,72	6,14		
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	2,04	9,41	1,25	
<i>Schoenus andinus</i>		7,73	0,96	
<i>Schoenus antarcticus</i>	20,09		5,69	
<i>Sphagnum magellanicum</i>				45,31
<i>Tapeinia pumila</i>		1,03	3,04	
<i>Tepualia stipularis</i>		3,11		
<i>Tetroncium magellanicum</i>	1,54		1,27	4,75
Contribución Total	90,64	90,92	90,5	90,32
Número Total de Especies	18	23	20	12

Discusión

Riqueza y composición

La intensidad y esfuerzo de muestreo realizado en este estudio, permitió incrementar el conocimiento de la riqueza y composición de las turberas no intervenidas en la Región de Magallanes. Registramos en total 126 especies, de ellas 107 spp (86%) corresponden a plantas vasculares, las que representan un 14% de la flora vascular citada para la Región de Magallanes (Henríquez et al., 1995). La escasez de plantas no vasculares se explica porque consideramos principalmente los taxa conspicuos y de fácil identificación. Un análisis más completo de las criptógamas se encuentra en el Capítulo 5 de este mismo libro referido a Musgos y Hepáticas. Al analizar plantas vasculares respecto al grado de endemismo, en este estudio reportamos 76 spp catalogadas en dicha categoría y citadas en el Catálogo del Cono Sur de América (Zuloaga et al., 2014). Esto indica que una importante fracción de esta flora es exclusiva de las turberas en la Patagonia Austral (Blanco y de la Balze, 2004; Pliscoff y Luebert, 2008). Por otra parte, la ausencia de especies introducidas en las 50 turberas estudiadas, indica una escasa intervención humana generada por la colonización iniciada a fines del siglo XIX en Magallanes (Martinic, 1985). Seguramente las condiciones ambientales extremas descritas por San Martín et al., (1999), como el permanente anegamiento de este tipo de humedales, explican la ausencia de especies exóticas. Otra condición sería que la mayoría de las turberas ubicadas en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (Pauchard y Villaruel, 2002). En cambio, en la vertiente oriental esta situación se ha revertido por la construcción de caminos, los que han



permitido acceder a las turberas, especialmente a las de *Sphagnum*, como por ejemplo en los sectores de Río Rubens, Esperanza, Cameron, Andino, Parrillar y San Juan. Estos sectores han sido intervenidos por las empresas mineras que se dedican a la extracción de turba, generando la degradación de estos humedales debido al drenaje profundo, la eliminación de la cubierta vegetal y cambios en la topografía (Domínguez et al., 2012). A estos impactos se debe sumar el reciente interés por el musgo *Sphagnum*, que se cosecha sin ningún tipo de regulación en la Región de Magallanes, para su exportación a países asiáticos (Domínguez, 2014).

Estructura comunitaria y diversidad

Las diferencias de riqueza halladas entre las turberas pulvinadas y de *Sphagnum* se explicarían porque en estas últimas el musgo *Sphagnum* es dominante, formando un tapiz denso que puede llegar a tener una cobertura entre 45 a 70%, creciendo acompañado de briófitas, hepáticas y líquenes, con escasas plantas vasculares, debido a que éstas no toleran el anegamiento, anoxia y la escasez de nutrientes, como ha sido expuesto por Pisano (1977) y Roig *et al.*, (1985). Por otra parte, las plantas vasculares sólo pueden adquirir importancia en términos de frecuencia y cobertura, cuando el musgo se eleva dando origen a un domo, alejándose del nivel freático, este fenómeno genera un efecto llamado nodriza, similar al que ha sido descrito para plantas altoandinas que crecen en forma de cojín (Cavieres *et al.*, 2005). Esto facilita el establecimiento de ciperáceas, juncáceas y poáceas, incluso plantas leñosas como *Empetrum rubrum* y *Gaultheria pumila* sobre el musgo elevado. Sin embargo, esta dinámica no genera una mayor riqueza de

especies en comparación a las turberas pulvinadas en donde las dominantes, siempre son las plantas vasculares.

La mayor cobertura hallada entre las turberas graminiformes y pulvinadas respecto a las de *Sphagnum*, se debe a que las dos primeras se desarrollan en territorios desglaciados, corrientemente planos o ligeramente ondulados, con alturas que no superan los 300 m.s.n.m., con precipitaciones entre los \pm 1.500 a 6.000 mm anuales, escasa amplitud térmica, alta nubosidad y fuertes vientos en el verano, adquiriendo importancia éstas en la provincia biótica del Complejo de Tundra de Magallanes. En cambio, las Turberas de *Sphagnum* adquieren importancia en las provincias bióticas del Bosque Perennifolio y Deciduo en ambientes continentales e insulares, esto se ajusta a lo descrito por Pisano, 1977; Schwaar, 1979; Pisano, 1981; Moore, 1983; Roig *et al.*, 1985; Kleinebecker *et al.*, 2010. Estas turberas presentan una menor riqueza, especialmente de plantas



vasculares, siendo las plantas criptógamas en este tipo de turberas las más importantes en términos de cobertura y frecuencia con respecto a las otras. Sin embargo, nosotros en este estudio sólo incluimos a los taxones más conspicuos de las criptógamas, quizás por esa razón este tipo de turberas presentó un menor número de especies (S). Por otra parte, las turberas pulvinadas difieren de las de *Sphagnum*, primero en que éstas son más diversas (exp H') en relación a la presencia de plantas vasculares, esto se debería a que éstas se desarrollan sobre un sustrato mineral con mayor disponibilidad de nutrientes (Pisano 1977, 1992), lo mismo ocurre con las turberas graminiformes que se desarrollan sobre un suelo mineral, presentando una mayor riqueza y diversidad en comparación a las Turberas de *Sphagnum* halladas en este estudio.

Los análisis estadísticos permitieron discriminar

la existencia de 4 grupos de turberas: un grupo son las graminiformes, otro las de *Sphagnum* y las pulvinadas formaron dos grupos, las del sector continental y las del sector insular. En el sector insular las diferencias halladas se relacionan a la ausencia de tres especies: *Empetrum rubrum*, *Philesia magellanica* y *Luzuriaga marginata*, todas ellas se caracterizan por su síndrome de dispersión que corresponde a endozoocoría. Es muy probable que no exista dispersión de propágulos desde el continente a las islas, pero en este estudio no se hicieron muestreos de fauna que puedan validar este supuesto. En el caso particular del subarbusto *E. rubrum*, es un eficiente colonizador en el continente, especialmente en ambientes periglaciales (Dollenz, 1991; Domínguez *et al.*, 1999) y en pastizales naturales degradados (Borrelli y Oliva, 2001; SAG, 2004), adquiriendo importancia en las Turberas de *Sphagnum* que son drenadas profundamente

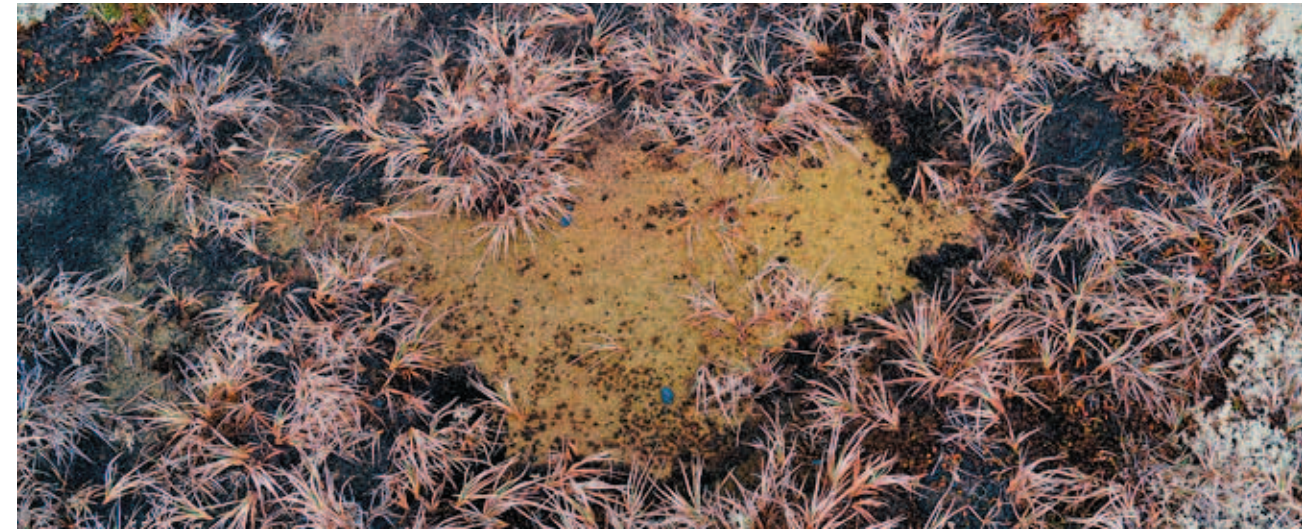


por la intervención minera en la extracción de turba (Domínguez *et al.*, 2012).

El análisis de similitud (SIMPER) sugiere que en las turberas gramínoformas la principal especie estructuradora es *Schoenus antarcticus*, una hierba perenne que crece en forma de macollo formando ambientes de pastizal duriherboso. Pisano (1977) consideraba a esta especie como dominante y característica del Complejo de Tundra de Magallanes, reconociendo que ésta forma una importante unidad de vegetación en términos territoriales. La mayor contribución de *S. antarcticus* dentro de las turberas gramínoformas, se debería a que esta especie crece en sectores donde la precipitación supera los 2.000 mm anuales, sobre una topografía semi-plana, ondulada o en laderas, en donde se desarrollan suelos relativamente profundos, ricos en materia orgánica humificada en los horizontes inferiores. En este tipo de turberas se producen acumulaciones de turba en los estratos superiores, presentando, a veces, evidencias de podzolización y con condiciones deficientes de drenaje, por lo que el suelo se mantiene per-

manentemente anegado (Pisano, 1977).

Asimismo, las turberas pulvinadas y gramínoformas se diferenciaron de las de *Sphagnum* debido a que aquellas son minerotróficas, presentan una escasa acumulación de materia orgánica en forma de turba, con un espesor no mayor al metro de profundidad, formadas mayoritariamente por plantas vasculares. En cambio las Turberas de *Sphagnum* son ombrofiticas, presentan un manto profundo de turba, siendo dos las especies que estructuran este tipo de turbera, el musgo *Sphagnum* y el subarbusto *Empetrum rubrum*, adquiriendo este último importancia en términos de cobertura y frecuencia cuando se produce una disminución del nivel freático en actividades mineras de extracción de turba (Domínguez *et al.*, 2012). Esta característica sugiere que se podría utilizar a la especie *E. rubrum* como un indicador biológico de los cambios en el nivel freático y también en la rehabilitación en trabajo de restauración como especie pionera.



Conclusiones

- La flora hallada en este estudio para las turberas pulvinadas, gramínoformas y de *Sphagnum* está formada por 126 especies nativas, de las cuales 76 spp son endémicas para América del Sur.
- No fueron halladas especies exóticas, en ningún tipo de turbera analizada en este estudio.
- La mayor riqueza y diversidad de especies fue hallada en las turberas pulvinadas y gramínoformas.
- Las Turberas de *Sphagnum* fueron las que presentaron mayor cobertura respecto a las turberas gramínoformas y pulvinadas.
- Este estudio reconoce cuatro tipos de turberas, ellas son: Turberas de *Sphagnum*, turberas gramínoformas, turberas pulvinadas continentales y turberas pulvinadas insulares. Es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo a escala regional para validar esta proposición de clasificación.
- Las plantas que estructuran las Turberas de *Sphagnum* son: el *Sphagnum magellanicum* y *Empetrum rubrum*.
- Es necesario profundizar el conocimiento de la biodiversidad de las turberas, especialmente de los grupos poco estudiados como son las criptógamas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Fondo de Desarrollo de Magallanes (FONDEMA) al programa "Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes". También queremos agradecer a Carlos Márquez por su valiosa colaboración en los trabajos de terreno y a Gabriel Quilahuilque por su trabajo de diseño gráfico.

Bibliografía

Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.

Anderson, M.J. and J. Robinson. 2003. Generalized discriminant analysis based on distances. *Australian & New Zealand Journal of Statistics* 45: 301-318.

Anderson, M.J., R.N. Gorley and K.R. Clarke (eds.). 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. 214 p. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.

Baeza, M., E. Barrera, J. Flores, C. Ramírez y R. Rodríguez. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47: 23-46.

Benoit, I.L. (Ed.). 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Primera parte). Santiago. 157 pp.

Blanco, D.E. y V.M. de la Balze. 2004. Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. *Wetlands International - América del Sur* 25 de Mayo 758 10° I (1002) Buenos Aires, Argentina.

Bonarelli, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, sección Geología, Mineralogía y Minería*. Buenos Aires, Argentina. Tomo XII, Núm 3. 120 pp.

Borrelli, P. y G. Oliva. 2001. Producción animal sobre pastizales naturales. Cap. 4 p. 101-130. En: Borrelli, P. y G. Oliva (Eds.): *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Centro Regional Patagonia Sur, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. 270 pp.

Broder, T., C. Blodau, H. Biester and H. Knorr. 2012. Peat decomposition records in three pristine ombrotrophic bogs in southern Patagonia. *Biogeosciences* 9: 1479-1491.

Cavieres, L.A., C.L. Quiroz, M.A. Molina-Montenegro, A.A. Muñoz and A. Pauchard. 2005. Nurse effect of the native cushion plant *Azorella monantha* on the invasive non-native *Taraxacum officinale* in the high-Andes of central Chile. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 217-226.

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of change in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

Clarke, K.R. and R.H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series* 46: 213-226.

Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* 35: 523-531.

Clarke, K.R. and R.N. Gorley (eds.). 2006. PRIMER v6: User manual/Tutorial. 190 p. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.

Clarke, K.R., P.J. Somerfield and M.G. Chapman. 2006. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 330: 55-80.

Correa, N.M. (ed.). 1984. Flora Patagónica. Parte IV a. Colecciones Científicas del INTA. Tomo VIII. Buenos Aires. 559 pp.

Correa, N.M. (ed.). 1984. Flora Patagónica. Parte IV b. Colecciones Científicas del INTA. Tomo VIII. Buenos Aires. 309 pp.

Correa, N.M. (ed.). 1988. Flora Patagónica. Parte V. Colecciones Científicas del INTA. Tomo VIII. Buenos Aires. 404 pp.

Correa, N.M. (ed.). 1998. Flora Patagónica. Parte I. Colecciones Científicas del INTA. Tomo VIII. Buenos Aires. 391 pp.

Díaz, F., J. Larraín, G. Zegers y C. Tapia. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 455-468.

Dollenz, O. 1980. Estudios fitosociológicos en el archipiélago de Cabo de Hornos. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 11: 225-238.

Dollenz, O. 1982a. Estudios fitosociológicos en el archipiélago de Cabo de Hornos. III. Relevamientos en la isla Deceit. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 13: 145-151.

Dollenz, O. 1982b. Estudios fitosociológicos en las reservas forestales Alacalufes e isla Riesco. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 13: 161-170.

Dollenz, O. 1983. Fitosociología de la reserva forestal "El Parrillar", Península de Brunswick, Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 14: 109-118.

Dollenz, O. 1986. Relevamientos fitosociológicos en la península Muñoz Gamero, Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 18: 51-53.

Dollenz, O. 1991. Sucesión vegetal en el sistema morrénico del glaciar Dickson, Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 20(1): 49-60.

Dollenz, O., J.M. Henríquez y E. Domínguez. 2012. La vegetación de las geoformas proglaciares en los glaciares Balmaceda, Tyndall, Taraba y Ema, Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 40(2): 7-17.

Domínguez, E. 2014. Manual de buenas prácticas para el uso sostenido del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N° 276. 113 pp.

- Domínguez, E., E. Pisano y O. Dollenz. 1999. Colonización Vegetal en el Glaciar Nueva Zelanda, Cordillera Darwin Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia, Series Cs. Nat. (Chile)* 27: 7-16.
- Domínguez, E., R. Villa-Martínez, J.M. Henríquez, J.C. Aravena, C. Galleguillos y K. Haro. 2011. Flora y Vegetación Terrestre. En: Parque Nacional Bernardo O'Higgins. Ed. Fundación CEQUA, 247 pp.
- Domínguez, E., O. Aguilera, R. Villa-Martínez, J.C. Aravena y J.M. Henríquez. 2012. Estudio etnobotánico de la isla Kalau, territorio ancestral kawésqar, Región de Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 40(2): 19-35.
- Domínguez, E., N. Bahamonde y C. Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 40(2): 37-45.
- Domínguez, E. y J.C. Aravena. 2012. Estudio florístico del Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane, Región de Magallanes, Chile. *Gayana Botánica* 69(1): 166-183.
- Domínguez, E. y N. Bahamonde. 2013. *Gavilea araucana* (Phil.) M.N. Correa: first record of an orchid for Chile on *Sphagnum* peatland in Magallanes Biodiversity Journal 4 (1): 125-128.
- Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. Santiago. 165 pp.
- Gunnarsson, U. 2005. Global patterns of *Sphagnum* productivity. *Journal of Bryology* 27: 269-279.
- Hauser, A. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus perspectivas de utilización. *Revista Geológica de Chile* 23(2):217-229.
- Hechenleitner, P., M. Gardner, P. Thomas, C. Echeverría, B. Escobar, P. Brownless y C. Martínez. 2005. Plantas amenazadas del Centro-Sur de Chile. Universidad Austral de Chile. Real Jardín Botánico de Edimburgo. 187 pp.
- Henríquez, J.M. 2004. Estado de la turba esfagnosa en Magallanes. En: Blanco D.E. y V.M. de la Balze (eds.). *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su Biodiversidad: 93-104*. Wetlands International, Publicación 19, Argentina.
- Henríquez, J.M., E. Pisano y C. Marticorena. 1995. Catálogo de la flora vascular de Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Cs. Nat. (Chile)* 23: 5-30.
- Henríquez, J.M. y N. Caamaño. 2002. Análisis de la flora vascular de valles glaciares de la región de Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 30: 25-40.
- Hill, M. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.
- Iturraspe, R. y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego Argentina. En: Coronato, A. y C. Roig. eds.: *Curso Taller de Conservación de Ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego*: 85-93. Ushuaia, Tierra del Fuego.
- Jost, L. 2006. Diversity and entropy. *Oikos* 113(2): 363-375.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88: 2427-2439.
- Kleinebecker, T., N. Hölzel and A. Vogel. 2007. Gradients of continentality and moisture in south Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. *Folia Geobotanica* 42: 363-382.
- Kleinebecker, T., N. Hölzel and A. Vogel. 2010. Patterns and gradients of diversity in South Patagonian ombrotrophic peat bogs. *Austral Ecology*, 35: 1-12.
- Legendre, L. and P. Legendre. 1983. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- Loisel, L.J. and Z. Yu. 2013. Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 69: 125-141.
- Marticorena, C. y M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42(1-2): 1-157.
- Marticorena, C. y R. Rodríguez. 1995. *Flora de Chile*. Vol. I. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 351 pp.
- Martinic, M. 1985. La ocupación y el impacto del hombre sobre el territorio. En: O. Boelcke, D. M. Moore & F.A. Roig (eds.), *Transecta Botánica de la Patagonia Austral* p. 81-94. Buenos Aires.
- Matthei, O. 1995. *Manual de las malezas que crecen en Chile*. Alfabeta Impresores. Santiago. Chile. 547 pp.
- Moore, D.M. 1983. *Flora of Tierra del Fuego*. Anthony Nelson, Oswestry, England. 396 pp.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. 547 pp.
- Novoa, P., J. Espejo, M. Cisternas, M. Rubio y E. Domínguez. 2006. *Guía de campo de las orquídeas de Chile*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 120 pp.
- Oberdorfer, E. 1960. *Pflanzensoziologische Studien in Chile*. *Flora et Vegetatio Mundi*, II. Verlag von Cramer, Weinheim. 208 pp.
- ODEPA. 2013. *Bulbos de flor: un potencial interesante*. Paloma Cortez Eguillor; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 6 pp. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl> (acceso Julio 2014).
- Pauchard, A. and P. Villarreal. 2002. Protected areas in Chile: history, current status and challenges. *Natural Areas Journal* 22: 318-330.

- 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. 1981. Bosque fitogeográfico de Fuego-Patagonia. *Anales del Instituto de la Patagonia* 12:159-171.
- Pisano, E. 1983a. The magellanic tundra complex, p. 295-329. In: A.J.P. Gore (ed.) *Mires, swamp, bog, fen and moor*. Elsevier: Amsterdam, Holanda.
- Pisano, E. 1983b. Comunidades vegetales en el sector norte de la península Muñoz Gamero (Última Esperanza, Magallanes). *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 14:83-101.
- Pisano, E. 1992. Sectorización fitogeográfica del archipiélago Sud Patagónico-Fueguino V. Sintaxonomía y Distribución de las unidades de vegetación vascular. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales (Chile)* 21: 5-33.
- Pliscoff, P. y F. Luebert. 2008. Ecosistemas terrestres. p. 74-87. En: CONAMA. eds. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. Segunda Edición Actualizada*. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.
- Ramsar. 2004. *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales*. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). Segunda edición. 17 pp.
- Rodríguez, R., A. Marticorena y E. Teneb. 2008. Plantas vasculares de los ríos Baker y Pascua, Región de Aisén, Chile. *Gayana Botánica* 65(1): 39-70.
- Rodríguez, R., D. Alarcón y J. Espejo. 2009. *Helechos Nativos del Centro y Sur de Chile. Guía de Campo*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 212 pp.
- Roig, F.A., J. Anchorena, O. Dollenz, A.M. Faggi y E. Méndez. 1985. Las comunidades vegetales de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral. Primera parte: Área continental. En: Boelcke, O., D.M. Moore y F.A. Roig (eds.): *Transecta Botánica de la Patagonia Austral-TBPA*: 350-456.
- Roig, C. y F.A. Roig. 2004. Consideraciones generales. 2-21. En: D. Blanco y V. de la Balze (Eds.). *Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Wetlands International, Publicación N° 19, Buenos Aires.
- Roivainen, H. 1954. Studien über die Moore Feuerlands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* 28: 1-205.
- Ruiz, J. y M. Doberti. 2005. *Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes*. Punta Arenas.
- Sáez, C. 1995. *Fertilidad de los suelos de la Región de Magallanes*. Universidad de Magallanes 30 pp.
- SAG. 2004. *El pastizal de Magallanes guía de uso, condiciones actuales y propuestas de seguimiento para determinación de tendencias*. Proyecto FNDR: Protección y recuperación de pastizales XII Región.
- San Martín, C., C. Ramírez y H. Figueroa. 1999. Análisis multivariable de la vegetación de un complejo de turberas de la Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Lazaroa* 20: 95-106.
- Schwaar, J. 1979. Die Vegetation der feuerländischen Hoch-moore. *Amazoniana* 6(4): 601-609.
- Shannon, C.E. 1948. *Communication Theory of Secrecy Systems*. Bell System Technical Journal 28 (4): 656-715.
- Skottsberg, C. 1909. Pflanzenphysiognomische beobachtungen aus dem Feuerlande. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar- Expedition 1901-1903*. Stockholm, 63 pp. + 4 figuras.
- Skottsberg, C. 1916. *Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909*. V. Die Vegetationsverhältnisse längs der Cordillera de los Andes S. von 41° S. Br. Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation in Chiloé, West-Patagonien, dem Andinen Patagonien und Feuerland. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*. 53(5): 1-366.
- Van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97-114.
- Villagra, J., D. Montenegro, C. San Martín, C. Ramírez y I. Álvarez. 2009. Estudio de la flora liquénica de las turberas de la comuna de Tortel (Región de Aysén), Patagonia Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 37(1): 53-62.
- Villagrán, C. y E. Barrera. 2002. "Los Musgos del Archipiélago de Chiloé". CONAF, Master Print Ltda. Puerto Montt, 24 pp.
- Walter, K.S. and H.J. Gillett (eds.) 1998. 1997. *IUCN Red List of Threatened Plants*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN, The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. lxiv + 862 pp.
- USDA. *Soil Taxonomy*. 1998. *Keys to Soil Taxonomy*, Eight Edition.
- Zegers, G., J. Larraín, M.F. Díaz y J.J. 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.
- Zuloaga, F., O. Morrone y M. Belgrano. 2014. *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Versión base de datos en sitio web del Instituto Darwinion, Argentina. URL: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>; Junio 15, 2014.

Anexo I

Fotografías de las turberas estudiadas



Figura 3. Turbera de *Sphagnum*, San Juan, Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Figura 4. Turbera de *Sphagnum*, Lago Deseado, Parque Karukinka, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Figura 5. Turbera Pulvinada, Isla Kalau, Parque Nacional Bernardo O'Higgins, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Figura 6. Turbera Pulvinada, Isla Madre de Dios, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Figura 7. Turbera Graminiforme, Estero Falcon, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Figura 8. Turbera Graminiforme, se aprecia el crecimiento en macollo de la especie dominante *Schoenus antarcticus*. Estero Cóndor, AMCP Francisco Coloane, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Anexo 2

Lista florística de la vegetación de las turberas en Magallanes. Hábito: (A) = Árbol, (Ar) = Arbusto, (sAr) = Subarbusto, (Hp) = Hierba perenne, (Ha) = Hierba anual, (L) = Liqueen, (B) = Briófitas, (Hep) = Hepática, (Ep) = Epífita. Origen: (N) = Nativa, (End) = Endémica. Estatus de protección: (V) = Vulnerable, (R) = Rara, (IC) = Insuficientemente Conocida.

Clase/Familia/Especies/Sinonimia	H	O	P	Distribución en Chile
ILICOPSIDA				
Gleicheniaceae				
<i>Sticherus quadripartitus</i> (Poir.) Ching	Hp	End		Biobío - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
Hymenophyllaceae				
<i>Hymenophyllum falklandicum</i> Baker var. <i>falklandicum</i>	Hp	End	V	Valparaíso - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
<i>Hymenophyllum secundum</i> Hook. et Grev.	Hp	End	V	Los Lagos - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
<i>Hymenophyllum tortuosum</i> Hook. et Grev. var. <i>tortuosum</i>	Hp	End	V	Los Lagos - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
<i>Serpyllopsis caespitosa</i> (Gaudich.) C. Chr. var. <i>caespitosa</i>	Hp	End	IC	Los Ríos - Magallanes
Schizaeaceae				
<i>Schizaea fistulosa</i> Labill.	Hp	N	V	Los Lagos - Magallanes
LYCOPSIDA				
Lycopodiaceae				
<i>Lycopodium confertum</i> Willd.	Hp	End	R	Los Lagos - Magallanes
<i>Lycopodium magellanicum</i> (P. Beauv.) Sw. var. <i>erectum</i> (Phil.) Looser	Hp	N		Magallanes
POLYPODIOPSIDA				
Blechnaceae				
<i>Blechnum penna-marina</i> (Poir.) Kuhn	Hp	N		Araucanía - Magallanes
PINOPSIDA				
Cupressaceae				
<i>Pilgerodendron uviferum</i> (D. Don) Florin.	A	End	V	Los Lagos - Magallanes
Podocarpaceae				
<i>Lepidothamnus fontkii</i> Phil.	sAr	End	V	Los Lagos - Magallanes
<i>Podocarpus nubigena</i> Lindl.	A	End	V	Araucanía - Magallanes
MAGNOLIOPSIDA				
Apiaceae				
<i>Azorella lycopodioides</i> Gaudich.	Hp	End		O'Higgins - Magallanes
<i>Bolax caespitosa</i> Hombr. et Jacquinot	sAr	N		Los Lagos - Magallanes
<i>Bolax gummifera</i> (Lam.) Spreng.	sAr	End		Magallanes
Araliaceae				
<i>Raukava laetevirens</i> (Gay) Froidin	Ar	End		Maule - Magallanes
Asteraceae				
<i>Abrotanella emarginata</i> (Cass. ex Gaudich.) Cass.	Hp	End		Aysén - Magallanes
<i>Abrotanella linearifolia</i> A. Gray	Hp	End		Los Lagos - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
<i>Abrotanella</i> sp.	Hp	N		Aysén - Magallanes
<i>Abrotanella trichoachaenia</i> Cabrera.	Hp	End		Aysén - Magallanes
<i>Baccharis patagonica</i> Hook. et Arn.	Ar	End		Biobío - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
<i>Chilictichum diffusum</i> (G. Forst.) Kuntze	Ar	N		O'Higgins - Magallanes
<i>Hypochaeris arenaria</i> Gaudich.	Hp	N		Valparaíso - Magallanes

<i>Hypochaeris palustris</i> (Phil.) De Wild.	Hp	End		Biobío - Magallanes
<i>Legenophora nudicaulis</i> (Comm. ex Lam.) Dusén	Hp	End		O'Higgins - Magallanes
<i>Perezia lactucoides</i> (Vahl) Less.	Hp	End		Araucanía - Magallanes
<i>Perezia magellanica</i> (L.f.) Less.	Hp	End		Aysén - Magallanes
<i>Senecio acanthifolius</i> Hombr. & Jacquinot	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Senecio darwini</i> Hook. et Arn.	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Senecio trifurcatus</i> (G.Forst.) Less. ex DC.	Hp	End		Araucanía - Magallanes
<i>Symphotrichum vahlii</i> (Gaudich.) G.L.Nesom	Hp	N		Maule - Magallanes
Berberidaceae				
<i>Berberis ilicifolia</i> L.f.	Ar	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Berberis microphylla</i> G.Forst.	Ar	End		O'Higgins - Magallanes
Celastraceae				
<i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f.	A	End		Maule - Magallanes
Desfontainiaceae				
<i>Desfontainia fulgens</i> D. Don	Ar	N		Maule - Magallanes
Droseraceae				
<i>Drosera uniflora</i> Willd.	Hp	N		Biobío - Magallanes
Empetraceae				
<i>Empetrum rubrum</i> Vahl ex Willd.	sAr	N		Valparaíso - Magallanes. Archipiélago de Juan Fernández
Ericaceae				
<i>Gaultheria antarctica</i> Hook.f.	sAr	End		Araucanía - Magallanes
<i>Gaultheria mucronata</i> (L.f.) Hook. et Arn.	sAr	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Gaultheria pumila</i> (L. f.) D.J. Middleton var. <i>pumila</i>	sAr	N		Aysén - Magallanes
<i>Lebetanthus myrsinites</i> (Lam.) Dusén	sAr	End		Los Lagos - Magallanes
Escalloniaceae				
<i>Escallonia serrata</i> Sm.	Ar	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Tribeles australis</i> Phil.	sAr	End		Los Lagos - Magallanes
Fagaceae				
<i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	A	End		Maule - Magallanes
<i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	A	End		Los Lagos - Magallanes
Gentianaceae				
<i>Gentianella magellanica</i> (Gaudich.) Fabris ex D.M. Moore	Ha	End		Maule - Magallanes
Gunneraceae				
<i>Gunnera lobata</i> Hook.f.	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	Hp	N		Metropolitana - Magallanes
Lentibulariaceae				
<i>Pinguicula antarctica</i> Vahl	Hp	End		Araucanía - Magallanes
Misodendraceae				
<i>Misodendrum angulatum</i> Phil.	sAr	End		Biobío - Magallanes
<i>Misodendrum punctulatum</i> DC.	sAr	End		Maule - Magallanes
<i>Misodendrum quadriflorum</i> DC.	sAr	End		Maule - Magallanes
Myrtaceae				
<i>Myrteola nummularia</i> (Poiret) O. Berg	sAr	N		Biobío - Magallanes
<i>Tepualia stipularis</i> (Hook. et Arn.) Griseb	Ar	End		Maule - Magallanes
Orobanchaceae				
<i>Euphrasia antarctica</i> Benth.	Ha	End		Biobío - Magallanes

Plantaginaceae				
<i>Ourisia breviflora</i> Benth.	Hp	End		Aysén - Magallanes
Primulaceae				
<i>Primula magellanica</i> Lehm.	Hp	End		Araucanía - Magallanes
Proteaceae				
<i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. et G.Forst.	A	End		Maule - Magallanes
<i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br.	A	End		Biobío - Magallanes
Ranunculaceae				
<i>Caltha appendiculata</i> Pers.	Hp	End		O'Higgins - Magallanes
<i>Caltha dioneifolia</i> Hook.f.	Hp	End		Aysén - Magallanes
Rosaceae				
<i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl	Hp	N		Arica - Magallanes
<i>Acaena pumila</i> Vahl	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
Santalaceae				
<i>Nanodea muscosa</i> Banks ex C.F. Gaertn.	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
Stylidiaceae				
<i>Phyllachne uliginosa</i> J.R. Forst. et G. Forst.	sAr	End		Aysén - Magallanes
<i>Donatia fascicularis</i> J.R. et G. Forst.	sAr	End		Biobío - Magallanes
Thymelaeaceae				
<i>Drapetes muscosus</i> Banks ex Lam.	Hp	End		Aysén - Magallanes
Violaceae				
<i>Viola commersonii</i> DC. ex Gingins.	Hp	End		Magallanes
<i>Viola tridentata</i> Menzies ex Ging.	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
Winteraceae				
<i>Drimys winteri</i> J.R. Forst. et G. Forst.	A	End		Coquimbo - Magallanes
LILIOPSIDA				
Alstroemeriaceae				
<i>Luzuriaga marginata</i> (Banks et Sol. ex Gaertn.) Benth.	sAr	N		Los Lagos - Magallanes
Asteliaceae				
<i>Astelia pumila</i> (G.Forst.) Gaudich.	Hp	End		Maule - Magallanes
Centrolepidaceae				
<i>Gaimardia australis</i> Gaudich.	Hp	End		Los Lagos - Magallanes
Cyperaceae				
<i>Carex banksii</i> Boott.	Hp	End		Valparaíso - Magallanes
<i>Carex caduca</i> Boott.	Hp	N		Los Lagos - Magallanes
<i>Carex darwini</i> Boott.	Hp	N		Araucanía - Magallanes
<i>Carex magellanica</i> Lam.	Hp	N		O'Higgins - Magallanes
<i>Carex microglochin</i> Wahlenb	Hp	N		Coquimbo - Magallanes
<i>Carex sagei</i> Phil.	Hp	End		Araucanía - Magallanes
<i>Cyperus schoenoides</i> Banks & Sol. ex Hook. f.	Hp	End		Aysén - Magallanes
<i>Oreobolus obtusangulus</i> Gaudich.	Hp	N		Biobío - Magallanes
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják	Hp	N		Tarapacá - Magallanes. Isla de Pascua
<i>Schoenus andinus</i> (Phil.) H. Pfeiff.	Hp	End		Maule - Magallanes
<i>Schoenus antarcticus</i> (Hook.f.) Dusén	Hp	End		Aysén - Magallanes
<i>Schoenus rhyngosporoides</i> (Steud.) Kük.	Hp	End		Maule - Magallanes
<i>Uncinia lechleriana</i> Steud.	Hp	End		Aysén - Magallanes

<i>Uncinia tenuis</i> Poepp. ex Kunth	Hp	N	Araucanía - Magallanes. Archipiélago Juan Fernández
Iridaceae			
<i>Tapetia pumila</i> (G. Forst.) Baillon	Hp	End	Araucanía - Magallanes
Juncaceae			
<i>Juncus scheuchzerioides</i> Gaudich.	Hp	N	Atacama - Magallanes
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen var. <i>chilensis</i> (Gay) Kirschner	Hp	N	Maule - Magallanes
<i>Luzula</i> sp.	Hp	N	
<i>Marsippospermum grandiflorum</i> (L.f.) Hook. f.	Hp	N	Biobío - Magallanes
<i>Rostkovia magellanica</i> (Lam.) Hook. f.	Hp	N	Los Lagos - Magallanes
Juncaginaceae			
<i>Tetroncium magellanicum</i> Willd.	Hp	End	Araucanía - Magallanes
Orchidaceae			
<i>Chloraea gaudichaudii</i> Brongn.	Hp	End	Araucanía - Magallanes
<i>Gavilea araucana</i> (Phil.) M.N. Correa	Hp	End	Maule - Magallanes
Philesiaceae			
<i>Philesia magellanica</i> J.F. Gmel.	sAr	End	Los Lagos - Magallanes
Poaceae			
<i>Anthoxanthum redolens</i> (Vahl) P. Royen	Hp	N	Coquimbo - Magallanes
<i>Cortaderia egmontiana</i> (Roem. & Schult.) M. Lyle ex Connor	Hp	End	Metropolitana - Magallanes
<i>Deschampsia antarctica</i> E. Desv.	Hp	End	Maule - Magallanes
<i>Festuca magellanica</i> Lam.	Hp	End	Coquimbo - Magallanes
<i>Festuca monticola</i> Phil.	Hp	End	Maule - Magallanes
<i>Festuca purpurascens</i> Banks et Sol. ex Hook. f.	Hp	End	Biobío - Magallanes
<i>Phleum alpinum</i> L.	Hp	N	Coquimbo - Magallanes
<i>Poa alopecurus</i> (Gaudich.) Kunth	Hp	End	Metropolitana - Magallanes
<i>Poa</i> sp.	Hp	N	
Potamogetonaceae			
<i>Potamogeton linguatus</i> Hagstr.	Hp	End	Biobío - Magallanes
BRYOPSIDA (INCOMPLETA)			
Dicranaceae			
<i>Chorisodontium aciphyllum</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	Ep B	N	
<i>Dicranoloma imponens</i> (Mont.) Renaud	Ep B	N	
<i>Dicranoloma</i> sp.	Ep B	N	
Grimmiaceae			
<i>Racomitrium lanuginosum</i> (Hedw.) Brid.	Ep B	N	
Polytrichaceae			
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	Ep B	N	
<i>Polytrichum strictum</i> Menzies ex Brid.	Ep B	N	
Sphagnaceae			
<i>Sphagnum falcatum</i> Besch.	Ep B	N	
<i>Sphagnum fimbriatum</i> Wilson	Ep B	N	
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	Ep B	N	
JUNGERMANNIOPSIDA			
Ricciaceae			
<i>Riccardia</i> sp.	Ep Hep	N	

Lepicoleaceae			
<i>Lepicolea</i> sp.	Ep Hep		
LECANOROMYCETES			
Cladoniaceae			
<i>Cladonia pycnoclada</i> (Pers.) Nyl.	Ep L	N	
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	Ep L	N	
Lobariaceae			
<i>Pseudocyphellaria freycinetii</i> (Delise) Malme	Ep L	N	
Ochrolechiaceae			
<i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lyngby	Ep L	N	
Parmeliaceae			
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach. subsp. <i>antarctica</i> Kärnefelt	Ep L	N	
<i>Hypogymnia lugubris</i> (Pers.) Krog	Ep L	N	
<i>Usnea</i> sp.	Ep L	N	
Sphaerophoraceae			
<i>Sphaerophorus globosus</i> (Huds.) Vain.	Ep L	N	

Fuente: Estatus de protección (Benoit, 1989; Baeza *et al.*, 1998; Walter y Gillett, 1998; Hechenleitner *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2009).



Anexo 3

Flora típica de turberas en Magallanes



1. *Carex magellanica*. Hierba perenne. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de O'Higgins y de Magallanes. Frecuente, crece en el borde de lagunillas y en Turberas de *Sphagnum*.



2. *Marsippospermum grandiflorum*. Hierba perenne. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Biobío y de Magallanes. Frecuente, crece en Turberas de *Sphagnum*. Los kawésqar usan la fibra del tallo para fabricar cestas (Domínguez *et al.*, 2012).



3. *Sphagnum fimbriatum*. Crece formando una alfombra suelta de color verde. Esta especie crece en la periferia de las turberas de *S. magellanicum* en sitios húmedos ricos en nutrientes, asociados a escurrimientos de agua superficial.



4. *Sphagnum magellanicum*. Es una planta no vascular, que pertenece al grupo de las briófitas, crece en turberas formando un cojín de color rojo, su crecimiento es lento y está supeditado a los nutrientes que absorbe del agua de lluvia. Se caracteriza, además, por presentar diversas cualidades, entre ellas destacan su poder de absorción y retención de agua, que se aprovecha en los cultivos de orquídeas. También como filtro y para el control de derrames de petróleo. Otras propiedades están vinculadas al uso como planta medicinal y en la elaboración de alimentos farináceos.



5. *Tetroncium magellanicum*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de la Araucanía y de Magallanes. Abundante, crece en Turberas de *Sphagnum*.



6

6. *Donatia fascicularis*. Subarbusto perenne. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Biobío y Magallanes. Dominante en turberas de plantas pulvinadas junto a *Astelia pumila*, crece colonizando depresiones entre las rocas, en laderas de cerros.



7

7. *Empetrum rubrum*. Subarbusto bajo o rastrero. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Valparaíso y de Magallanes, también ha sido reportado en el Archipiélago de Juan Fernández. Frecuente, crece sobre el límite del bosque y en Turberas de *Sphagnum*.



9

9. *Caltha appendiculata*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y de Magallanes. Frecuente, crece en turberas pulvinadas, graminiformes y de *Sphagnum*.



8

8. *Myrteola nummularia*. Subarbusto rastrero. Habita en Bolivia, Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Biobío y de Magallanes. Frecuente, crece en las turberas con plantas pulvinadas y en las de *Sphagnum*. Se caracteriza por su fragancia. Los kawésqar recolectaban y comían sus frutos (Domínguez *et al.*, 2012).



10

10. *Drosera uniflora*. Hierba perenne, insectívora, con pelos glandulares que le confieren un color rojizo. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Biobío y de Magallanes. Abundante, crece en las turberas con plantas pulvinadas, graminiformes y de *Sphagnum*.



11

11. *Astelia pumila*. Hierba perenne. Endémica de Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Maule y de Magallanes. Abundante, crece formando densos cojines en turberas gramínoformas.



12

12. *Nanodea muscosa*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Escasa, crece en turberas pulvinadas y gramínoformas.



14

14. *Drapetes muscosus*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Aysén y de Magallanes. Frecuente, crece formando cojines, asociados a *Bolax caespitosa* en turberas pulvinadas.



13

13. *Caltha dieneifolia*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Aysén y de Magallanes. Frecuente, crece formando cojines en turberas pulvinadas, con la presencia de *Pilgerodendron uviferum* y *Lepidothamnus fonkii*.



15

15. *Acaena pumila*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Frecuente, crece en Turberas de *Sphagnum*, pulvinadas y gramínoformas.



16

16. *Carex microglochis*. Hierba perenne. Habita en Bolivia, Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Coquimbo y de Magallanes. Frecuente, crece en sitios anegados en turberas pulvinadas y graminiformes.



17

17. *Juncus scheuchzerioides*. Hierba perenne. Habita en Nueva Zelandia, Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Atacama y de Magallanes. Escasa, crece en Turberas de *Sphagnum*, pulvinadas y graminiformes.



18

18. *Perezia lactuoides*. Hierba perenne. Endémica de Chile y Argentina. En Chile se distribuye entre las regiones de la Araucanía y de Magallanes. Frecuente, crece en Turberas de *Sphagnum*, siendo escasa en turberas pulvinadas y graminiformes.



20

20. *Polytrichum strictum*. Briófitas pioneras. Crece en turberas pulvinadas y graminiformes, se caracteriza porque posee un sistema de rizoides con un tegumento que fija pequeñas partículas del sustrato, que le permite retener la humedad en el suelo y colonizar grietas y crecer sobre turba desnuda, es una excelente especie promotora de la restauración de turberas degradadas.



19

19. *Pinguicula antarctica*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de la Araucanía y de Magallanes. Escasa, crece en turberas pulvinadas y graminiformes.



21

21. *Pilgerodendron uviferum*. Árbol siempreverde. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Estado de conservación: Vulnerable (Walter y Gillett, 1998; Hechenleitner *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2008). Frecuente, crece asociado a *Lepidothamnus fonkii*, en Turberas de *Sphagnum*.



22

22. *Lepidothamnus fonkii*. Subarbusto siempreverde. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Estado de conservación: Vulnerable (Walter y Gillett, 1998; Rodríguez *et al.*, 2008). Frecuente, entre el bosque costero siempreverde y en turberas. Escaso en ambiente orofítico, disminuye su abundancia a mayor altitud.



24

24. *Nothofagus betuloides*. Árbol siempreverde. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Frecuente, crece tipo bonsái, junto a *Pilgerodendron uviferum* en Turberas de *Sphagnum* y pulvinadas. Los kawésqar lo llamaban *jerkiánap*, usaban su madera para construir canoas y vivienda temporal (Dominguez *et al.*, 2012).



23

23. *Podocarpus nubigena*. Árbol siempreverde. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de la Araucanía y de Magallanes. Estado de conservación: Vulnerable (Walter y Gillett, 1998; Rodríguez *et al.*, 2008). Escaso, en turberas, crece asociado a *Nothofagus betuloides* y *Pilgerodendron uviferum*.



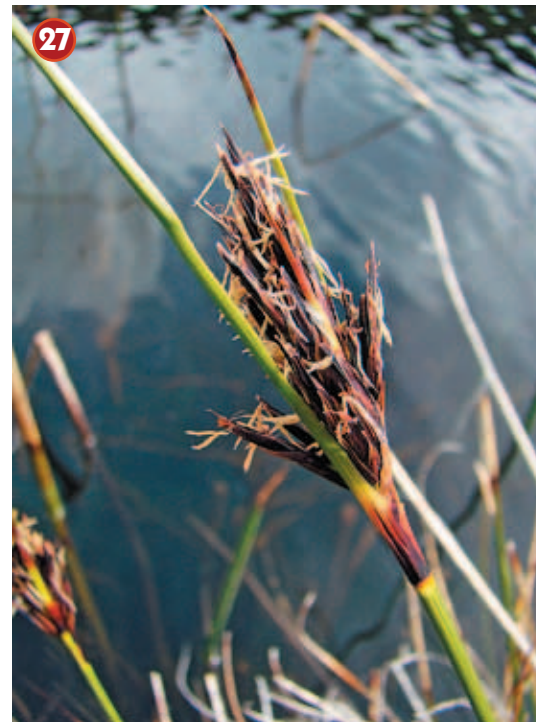
25

25. *Tribeles australis*. Subarbusto siempreverde. Endémico de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes. Escaso, en turberas pulvinadas.



26

26. *Gavilea araucana*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Maule y de Magallanes. Escasa, crece en una Turbera de *Sphagnum* junto a *Tetroncium magellanicum*, *Marsippospermum grandiflorum* y *Myrteola nummularia*.



27

27. *Schoenus antarcticus*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de Aysén y de Magallanes. Abundante, crece en turberas gramínoformas, formando champas creciendo junto a *Donatia fascicularis*.



28

28. *Oreobolus obtusangulus*. Hierba perenne. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones del Biobío y de Magallanes. Abundante, crece formando cojines de pequeño diámetro (10 cm), en turberas pulvinadas, también frecuente en ambiente orofítico.



29

29. *Tapeinia pumila*. Hierba perenne. Endémica de Argentina y Chile. En Chile se distribuye entre las regiones de la Araucanía y de Magallanes. Frecuente, crece en turberas pulvinadas y gramínoformas.



30

30. *Gaultheria pumila*. Subarbusto siempreverde. Habita en Argentina, Islas Malvinas y Chile. En Chile se distribuye desde Aysén hasta Magallanes. Los kawésqar recolectaban y consumían sus frutos. Frecuente, crece en Turberas de *Sphagnum* y pulvinadas.



Capítulo 7

Coleópteros y otros insectos asociados a turberas del páramo magallánico en la Región de Magallanes, Chile

Viviane Jerez¹ y Christian Muñoz-Escobar¹

¹Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile. E-mail: vijerez@udec.cl

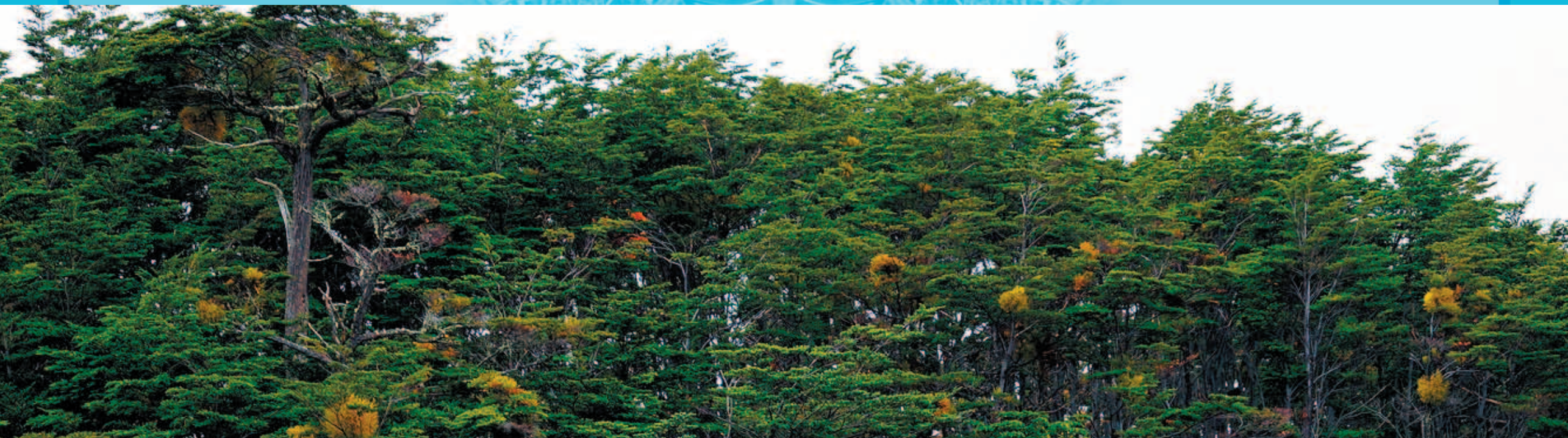


Introducción

El ecosistema de turbera es el principal tipo de ambiente que constituye la provincia biogeográfica del Páramo Magallánico. Se caracteriza por exhibir una alta fragmentación producto de glaciares, fiordos y canales patagónicos, lo que ha repercutido en el escaso y limitado conocimiento de su biota. En general, esta zona es considerada como una de las más pobres en diversidad animal; sin embargo, posee una entomofauna que a pesar de no ser muy diversa, cumple un importante rol en la transferencia de energía, sustentando poblaciones principalmente de anfibios y aves insectívoras.

En un contexto biogeográfico, la Región de Magallanes forma parte de la subregión subantártica (Morrone, 2006) y se caracteriza por presentar un gradiente longitudinal, con distintas formaciones vegetales que definen las provincias biogeográficas del Páramo Magallánico, Bosque Magallánico y Patagonia Central (Kuschel, 1960; Villagrán e Hinojosa, 2005; Morrone, 2006). Se demarca así, en sentido oeste-este, una clara zonación de la cobertura de turberas a través de bosques siempreverdes y bosques deciduos que se extienden hasta la estepa patagónica (Boelcke *et al.*, 1985). Si bien estas provincias no presentan una gran diversidad biológica como

Palabras claves: Coleóptera, Carabidae, Páramo Magallánico, Turberas, Magallanes, Chile.



ocurre en los bosques tropicales, sí presentan características únicas, debido a que poseen elementos bióticos derivados de Gondwana (Kuschel, 1960; Darlington, 1965), además de presentar atributos biogeográficos propios, reflejados en la composición de especies y su antigüedad biológica (Crisci *et al.*, 1991).

Al respecto, la provincia biogeográfica del Páramo Magallánico, que se extiende desde los 48° Lat S (Golfo de Penas) al suroeste de Chile hasta el Cabo de Hornos (Kuschel, 1960; Morrone, 2006), se caracteriza por presentar condiciones extremas de humedad, viento y frío, debido a la influencia directa del Océano Pacífico (Godley, 1960; Loisel y Yu, 2013). Además exhibe una alta fragmentación del paisaje por glaciares, fiordos y canales patagónicos, producto de macro-eventos (e.g., paleoclimáticos y geológicos) que han modificado y modulado el paisaje austral (Villagrán y Armesto, 2005; Charrier *et al.*, 2007; Latorre *et al.*, 2007). Toda esta conjunción de factores históricos convierte a esta zona geográfica del planeta, en un interesante modelo para realizar estudios biogeográficos, ecológicos y evolutivos.

En términos vegetales, el Páramo Magallánico, principalmente en la zona insular y costera de la Región de Magallanes, está dominado por la presencia de turberas (Kuschel, 1960), que están constituidas en un 50% por turberas de tipo esfagnosas (Arroyo *et al.*, 2005). Este tipo de ecosistema se encuentra fuertemente relacionado con el bosque siempreverde de coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst, 1871) (Pliscoff y Luebert, 2008) y bosques mixtos de coigüe y lenga (*N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser, 1896) (Jofré *et al.*, 2010), que en conjunto abarcan una superficie del 25.5% en Magallanes (Arroyo *et al.*, 2005). Ahora bien, pese a su amplia distribución en el paisaje regional, sumado al potencial de otorgar servicios ecosistémicos (Domínguez *et al.*, 2012) y servir de base para estudios de conservación (Valdés-Barrera *et al.*, 2012), las turberas han recibido poca atención en la literatura científica (Loisel y Yu, 2013). Una de las principales razones es la restricción de acceso debido a la escasez de redes viales (Henríquez, 2004), siendo la única opción viable la movilización por embarcación, dando como resultado en que la

mayoría de los sectores aún sean inexplorados.

Lo anterior implica que el conocimiento de la biodiversidad de las turberas de la Región de Magallanes sea muy limitado, encontrando la escasa información científica dispersa y/o fragmentada. Si bien existen estudios basados principalmente en plantas vasculares (Pisano, 1977; Villagrán e Hinojosa, 2005), éstos sólo permiten evaluar la biodiversidad a macro-escala (Arroyo *et al.*, 2005). Con respecto a las investigaciones de la diversidad animal asociada a turberas, la mayoría de los estudios se han focalizado principalmente en vertebrados como anfibios (e.g., Ortiz e Iturra, 2010), aves (e.g., Venegas, 1976, 1981; Schlatter, 2004; Ibarra *et al.*, 2010) y mamíferos (e.g., Arroyo *et al.*, 1996; Schlatter, 2004; Guzmán, 2010). Sin embargo, existen otros trabajos que utilizan insectos (e.g., Kuschel, 1960; Darlington, 1965; Peña, 1966; Cekalovic, 1974; Amorin, 1990; Ashworth *et al.*, 1991; Niemelä, 1990; Roig-Juñent, 1994, 1995, 2000, 2004; Roig-Juñent y Debandi, 2004; Morrone, 1992, 1993, 1999, 2000, 2001, 2006; Morrone y Anderson, 1995; Morrone y Roig-

Juñent, 1995; Ashworth, 2007), principalmente coleópteros, que proporcionan una amplia gama de información y que curiosamente no son comentados a la hora de caracterizar este tipo de ecosistema. Lo anterior, posiblemente se debe a que están en un contexto de estudios de biogeografía histórica, que buscan caracterizar la provincia biogeográfica del Páramo Magallánico y no señalan de forma explícita relaciones de interacción trófica y/o estructuración de ensamblajes.

Dados estos antecedentes, nuestro trabajo tuvo por objetivos destacar algunos roles tróficos e importancia biogeográfica de insectos (con énfasis en coleópteros) asociados a turberas. Además, recopilamos y resumimos la composición taxonómica e información de localidades de colecta, para coleópteros epigeos de las provincias biogeográficas de la Región de Magallanes (Chile). Asimismo con el objeto de incrementar esta información, incorporamos nuevos datos obtenidos a través de muestreos propios, principalmente de la zona de turberas (Páramo Magallánico).

Diversidad y roles tróficos



Los insectos establecen con la vegetación relaciones ecológicas muy variadas, que van desde su utilización como sitio de refugio y forrajeo, hasta aspectos reproductivos que incluyen la oviposición y desarrollo embrionario (Speight *et al.*, 2008). En el caso de las turberas, Jofré *et al.*, (2010) señalan la posibilidad de que las esporas de *Tayloria dubyi* Broth, 1903, musgo endémico de las formaciones de turberas de la ecorregión subantártica de Magallanes, fueran dispersadas por insectos, proceso conocido como entomocoría y que en este caso podrían ser dípteros, especialmente abundantes en el verano. Esta posibilidad se centra en que los musgos de la familia Splachnaceae, a la cual pertenece *T. dubyi*, utilizan estiércol o animales muertos como sustrato para germinar y crecer; utilizando moscas como dispersoras de sus esporas (Larraín y Jofré, 2009).

Si bien Kuschel (1960) señala que el Páramo Magallánico es una de las zonas más pobres en diversidad animal, los ecosistemas de turberas que definen este tipo de ambiente están caracterizados por poseer una entomofauna que a pesar de no ser extremadamente diversa, cumple un importante rol en la transferencia de energía y funcionamiento de sus comunidades,

ya que sustentarían poblaciones de anfibios y aves insectívoras principalmente del Orden Passeriformes (Ibarra *et al.*, 2010; Contador *et al.*, 2012). Al respecto, en turberas que tienen suelos saturados de agua, abundan dípteros en estado larval especialmente de Chironomidae, familia cuyas especies conforman distintos grupos funcionales, entre ellos depredadores, recolectores y filtradores. También en las turberas se encuentran algunos representantes de Trichoptera, cuyas larvas son fragmentadoras y coleópteros de la familia Dytiscidae que son depredadores tanto en estado larvario como adulto (Mercado, 2004). Entre los depredadores tope, destacan en la cadena trófica los carábidos *Ceroglossus suturalis* (Fabricius, 1775), *Abropus carnifex* (Fabricius, 1775) y *Cascellius gravesii* Curtis, 1839, insectos que se desplazan activamente en la turbera en busca de sus presas. *C. suturalis* es un elemento principalmente hidrófilo, que habita en lugares de gran humedad por lo que representa un elemento dominante en el sur de Sudamérica (Hammond *et al.*, 2004). En la Tabla 1 se resume la información de familias y especies de algunos órdenes y familias de insectos citados en la literatura para turberas.

Algunos estudios señalan que en curculiónidos hubo un cambio de selección dietaria en la herbívora, ya que pasaron de consumir follaje vascular (principalmente de la División Magnoliophyta) a la briofagia (Chown y Scholtz, 1989) y aunque el hecho de consumir briófitas estaría asociado a un menor aporte nutricional, éste sería más beneficioso en zonas de bajas temperaturas (Chown, 1989). Sin embargo, existe una disyuntiva en el sentido de que no se ha dilucidado si la briofagia es sólo para alimento o es utilizada por los insectos para crioprotección (Prins, 1981). Aún así, son estas características del ambiente las que definen y mantienen una comunidad de coleópteros de la Región de Magallanes que *sensu stricto* son de origen subantártico.

Tabla 1. Órdenes, familias y géneros/especies de insectos citados para el Páramo Magallánico, Región de Magallanes, Chile.

Orden	Familia	Género/Especie	Hábitat	Localidad	Rol Trófico	Fuente	
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Hydaticus</i> sp.	Turbera	Tierra del Fuego	Depredador	Mercado 2004	
		<i>Laccodytes</i> sp.	Turbera	Tierra del Fuego	Depredador	Mercado 2004	
		<i>Lancetes</i> sp.	Turbera	Tierra del Fuego	Depredador	Mercado 2004	
Diptera	Chironomidae	<i>Abdabesmyia</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego	Depredador	Mercado 2004	
		<i>Alatanytus</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	
		<i>Aphroteniella</i> sp.	Turbera	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	
		<i>Aspestratanytus</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	
		<i>Brandiella</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego	Depredador	Mercado 2004	
		<i>Cricotopus</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Detritívoro o Depredador	Anderson 2004	
		<i>Corynoneura</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Colector	Anderson 2004	
		<i>Dicranolipes</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego		Mercado 2004	
		<i>Eukiefferella</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego		Mercado 2004	
		<i>Parapspectrocladius</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego		Mercado 2004	
		<i>Parochilus pilosus</i>	Turbera	Tierra del Fuego		Roig-Juñent 1994	
		<i>Procladius</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	
		<i>Pseudosmittia</i> sp.	Acuático/Aéreo	Turberas Tierra del Fuego		Mercado 2004	
		<i>Hemerodromia</i> sp.	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	
		<i>Brachyosterna valdiviense</i>	Turbera de <i>Tayloria dubyi</i>				Jofré <i>et al.</i> 2011
		<i>Papibracus chilensis</i>	Turbera de <i>Tayloria dubyi</i>				Jofré <i>et al.</i> 2011
		Trichoptera	Tachinidae	<i>Diamphidicus chilensis</i>	Turbera	Reserva Biosfera Cabo de Hornos	Larvas Filtradoras
<i>Gigantodax antarcticus</i>	Turbera				Larvas Filtradoras	Roig-Juñent 1994	
<i>Gigantodax braphyi</i>	Turbera				Larvas Filtradoras	Roig-Juñent 1994	
<i>Gigantodax rufidulus</i>	Turbera				Parasitoides de <i>Oryctomorpus bimaculatus</i>	Jofré <i>et al.</i> 2011	
<i>Dasyomyia</i> sp.	Turbera de <i>Tayloria dubyi</i>				Depredador	Anderson 2004	
Limnephilidae	Hydrobiosidae	<i>Rheocorema magellanicum</i>	Turbera	Archipiélago Cabo de Hornos	Larvas Fragmentadoras	Mercado 2004	
		<i>Austrocosmoecus hirsutus</i>	Turbera	Tierra del Fuego, Turbera Vicuña	Larvas Fragmentadoras	Anderson 2004	
		<i>Monocosmoecus hyadesi</i>	Turbera	Archipiélago Cabo de Hornos	Detritívoro	Anderson 2004	
Odonata	Aeshnidae	<i>Veiger</i> sp.	Turbera de <i>Tayloria dubyi</i>		Larvas Fragmentadoras	Mercado 2004	
		<i>Aeshna variegata</i>	Acuático/Aéreo	Archipiélago Cabo de Hornos	Depredador	Anderson 2004	

Aspectos biogeográficos

Entre la entomofauna presente en el sur de Sudamérica, el grupo más diverso corresponde al orden Coleoptera y sus familias Curculionidae, Carabidae y Tenebrionidae serían las más características del paisaje austral, debido a que están asociadas a las formaciones vegetales subantárticas (Kuschel, 1960; Morrone, 1993). Como característica, estas familias tendrían orígenes evolutivos primitivos (Jurásico temprano), siendo el área de Patagonia, el sector donde estos linajes ancestrales sobrevivieron y se dispersaron (Darlington, 1965; Roig-Juñent, 2000; Ashworth, 2007). Por ejemplo, las especies de la tribu Migadopini (Carabidae), exclusivas del Hemisferio Sur, se encuentran en Islas Malvinas, Tasmania, sureste de Australia, Nueva Zelanda e Islas Auckland, asociadas principalmente a ambientes de turberas (Darlington, 1965; Roig-Juñent, 2004). Otras especies australes como *Cascellius gravesii* y *C. septentrionalis* (Roig-Juñent, 1995) de la tribu Broscini, están presentes en zonas de turberas, áreas boscosas y estepa

(Darlington, 1965; Roig-Juñent, 2000). Finalmente, Ceroglossini, tribu endémica de Sudamérica austral, está restringida a los bosques de *Nothofagus* y turberas (Roig-Juñent y Domínguez, 2001) y una especie característica de este tipo de ambiente es *C. suturalis* (Jiroux, 2006). Otras familias asociadas a los musgos, se encuentran representadas por pequeños coleópteros que habitan entre sus hojuelas, como *Golasina robusta* Jeannel, 1962 (Staphylinidae) y *Nemadiopsis edwardsi* Jeannel, 1936 (Leiodidae), *Pachymys puberulus* (Fairmaire, 1885) y *Morychastes australis* (Blanchard, 1853) (Byrrhidae). Con respecto a la familia Curculionidae, la especie *Telurus dissimilis* (Fairmaire, 1885) fue considerada por Kuschel (1960), como una especie indicadora de este tipo de hábitat; sin embargo existe otra especie, *Telurus caudiculatus* Morrone y Anderson, 1995 que fue citada como endémica a Tierra del Fuego por Morrone (1998), pero que presenta registros en Puerto Williams e islas subantárticas como Isla de los Estados, Isla Picton e Isla Pilot.



Distribución de Coleópteros

Del punto de vista histórico, la mayoría de las especies de coleópteros conocidas fueron descritas a mediados del siglo XIX, a partir del material de insectos recolectados por distintas expediciones realizadas en el extremo sur de Sudamérica. Estos insectos, presentes en los bosques, páramos y estepas, conforman un grupo altamente endémico, con un gran número de géneros monotípicos y muchas veces con distribución relictual (Roig-Juñent, 1995; Elgueta et al., 2002; Roig-Juñent et al., 2002; Domínguez et al., 2006).

Sin embargo, a pesar de la importancia biogeográfica de la biota de esta parte del territorio chileno, el conocimiento sobre la riqueza, endemismo y distribución de su diversidad biológica, incluyendo los insectos, se basa en estudios incompletos y heterogéneos (Simonetti, 2000). Por otra parte, las diferentes regiones de Chile han sido estudiadas en forma desigual y al sur de los 43° S, área que incluye la distribución más austral del bosque Valdiviano, además de la estepa patagónica y los bosques magallánicos, el conocimiento de la diversidad entomológica se puede considerar como insuficiente (Elgueta, 2000).

Lo anterior es crítico, si consideramos que los catastros de especies constituyen un importante punto de partida para comprender el funcionamiento de los sistemas ecológicos y el posterior desarrollo de políticas de conservación (Morrone y Ruggiero, 2001). Por tanto, la riqueza de especies, su distribución geográfica y singularidad de ellas, constituye un antecedente fundamental para tomar decisiones destinadas al uso y protección de ambientes naturales (Rovito et al., 2004). Para la Región de Magallanes, no existen estudios entomológicos focalizados sobre los turbales que permitan: 1) cuantificar el número exacto de especies descritas y 2) determinar grados de similitud faunística entre las



formaciones vegetales en las que habitan. Por otra parte, los registros de la presencia de la mayoría de las especies se basan en localidades ambiguas, sin coordenadas geográficas y la información disponible está referida principalmente a la fauna coleopterológica presente en sectores aledaños al Parque Nacional Torres del Paine y Punta Arenas.

Para este capítulo, elaboramos una base de datos para coleópteros presentes en las provincias biogeográficas de la Región de Magallanes, la cual contempló familias, géneros, especies y localidades georreferenciadas. La metodología incluyó además revisión de literatura, estudio de colecciones, registros históricos y muestreos propios realizados en el marco de diversos proyectos de investigación en sectores continentales e insulares de la región: Parque Nacional Bernardo O'Higgins (PNBO), Canal de las Montañas (Reserva Nacional Alacalufes), Área

Marina Costera Protegida Francisco Coloane, Península de Brunswick (sector de San Juan), Parque Karukinka (sector en Tierra del Fuego), Parque Etnobotánico Omora (Isla Navarino) y Parque Nacional Cabo de Hornos; en la Figura 1 se observan los puntos de registros de especies coleópteros para las provincias biogeográficas presentes en la Región de Magallanes.

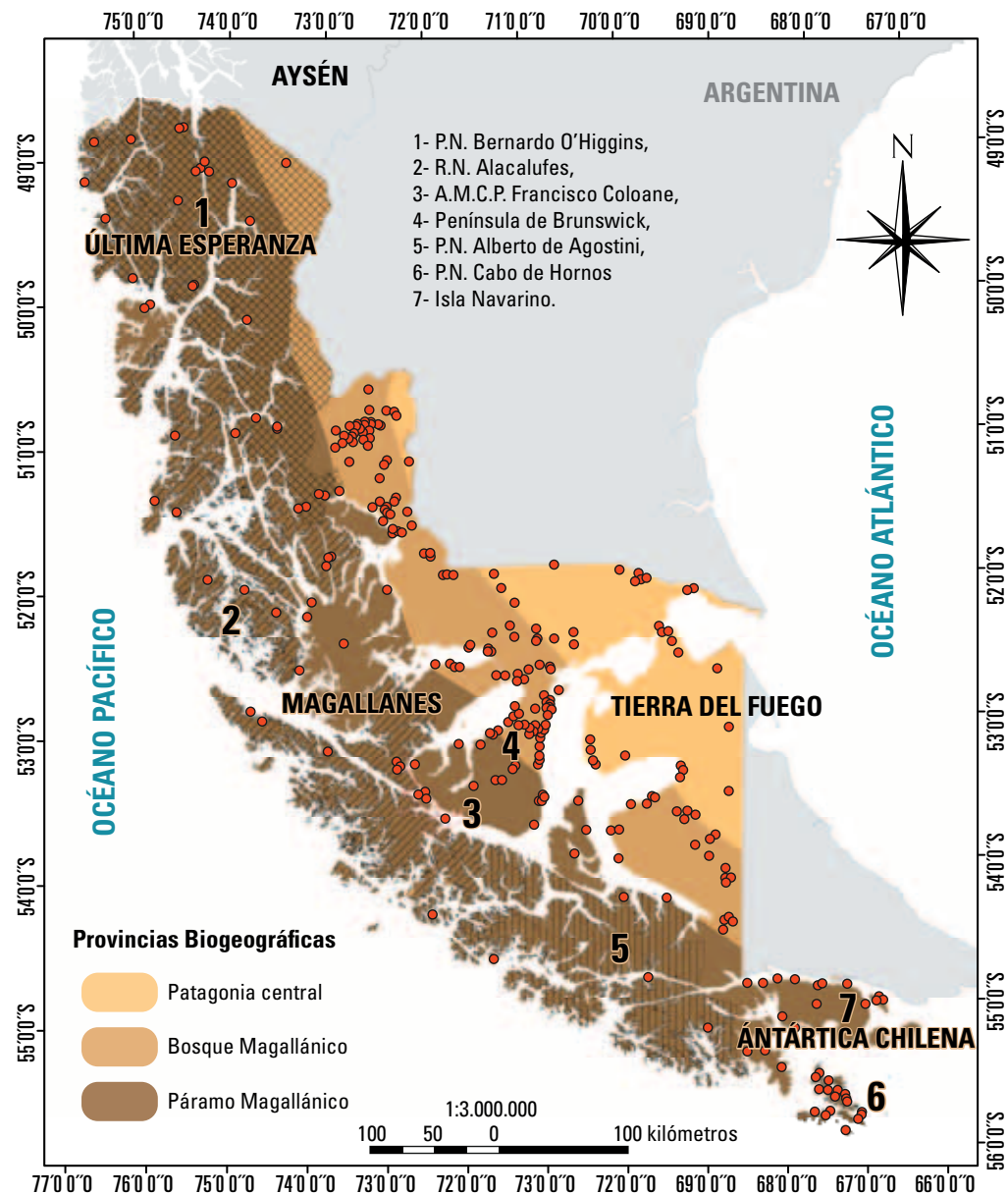


Figura 1. Puntos de registros de coleópteros para las provincias biogeográficas (según Morrone, 2006) presentes en la Región de Magallanes, Chile. Números señalan sectores asociados al Páramo Magallánico que cuentan con registros de coleópteros. 1: P.N. Bernardo O'Higgins, 2: R.N. Alacalufes, 3: A.M.C.P. Francisco Coloane, 4: Península de Brunswick, 5: P.N. Alberto de Agostini, 6: P.N. Cabo de Hornos y 7: Isla Navarino.

Para determinar qué especies de coleópteros caracterizan el Páramo Magallánico, se realizó un análisis espacial mediante grillas de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ de latitud/longitud, por toda la Región de Magallanes. Esto dado que muchos de los registros están asociados a una localidad no precisada o bien sólo a una coordenada, la cual no registra el nombre del sector de colecta. Posteriormente se realizó un intersección con las provincias biogeográficas descritas por Morrone (2006) para la región (e.g., Páramo Magallánico, Bosque Magallánico y Patagonia Central), con lo cual a cada cuadrícula se le otorgó como atributo el tipo de ambiente que representa. Finalmente, se realizó otro intersección entre los puntos de registro de todas las especies y las cuadrículas que representan las distintas provincias biogeográficas.

Luego, para evaluar si la fauna de coleópteros asociada al Páramo Magallánico difiere significativamente de las otras provincias, se realizó un análisis de varianza basada en permutaciones (PERMANOVA: Anderson, 2001), a través de 500.000 iteraciones sobre una matriz de similitud

de Jaccard (Jaccard, 1908). Posteriormente para determinar qué especies caracterizan en al menos un 90% la formación del ensamblaje en esta zona, se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER Clarke, 1993). Estos análisis se realizaron en los programas PRIMER-E v6.1.12 (Clarke y Gorley, 2006) y PERMANOVA+ v1.0.2 (Anderson et al., 2008).

Como resultados se obtuvo 406 registros para el Bosque Magallánico, 391 registros para el Páramo Magallánico y 95 registros para la Patagonia Central (Figura 1). En términos de riqueza, se contabilizó 23 familias, 105 géneros y 173 especies para la Región de Magallanes, de las cuales 93 están registradas para el Páramo Magallánico que definen las turberas (Tabla 2). Las familias más diversas son Carabidae y Curculionidae, con 43 y 23 especies respectivamente; el patrón de riqueza de los carábidos se explica porque la mayoría de las especies habitan estos ecosistemas subantárticos asociados a los bosques de *Nothofagus*, especialmente el Bosque Magallánico (Roig-Juñent y Domínguez, 2001).

Tabla 2. Composición taxonómica de coleópteros para las provincias biogeográficas de la Región de Magallanes, Chile.

Familia	Patagonia Central		Bosque Magallánico		Páramo Magallánico	
	Géneros	Especies	Géneros	Especies	Géneros	Especies
Anobiidae			1	1		
Apionidae	1	1	2	5	1	4
Byrrhidae			1	1	1	1
Cantharidae			1	1		
Carabidae	10	19	25	42	26	43
Cerambycidae			1	1		
Chrysomelidae	1	1	2	2	4	4
Coccinellidae			2	3	3	3
Curculionidae	9	16	16	30	16	23
Dytiscidae			1	2	1	1
Elateridae	1	1	2	2		
Geotrupidae	1	1	1	1		
Hydrophilidae					1	1
Lampyridae			1	1		
Leiodidae			1	2	1	1
Lucanidae	1	1	2	2	3	3
Meliridae			1	1		
Nitidulidae			2	2	1	1
Salpingidae			1	1		
Scarabaeidae	1	2	3	8	1	4
Silphidae	1	1	1	1		
Staphylinidae			1	1	4	4
Tenebrionidae	4	5	5	7		
	30	48	73	117	63	93

Al comparar los ensamblajes de coleópteros entre provincias biogeográficas, se observaron diferencias significativas (pseudoF_{2,161} = 3,29, p(MC) < 0,001). Si bien la similitud promedio del Páramo Magallánico fue de sólo 10,07%, ésta fue significativa al ser comparada con el Bosque Magallánico (t = 1,79, p(MC) < 0,001) y con Patagonia Central (t = 2,09, p(MC) < 0,001). Las especies que mejor representan la zona de turberas en la Región de Magallanes pertenecen a la familia Carabidae y son *Ceroglossus suturalis* (58,85%), *Abropus carnifex* (7,19%), *Cascellius gravesii* (5,7%), *Migadops latus* (Guérin-Ménéville, 1841) (5,08%), *Feronioli bradytoides* (Fairmaire,

1884) (4,31%), *Antarctonomus complanatus* (Blanchard, 1843) (2,55%), *Nothocascellius hyadesii* (Fairmaire, 1885) (2,26%), *Aemalodera centromaculata* Solier, 1849 (2,18%), *Nothotrechisibus hornensis* (Fairmaire, 1885) (1,54%) y *Cascellius septentrionalis* (Roig-Juñent 1995) (1,35%) (Apéndice I). En el apéndice I se entrega un resumen de las especies que se encuentran en sectores asociados al Páramo Magallánico. El área con mayor número de registros de especies para Magallanes fue la Isla Navarino (46 spp), seguida del Parque Nacional Bernardo O'Higgins (37 spp) y la Península de Brunswick (36 spp).

Aspectos de Conservación

Si bien la diversidad biológica y ecológica de los insectos los sitúan como componentes principales de los ecosistemas, rara vez son empleados en la caracterización de los ambientes naturales en Chile, debido a la escasa o nula información que existe en este sentido (Solervicens y Estrada, 2002).

Históricamente destacan los insectos recolectados por Darwin en las costas del Cabo de Hornos y del Estrecho de Magallanes que fueron la base de la descripción de un gran número de nuevas especies (Yudilevich y Castro, 1998; <http://darwin-online.org.uk/>). Sin embargo no existe información acerca de los hábitats en los que fueron recolectados. Del punto de vista de la conservación de las especies y de los hábitats donde viven, hasta el momento en Chile sólo cuatro especies de insectos han sido categorizadas según los criterios de la IUCN: 1) *Gyriosomus granulipennis* Pizarro-Araya y Flores, 2004 tenebriónido que habita la Isla Choros (Región de Coquimbo), Vulnerable (VU); 2) *Gyriosomus angustus* Philippi, 1864 tenebriónido que habita las planicies litorales de Paposos (Región de Antofagasta), En Peligro (EN) (Pizarro-Araya et

al., 2012); 3) *Callyntra multicosta* (Guérin-Ménéville, 1834) tenebriónido restringido a la zona costera de la Provincia de Valparaíso (Región de Valparaíso), En Peligro (EN); y 4) *Neoholopterus antarcticus* (Aurivillius, 1910) cerambícido que habita en el Parque Nacional Torres del Paine (Región de Magallanes), Vulnerable (VU). Esta situación exige entonces dirigir estudios conducentes a conocer las especies, el estado de sus poblaciones (si son estables o están en declinación) y los hábitats que esas poblaciones requieren.

De esta forma, hacemos un llamado de atención a los científicos nacionales, particularmente entomólogos, para que realicen o bien generen conocimientos sobre la bionomía de los insectos, ya que éstos podrían entregar evidencias robustas y complementarias a la hora de generar políticas de conservación de las turberas en la Región de Magallanes. En este sentido, autores como Contador et al., (2012) señalan que estos organismos parecen ser especialmente sensibles a las transformaciones de hábitat por causas antropogénicas, resultando en una rápida disminución del número de especies,



aún más rápido que lo observado en aves y plantas vasculares. De esta forma, es necesario considerarlos como indicadores efectivos en

estudios de monitoreo o seguimientos ambientales, ya que poseen un gran potencial a la hora de planificar estrategias de manejo en áreas protegidas.

1. *Abropus carnifex*



2. *Aemalodera centromaculata*



3. *Antarctonomus complanatus*



4. *Cascellius gravesii*



5. *Cascellius septentrionalis*



6. *Ceroglossus suturalis*



7. *Feroniola bradytoides*



8. *Migadops latus*



9. *Nothocascellius hyadesii*



10. *Nothotrechisibus hornensis*



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), en especial a Jovito González por su apoyo en la expedición al Canal de las Montañas (R.N. Alacalufes); al Centro de Estudios del Cuaternario (CEQUA) por su invitación y apoyo en la expedición del Parque Nacional Bernardo O'Higgins y AMCP Francisco Coloane; a la Fundación Omora, especialmente a Viviana Bauk, Quiterie Duron y Jaime Jiménez, por su colaboración y apoyo en el muestreo del Parque Etnobotánico Omora; a la Wildlife Conservation Society por su apoyo en los muestreos del Parque Karukinka (Tierra del Fuego). Al IADIZA, en especial a Sergio Roig-Juñent y Rodolfo Carrara, por facilitar parte de la distribución de coleópteros. A Marcos Ferrú por la creación y edición de las fotografías de coleópteros. Finalmente, queremos agradecer a Jaime Pizarro-Araya por sus valiosos comentarios para mejorar este manuscrito, así como también al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA- Kampenaike) y, en especial, a Erwin Domínguez por su invitación a colaborar en este libro. Este trabajo forma parte del Proyecto DIUC N° 212.113.080-1.0 de la Universidad de Concepción.



Bibliografía

- Amorin, D.S. 1990. A new species of the genus *Diaphidicus* Cook (Diptera, Bibionomorpha, Scatopsidae) from Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* 33:477-482.
- Anderson, C.B. 2004. Los macroinvertebrados acuáticos y sus ecosistemas dulceacuícolas. p. 12-19. En: Rozzi, R. y C. Anderson. eds. *Explorando la micro-biodiversidad del Cabo de Hornos*. Fundación Omora, Chile.
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26:32-46.
- Anderson, M.J., R.N. Gorley and K.R. Clarke. eds. 2008. *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods*. 214 p. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- Arroyo, M.T.K., C. Donoso, R. Murúa, E. Pisano, R. Schlatter and I. Serey (eds.). 1996. *Toward an Ecologically Sustainable Forestry Project. Concepts, Analysis and Recommendations. Protecting Biodiversity and Ecosystem Processes in the Río Cónдор Project - Tierra del Fuego*. 253 pp. Departamento de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, Chile.
- Arroyo, M.T.K., M. Mihoc, P. Plissock and M. Arroyo-Kalin. 2005. The Magellanic moorland. p. 424-445. In: Fraser, L.H. & P.A. Keddy. eds. *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ashworth, A.C. 2007. Beetle Records - Late Pleistocene of South America. p. 212-221. In: Elias, S.A. ed. *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands.
- Ashworth, A.C. and G. Kuschel. 2003. Fossil weevils (Coleoptera: Curculionidae) from latitude 85°S Antarctica. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 191:191-202.
- Ashworth, A.C., V. Markgraf and C. Villagrán. 1991. Late Quaternary climatic history of the Chilean Channels based on fossil pollen and beetle analyses, with an analysis of the modern vegetation and pollen rain. *Journal of Quaternary Science* 6:279-291.
- Boelcke, O., M.N. Correa, D.M. Moore y F.A. Roig. 1985. Catálogo de las Plantas Vasculares. p. 129-255. En: Boelcke, O., D.M. Moore y F.A. Roig. eds. *Transecta Botánica de la Patagonia Austral*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.
- Cekalovic, T. 1974. Divisiones biogeográficas de la XII región chilena (Magallanes). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 60:51-110.
- Charrier, R., L. Pinto and M.P. Rodríguez. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile. p. 21-114. In: Moreno, T. and W. Gibbons. eds. *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, UK.

Chown, S.L. 1989. Habitat use and diet as biogeographic indicators for subantarctic Ectemnorhini (Coleoptera: Curculionidae). *Antarctic Science* 1:23-30.

Chown, S.L. and C.H. Scholtz. 1989. Biology and ecology of the *Dusmoecetes* Jeannel (Col. Curculionidae) species complex on Marion Island. *Oecologia* 80:93-99.

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of change in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.

Clarke, K.R. and R.N. Gorley, eds. 2006. PRIMER v6: User manual/Tutorial. 190 p. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.

Contador, T.A., J.H. Kennedy and R. Rozzi. 2012. The conservation status of southern South American aquatic insects in the literature. *Biodiversity and Conservation* 21:2095-2107.

Crisci, J., M.M. Cigliano, J.J. Morrone and S. Roig-Juñent. 1991. Historical biogeography of southern South America. *Systematic Zoology* 40:152-171.

Darlington, P.J. ed. 1965. *Biogeography of the Southern End of the World. Distribution and history of far-southern life and land, with an assessment of continental drift.* xi + 236 pp. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

Domínguez, M.C., S. Roig-Juñent, J. Tassin, F. Ocampo and G. Flores. 2006. Areas of endemism of the Patagonian steppe: an approach based on insect distributional patterns using endemism analysis. *Journal of Biogeography* 33:1527-1537.

Domínguez, E., N. Bahamonde y C. Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 40(2):37-45.

Elgueta, M. 2000. Coleoptera de Chile. p. 145-154. En: Martín-Piera, F., J. Morrone y A. Melic. eds. *Hacia un proyecto Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica. PRIBES-2000, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza I.*

Elgueta, M., J. Mondaca y A. Vera. 2002. Fauna de coleópteros (Insecta: Coleoptera) del Parque Nacional Laguna San Rafael, Aisén-Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 51:103-115.

Godley, E.J. 1960. The botany of Southern Chile in relation to New Zealand and the Subantarctic. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 152:457-475.

Goffinet, B. y W. Buck. 2009. Introducción a las Briófitas. Disponible en URL: http://www.osara.org/darwin_2009/articles/GreenBook_60-119.pdf (accedido Agosto, 2013).

Guzmán, J. 2010. Roedores. p. 77-79. En: Fundación Cequa (eds.) *Parque Nacional Bernardo O'Higgins.* La Prensa Austral IMPRESOS, Punta Arenas, Chile.

Hammond, P., K. Jackson, S. Hine, D. Inward and E. Deboise. 2004. Composition and origin of forest beetle (Insecta: Coleoptera) assemblages in Region XI, Chile. Report in Raleigh International. National History Museum of London 1-29.

Henríquez, J.M. 2004. Estado de la turba esfagnosa en Magallanes. p. 93-104. En: Blanco, D.E. y V.M. de la Balze. eds. *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad.* Wetlands International, Publicación 19, Argentina.

Ibarra, J.T., C.B. Anderson, T.A. Altamirano, R. Rozzi and C. Bonacic. 2010. Diversity and singularity of the avifauna in the austral peat bogs of the Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 37:29-43.

Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Societe Vaudoise des Sciences Naturelles* 44:223-270.

Jiroux, E. 2006. Le genre *Ceroglossus*. 173 pp. Collection Systématique. Vol. 14. Magallanes, France.

Jofré, J., F. Massardo, R. Rozzi, B. Goffinet, P. Marino, R. Raguso y N.P. Navarro. 2010. Fenología de *Tayloria dubyi* (Splachnaceae) en las turberas de la Reserva de Biósfera Cabo de Hornos. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:195-206.

Jofré, J., B. Goffinet, P. Marino, R.A. Raguso, S.S. Nihei, F. Massardo and R. Rozzi. 2011. First evidence of insect attraction by a Southern Hemisphere Splachnaceae: The case of *Tayloria dubyi* Broth. in the Reserve Biosphere Cape Horn, Chile. *Nova Hedwigia* 92:317-326.

Kuschel, G. 1960. Terrestrial Zoology in Southern Chile. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 152:540-550.

Larraín, J. y J. Jofré. 2009. *Tayloria* Hook. Disponible en URL: <http://www.musgosdechile.cl/tayloria.html> (accedido Agosto, 2013).

Latorre, C., P.I. Moreno, G. Vargas, A. Maldonado, R. Villa-Martínez, J.J. Armesto, C. Villagrán, M. Pino, L. Núñez and M. Grosjean. 2007. Late Quaternary environments and palaeoclimate. p. 309-328. In: Moreno, T. y W. Gibbons (eds.) *The Geology of Chile.* The Geological Society of London, UK.

Loisel, J. and Z. Yu. 2013. Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 69:125-141.

Mercado, M. 2004. Macroinvertebrados de turberas australes (Tierra del Fuego). p. 119-126. En: Blanco, D.E. y V.M. de la Balze. eds. *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su la biodiversidad.* Wetlands International, Publicación 19, Argentina.

Morrone, J.J. 1992. Revisión sistemática y análisis cladístico del género *Antarctobius* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropica* 38:3-20.

Morrone, J.J. 1993. Revisión Sistemática de un nuevo género de Rhytirrhini (Coleoptera: Curculionidae), con un análisis biogeográfico del dominio subantártico. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 64:121-145.

Morrone, J.J. 1998. On Udvardy's Insularantarctica province: a test from the weevils (Coleoptera: Curculionoidea). *Journal of Biogeography* 25:947-955.

Morrone, J.J. 1999. Presentación preliminar de un nuevo esquema biogeográfico de América del Sur. *Biogeographica* 75:1-16.

Morrone, J.J. 2000. Biogeographic delimitation of the Subantarctic subregion and its provinces. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2: 1-15.

Morrone, J.J. ed. 2001. *Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis SEA, volumen 3*, Zaragoza, España.

Morrone, J.J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands, based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* 51:467-494.

Morrone, J.J. and R.S. Anderson. 1995. The Falklandius generic group: Cladistic analysis with description of new taxa (Coleoptera: Curculionidae: Rhytirrhini). *American Museum Novitates* 3121:1-14.

Morrone, J.J. and S. Roig-Juñent. 1995. The diversity of Patagonian weevils: An illustrated checklist of the Patagonian Curculionoidea (Insecta: Coleoptera). Ediciones L.O.L.A., Buenos Aires, Argentina.

Morrone, J.J. y A. Ruggiero. 2001. Cómo planificar un análisis biogeográfico. *Dugesiana* 7:1-8.

Niemelä, J. 1990. Habitat distribution of carabid beetles in Tierra del Fuego, South America. *Entomologica Fennica* 29:3-16.

Ortiz, J.C. y M. Iturra. 2010. Anfíbios. p. 84-87. En: Fundación CEQUA. eds. *Parque Nacional Bernardo O'Higgins*. La Prensa Austral IMPRESOS, Punta Arenas, Chile. 248 pp.

Peña, L.E. 1966. Ensayo preliminar para dividir Chile en regiones entomofaunísticas, basadas especialmente en la familia Tenebrionidae (Col.). *Revista Universitaria*. Chile. 50-51:209-220.

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.

Pizarro-Araya, J., O.E. Vergara y G.E. Flores. 2012. *Gyriosomus granulipennis* Pizarro-Araya y Flores 2004 (Coleoptera: Tenebrionidae) un caso extremo a conservar. *Revista Chilena de Historia Natural* 85:345-349.

Pliscoff, P. y F. Luebert. 2008. Ecosistemas terrestres. p. 74-87. En: CONAMA. eds. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos*. Segunda Edición Actualizada. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.

Prins, H.H.T.H. 1981. Why are mosses eaten in cold environments only? *Oikos* 38:374-380.

Roig-Juñent, S. 1994. Historia biogeográfica de América del Sur austral. *Muldequina* (Mendoza) 3:167-203.

Roig-Juñent, S. 1995. Revisión sistemática de los Creobina de América del Sur (Coleoptera: Carabidae: Broscini). *Acta Entomológica Chilena* 19:51-74.

Roig-Juñent, S. 2000. The subtribes and genera of the tribe Broscini (Coleoptera: Carabidae). Cladistic analysis, taxonomic treatment and biogeographical considerations. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 255:1-90.

Roig-Juñent, S. 2004. Los Migadopini (Coleoptera: Carabidae) de América del Sur: Descripción de las estructuras genitales masculinas y femeninas y consideraciones filogenéticas y biogeográficas. *Acta Entomológica Chilena* 28:7-29.

Roig-Juñent, S. y M.C. Domínguez. 2001. Diversidad de la familia Carabidae (Coleoptera) en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 74:549-571.

Roig-Juñent, S., J. Crisci, P. Posadas y S. Lagos. 2002. Áreas de distribución y endemismo en zonas continentales. p. 247-266. En: Costa C., S.A. Vanin, J.M. Lobo y A. Melic (eds.) *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*. PRIBES. Monografías del Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), CYTED, Zaragoza, España.

Roig-Juñent, S. y G. Debandi. 2004. Prioridades de conservación aplicando información filogenética y endemismo: un ejemplo basado en Carabidae (Coleoptera) de América del Sur austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:695-709.

Rovito, S.M., M.T.K. Arroyo and P. Pliscoff. 2004. Distribution and parsimony analysis of endemism of Senecio in the Mediterranean-type climate area of Central Chile. *Journal of Biogeography* 31:1623-1636.

Schiavini, A. 2000. Composición faunística de las turberas de Tierra del Fuego. Las Aves. p. 83-84. En: Coronato, A. y C. Roig. eds. *Curso Taller de Conservación de Ecosistemas a Nivel Mundial con Énfasis en las Turberas de Tierra del Fuego*. Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

Schlatter, R.P. 2004. Fauna de Turberas de la XII Región y Tierra del Fuego. p. 107-112. En: Blanco D.E. y V.M. de la Balze (eds.) *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Wetlands International, Publicación 19, Argentina.

Simonetti, J. 2000. Diversidad Biológica. p. 175-194. En: Hoffman, A. (ed.) *Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile-1999*. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Solervicens, J. y P. Estrada. 2002. Insectos epigeos de asociaciones vegetacionales esclerófilas de la Reserva Nacional Río Clarillo (Región Metropolitana, Chile). *Acta Entomológica Chilena* 26:27-44.

Speight, M.R., M.D. Hunter and A.D. Watt. eds. 2008. *Ecology of Insects. Concepts and Applications*. 628 pp. Wiley-Blackwell Editorial, Oxford, U.K.

Tapia, M.C. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la Provincia de Llanquihue, Chile. 82 pp. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía de Valdivia.

Valdés-Barrera, A., F. Repetto, A. Figueroa y B. Saavedra. 2012. Actas del taller: Conocimiento y valoración de las turberas de la Patagonia: Oportunidades y desafíos (24 - 25 de noviembre de 2011, Punta Arenas). Anales del Instituto de la Patagonia 40:67-82.

Venegas, C. 1976. Observaciones ornitológicas en la Tundra Magallánica. Anales del Instituto de la Patagonia 7:171-184.

Venegas, C. 1981. Aves de las Islas Wollaston y Bayly, Archipiélago del Cabo de Hornos. Anales del Instituto de la Patagonia 12:213-219.

Villagrán, C. y J.J. Armesto. 2005. Fitogeografía histórica de la Cordillera de la Costa de Chile. p. 99-116. En: Smith-Ramírez, C., J.J. Armesto y C. Valdovinos. eds. Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.

Villagrán, C. y L.F. Hinojosa. 2005. Esquema Biogeográfico de Chile. p. 551-577. En: Bousquets, J.L. y J.J. Morrone. eds. Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, Jiménez Editores, México.

Yudilevich, D. y E. Castro. 1998. Darwin en Chile (1832 – 1835). Viaje de un naturalista alrededor del mundo por Charles Darwin. Editorial Universitaria, Chile.

Apéndice 1. Diversidad de familias, géneros y especies de coleópteros en sectores del Páramo Magallánico, Región de Magallanes, Chile.

Familias/Géneros /Especies	P.N. Bernardo O'Higgins	R.N. Alacalufes*	A.M.C.P. Francisco Coloane	Península de Brunswick	P.N. Alberto de Agostini**	P.N. Cabo de Hornos	Isla Navarino	Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07)	Contribución (%)
Apionidae									
<i>Naterapion</i>									
<i>N. chilensis</i> Kissinger 2002	x			x			x		
<i>N. mearthyinchum</i> (Philippi & Philippi 1864)	x			x			x		
<i>N. nothofagi</i> Kissinger 2002				x			x		
<i>N. philippianum</i> (Alonso-Zarazaga 1983)	x			x			x		
Byrrhidae									
<i>Morychastes australis</i> (Blanchard 1853)			x						
Carabidae									
<i>Abropus carnifex</i> (Fabricius 1775)		x		x			x	7,19	
<i>Aemalodera centromaculata</i> Solier 1849		x		x			x	2,18	
<i>Anisostichus amoenus</i> (Solier 1849)				x			x		2,55
<i>Antarctonomus complanatus</i> (Blanchard 1843)	x			x			x		
<i>Bembidiomorpha convexum</i> Champion 1918	x								
Bembidiion									
<i>B. hornensis</i> (Jeannel 1962)									
<i>B. nigrita</i> Solier 1849							x		
<i>B. orregoii</i> Germain 1906									
<i>Bradycellus impressifrons</i> (Solier 1849)	x								
Cascellius									
<i>C. gravesii</i> Curtis 1839	x		x	x			x	5,7	
<i>C. septentrionalis</i> Roig-Juñent 1995	x		x					1,35	
<i>Ceroglossus suturalis</i> (Fabricius 1775)	x		x	x			x	58,85	

Apéndice 1. Diversidad de familias, géneros y especies de coleópteros en sectores del Páramo Magallánico, Región de Magallanes, Chile. (Continuación)

Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07) Contribución (%)

Familias/Géneros /Especies	P.N. Bernardo O'Higgins	R.N. Alacalufes*	A.M.C.P. Francisco Coloane	Península de Brunswick	P.N. Alberto de Agostini**	P.N. Cabo de Hornos	Isla Navarino	Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07) Contribución (%)
Chrysomelidae								
<i>Brachyhelops hahni</i> (Fairmaire 1885)	x	x			x		x	
<i>Hornius sulcifrons</i> Fairmaire 1885			x			x		
<i>Protosilapha holdgatei</i> Bech y Bech 1973	x		x					
Coccinellidae								
<i>Adalia kuscheli</i> Mader 1957				x			x	
<i>Eriopsis magellanica</i> (Philippi 1862)				x			x	
<i>Orytipus darwini</i> (Brèthes 1925)							x	
Curculionidae								
<i>Acalles humilis</i> Blanchard 1851		x					x	
<i>Acrostomus magellanicus</i> Kuschel 1958								
<i>Aegorhinus</i>								
<i>A. delfini</i> (Germain 1893)	x	x	x	x	x		x	x
<i>A. vitulus</i> (Fabricius 1775)	x	x	x	x	x		x	x
<i>Alastoropolus</i>								
<i>A. strumosus</i> (Olivier 1807)	x	x	x	x	x		x	
<i>Anthonomus</i>								
<i>A. ornatus</i> Blanchard 1851				x			x	
<i>A. signatipennis</i> Blanchard 1851				x			x	
<i>Berberidicola exaratus</i> (Blanchard 1851)				x			x	
<i>Cyldrorhinus conspersus</i> (Waterhouse 1841)		x						

Apéndice 1. Diversidad de familias, géneros y especies de coleópteros en sectores del Páramo Magallánico, Región de Magallanes, Chile. (Continuación)

Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07) Contribución (%)

Familias/Géneros /Especies	P.N. Bernardo O'Higgins	R.N. Alacalufes*	A.M.C.P. Francisco Coloane	Península de Brunswick	P.N. Alberto de Agostini**	P.N. Cabo de Hornos	Isla Navarino	Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07) Contribución (%)
Curculionidae								
<i>Cyldrorhinus dentipennis</i> (Burmeister 1879)				x				
<i>Dasydema hirtella</i> Blanchard 1851				x				
<i>Falklandiopsis magellanica</i> (Morrone 1992)				x				
<i>Falklandius antarcticus</i> (Stierlin 1903)	x		x				x	
<i>Germainiellus</i>								
<i>G. fulvicornis</i> (Germain 1895)				x			x	
<i>G. laevirostris</i> (Germain 1895)				x			x	
<i>G. lugens</i> (Germain 1895)	x			x			x	
<i>G. rugipennis</i> (Blanchard 1851)							x	
<i>Haversiella albolimbata</i> (Champion 1918)		x						
<i>Nothofagus lineaticollis</i> Kuschel 1952			x					
<i>Polydrusus nothofagi</i> Kuschel 1950	x							
<i>Rhyephenes maillei</i> (Gay & Solier 1839)				x	x			
<i>Telurus</i>								
<i>T. caudiculatus</i> Morrone & Anderson 1995		x					x	
<i>T. dissimilis</i> (Fairmaire 1885)	x					x		
Dytiscidae								
<i>Lancetes flavoscutatus</i> Enderlein 1912				x				
Hydrophilidae								
<i>Ceryon quisquilius</i> (Linnaeus 1761)	x							
Leiodidae								
<i>Nemadopsis edwardsi</i> Jeannel 1936	x		x					

Apéndice 1. Diversidad de familias, géneros y especies de coleópteros en sectores del Páramo Magallánico, Región de Magallanes, Chile. (Continuación)

Familias/Géneros /Especies	P.N. Bernardo O'Higgins	R.N. Alacalufes*	A.M.C.P. Francisco Coloane	Península de Brunswick	P.N. Alberto de Agostini**	P.N. Cabo de Hornos	Isla Navarino	Páramo Magallánico (Similitud promedio 10,07) Contribución (%)
Lucanidae								
<i>Chiasognathus grantii</i> Stephens 1831	x							
<i>Erichius femoralis</i> (Guérin-Ménéville) 1839							x	
<i>Sclerognathus femoralis</i> Guérin 1887			x				x	
Nitidulidae								
<i>Cratonura rufithorax</i> Reitter 1875					x			
Scarabaeidae								
<i>Sericoides</i>								
<i>S. chilena</i> (Fairmaire & Germain 1863)			x					
<i>S. glacialis</i> Fabricius 1775		x	x					
<i>S. lucida</i> (Curtis 1844)		x					x	
<i>S. multicolor</i> Martínez 1956	x							
Staphylinidae								
<i>Antarctothius fuegius</i> Coiffait & Saiz 1969	x							
<i>Cheilocolpus magallanicus</i> Saiz 1970	x							
<i>Golasina robusta</i> Jeannel 1962								
<i>Paractium nigrum</i> Jeannel 1962			x					
TOTAL	37	22	15	36	24	19	46	91,01

*Incluye la totalidad de la Isla Madre de Dios, el área cercana al Puerto Natales e inmediaciones a la Reserva Alacalufes

**Incluye la Isla Dawson y la totalidad de la Isla Hoste



Pyractonema obscura (Coleoptera: Lampyridae) turbera pulvinada en Bahía Libertad del Canal Messier (Fotografía Álvaro Zúñiga - Reinoso).



Capítulo 8

Anfibios de las turberas del extremo austral de Chile

Juan Carlos Ortiz¹

¹Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160 – C. Concepción, Chile. E-mail: jortiz@udec.cl

Introducción

La fauna de anfibios del extremo sur de nuestro país ha sido poco estudiada a pesar que se da cuenta de la presencia de ellos desde el siglo XIX, como resultado de las expediciones extranjeras que visitaron dichas latitudes (Bell, 1843; Günther, 1881; Ohlin, 1896; Anderson, 1898). Estas latitudes extremas de nuestro país, las que comprenden la zona sur de la Región de Aysén y la Región de Magallanes, han sido poco exploradas por la falta de conectividad terrestre, a lo cual se suma que ambas poseen una gran superficie y baja densidad poblacional. Esto hace que en muchos casos, los estudios de la fauna de anfibios presente en estos parajes sean escasos debido a este relativo aislamiento terrestre y a que las rutas para llegar a la mayor parte del territorio sean exclusivamente por vía marítima.

En Chile, las turberas como formación vegetal están representadas entre la Región de Los Ríos y la Región de Magallanes, en especial en sectores precordilleranos en ambas vertientes de la Cordillera de los Andes (Pisano, 1977; Roig *et al.*, 1985). Éstas se desarrollan de preferencia en sustratos con drenaje deficiente como depresiones intermorrénicas con arcillas o material morrénico con arcillas encerrados entre arcos morrénicos (Dollenz *et al.*, 2012). Este tipo de ambientes húmedos es un hábitat propicio para el desarrollo de los anfibios, ya que éstos dependen para su reproducción y estados larvarios de la presencia de agua. Ambas

regiones han estado expuestas a la acción de las glaciaciones hasta no hace mucho tiempo (McCulloch *et al.*, 2000; Villagrán y Armesto 2005; Charrier *et al.*, 2007; Latorre *et al.*, 2007), por lo que el desarrollo de las turberas es de una edad reciente (aprox. 10.000 años) y por lo tanto, su colonización por especies de anfibios es relativamente de corta data.

La presencia de los anfibios en un ecosistema se considera como un excelente bioindicador de la calidad ecológica que éstos presentan, por lo que la declinación de sus poblaciones e incluso de sus especies es un reflejo de la pérdida de hábitats (Lehtinen *et al.*, 1999; Stuart *et al.*, 2004). Por otra parte, los anfibios se han considerado como elementos importantes en los ecosistemas, dado a que son integrantes fundamentales de las cadenas tróficas (Lips *et al.*, 2006).

En este trabajo sólo consideraremos anfibios que han sido registrados en turberas que se distribuyen geográficamente desde la parte sur de la Región de Aysén, hasta la de Magallanes. Dentro de este contexto, gran parte de la biología y ecología de los anfibios presentes en las formaciones de turberas ha sido poco estudiada ya que las publicaciones se han centrado básicamente en entregar datos distribucionales (Atalah y Sielfeld, 1976; Venegas y Sielfeld, 1998; Asencio *et al.*, 2008; Ortiz e Iturra, 2010) y de abundancia relativa (Díaz-Páez *et al.*, 2002).



Metodología

Para caracterizar la fauna de anfibios presentes en las turberas se analizaron datos bibliográficos y se consideraron observaciones personales realizadas en proyectos relacionados con la determinación de la línea base de fauna terrestre en la zona sur de la XI Región de Aysén, el diagnóstico de flora y fauna terrestre y aves marinas en el Área

Marina Costera Protegida Francisco Coloane y la caracterización territorial del Parque Nacional Bernardo O'Higgins: su potencial económico, turístico, científico y cultural. Las observaciones se realizaron entre marzo de 2006 y marzo de 2012, para lo cual se siguieron los protocolos señalados por Heyer *et al.* (1994).



Resultados y discusión

Diversidad de anfibios

En Chile se encuentran representados 14 géneros y 63 especies, de las cuales 40 son endémicas (Lobos *et al.*, 2013). La mayor diversidad genérica y específica de anfibios se distribuye entre los 38° y 42° y ésta disminuye hacia el sur (Vidal, 2008). Las especies que se han señalado para las

regiones australes de nuestro país han sido a lo menos 15, pero sólo tres de ellas son propias del ambiente de turbera, más una que a pesar de ser de ambiente de estepa se ha encontrado recientemente en este tipo de condición en las cercanías de Punta Arenas (Tabla 1).

Tabla 1. Especies y hábitats de anfibios que se distribuyen en la Región de Magallanes y sur de la Región de Aysén.

Especies	Hábitat	Fuente
<i>Nannophryne variegata</i>	Turbera	Ortiz e Iturra, 2010
<i>Chaltenobatrachus aff. grandisonae</i>	Turbera	Ortiz, 2007
<i>Pleurodema bufoninum</i>	Turbera y Estepa	Domínguez (com. pers.)
<i>Batrachyla antartandica</i>	Turbera	Barrio, 1967
<i>Batrachyla leptotus</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Cei, 1962
<i>Batrachyla taeniata</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Cei, 1962
<i>Batrachyla nivaldoi</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Formas, 1997
<i>Eupsophus calcaratus</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Asencio <i>et al.</i> , 2008
<i>Hylorina sylvatica</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Asencio <i>et al.</i> , 2008
<i>Alsodes australis</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Formas <i>et al.</i> , 1997
<i>Alsodes coppingeri</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Formas <i>et al.</i> , 2008
<i>Alsodes kaweshkari</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Formas <i>et al.</i> , 1997
<i>Alsodes verrucosus</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Díaz y Núñez, 1988
<i>Atelognathus salai</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Cei, 1984
<i>Chaltenobatrachus grandisonae</i>	Bosque de <i>Nothofagus</i>	Cisternas <i>et al.</i> , 2013



Nannophryne variegata Günther, 1881, sapito de tres rayas amarillas (Figura 1A), es la especie de anfibios característica de las turberas del sur de Chile, donde es siempre muy abundante. Se encuentra prácticamente en todos los tipos de turberas, sean éstas de *Sphagnum* o gramínoideas, arboladas o de otro tipo. La reproducción se realiza en las pozas que quedan entre los cojines de *Sphagnum* o entre pozones presentes sobre sustratos

rocosos rodeados por esta vegetación. Las puestas que son colocadas en estos ambientes dan, posteriormente, origen a fines de primavera y comienzos de verano a una gran cantidad de larvas negras y pequeñas, de las cuales finalmente surgirán los estados postmetamórficos (Figura 1B). Las larvas que se mueren son consumidas por insectos acuáticos que conviven con ellas (Coleoptera: Dytiscidae y Heteroptera: Pentatomidae).



Figura 1A. Sapito de tres rayas amarillas (*Nannophryne variegata*), 1B. Pozones sobre sustratos rocosos con *Sphagnum*.



Batrachyla antartandica (Barrio, 1967), rana jaspeada (Figura 2A), aunque habita otros tipos de ambientes, se encuentra de preferencia en turberas gramínoideas de Ciperáceas y Juncáceas (*Schoenus* - *Carpha*), en zonas

arboladas con *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas) y *Nothofagus betuloides* (coigüe) (Figura 2B). En este tipo de hábitat es fácil escuchar a los machos durante el período reproductivo por su canto que asemeja el choque de dos piedras.



Figura 2A. Rana jaspeada (*Batrachyla antartandica*). 2B. Turberas arboladas.

Chaltenobatrachus aff *grandisonae* (Lynch, 1975) (Figura 3A) es una especie que se ha encontrado en turberas graminiformes y pulvinadas en cercanías de paredes rocosas tapizadas de *Donatia* y *Astenia*, donde también

se ubican pozones con larvas entre las gramíneas con turba (Figura 3B.). Se diferencia de *Ch. grandisonae sensu stricto*, en que a ésta sólo se le ha encontrado bajo troncos en bosque de *Nothofagus* y sus larvas en aguas lenticas.



Figura 3A. *Chaltenobatrachus* aff *grandisonae*. 3B. Hábitat turberas graminiformes. Seno Toro.

Pleurodema bufoninum, Bell, 1843, sapo de cuatro ojos grandes (Figura 4A), finalmente es una especie característica de la estepa patagónica y sólo llega a sectores ecotonales de zonas húmedas, como es el caso excepcional de encontrarse en una turbera de *Sphagnum*

magellanicum, sector llamado Turbera El sapo, la cual se encuentra rodeada por bosque patagónico subantártico de *N. betuloides* (Figura 4B). A esta especie le bastan pequeños espejos de agua para reproducirse, incluso en áreas antropizadas.



Figura 4A. Sapo de cuatro ojos grandes (*Pleurodema bufoninum*). 4B. Turbera de *Sphagnum magellanicum*, en Turbera El sapo.

Distribución

De las especies presentes en las turberas, *N. variegata* y *B. antartandica* se distribuyen ocupando prácticamente casi la totalidad de esta formación o piso vegetacional, mientras que *Chaltenobatrachus* presenta dos poblaciones aparentemente disjuntas, una formada por lo que hemos llamado *Ch. grandisonae sensu stricto* observado desde la parte sur de la cuenca del Río Baker (Laguna Caiquenes) hasta Puerto Edén y otra al norte de Punta Arenas en el Fiordo Toro, Isla Riesco. En cuanto a *P. bufoninum*, ésta se distribuye por la estepa patagónica y eventualmente en sectores ecotonales de turberas en mosaico con bosque de *Nothofagus* hasta el sur del Parque Nacional Torres del Paine.

De las 15 especies que se distribuyen en el sector sur de las Regiones de Aysén y Magallanes, la mayor parte (aproximadamente 11) sólo llega



hasta la altura de Puerto Edén que corresponde a la zona límite sur del Bosque valdiviano y donde comienza a ser reemplazado por el Páramo Magallánico. Esta situación produce una disminución de la diversidad de anfibios hacia el sur del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, llegando a una menor expresión en los sectores del Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane donde sólo se ha visualizado a *Ch. aff grandisonae*.

Conservación

El primer intento de categorización de los estados de conservación de los anfibios en Chile se remonta al Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1988), el cual continuó con los trabajos de Ortiz (1990), Formas (1995), Núñez *et al.* (1997) y Díaz y Ortiz (2003). Los estados de conservación según el sistema vigente de categorización se rigen por el Reglamento para la Clasificación de Especies

Silvestres según su Estado de Conservación (RCE), el cual considera los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza versión 3.1 (UICN, 2012). Las categorías de conservación en las cuales se encuentran consideradas las cuatro especies que hemos encontrado en las turberas de Aysén y Magallanes, no son preocupantes por el momento (Tabla 2) y se detallan a continuación.

Tabla 2. Estados de conservación según Libro Rojo (CONAF) de las especies de anfibios de las turberas de las Regiones de Aysén y Magallanes.

Especies	Nombre vulgar	Categoría de conservación
<i>Batrachyla antartandica</i>	Rana jaspeada	Preocupación Menor
<i>Nannophryne variegata</i>	Sapito de tres rayas amarillas	Preocupación Menor
<i>Pleurodema bufoninum</i>	Sapo de 4 ojos grandes	Casi Amenazada
<i>Chaltenobatrachus grandisonae</i>	Rana de Puerto Edén	Datos Deficientes

Casi Amenazada (*Pleurodema bufoninum*): Habiendo sido evaluada, esta especie no satisface actualmente los criterios para las categorías En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero está próxima a satisfacer los criterios de estas últimas categorías, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano. Sin embargo, por preferir fundamentalmente el ambiente de estepa más que el de turbera es posible que esta especie conserve esta categoría por largo tiempo y quizás estudios futuros la lleven a la categoría de Preocupación Menor.

Preocupación Menor (*Nannophryne variegata*, *Batrachyla antartandica*): Se incluyen en esta categoría especies abundantes y de amplia distribución y que, por lo tanto, pueden ser identificadas como de Preocupación Menor. Es la categoría de menor riesgo.

Datos Deficientes (*Chaltenobatrachus grand-*

sonae): Ésta no corresponde realmente a una categoría de conservación. Se aplica a especies que no pueden ser clasificadas en alguna categoría de conservación porque falta información.

Estas cuatro especies que se distribuyen en el piso del hábitat de turberas no presentan categorías de conservación precaria (En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable) ya que esta formación vegetal se encuentra muy bien representada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), alcanzando su protección entre un 50% a 70% de su superficie. A esto se debe agregar que aún la lejanía y la poca accesibilidad a estos hábitats permiten que no exista una fuerte presión antrópica sobre éstos. Sin embargo, en las zonas más cercanas al desarrollo urbano o antrópico y que no se encuentran en el SNASPE, la extracción de la turba de *Sphagnum* está poniendo en peligro las especies que viven ligadas a ella (Domínguez et al., 2012).



Conclusiones

La fauna de anfibios de las turberas del extremo sur de nuestro país es relativamente pobre debido a que estas áreas han estado cubiertas en gran parte, hasta no hace mucho tiempo, por los hielos producto de las últimas glaciaciones. Por otro lado, a pesar que la formación vegetal compuesta de turbera se encuentra bien protegida por el SNASPE, está expuesta a su explotación por la alta demanda que ella tiene como sustrato para cultivos agrícolas.

Agradecimientos

El autor agradece al Centro de Estudios del Cuaternario (CEQUA) por su invitación y apoyo en la expedición al Parque Nacional Bernardo O'Higgins y AMCP Francisco Coloane; así como al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA- KAMPENAIKE) y en especial, a Erwin Domínguez por su invitación a colaborar con este libro.

Bibliografía

- Anderson, L. J. 1898. List of Reptilia and Batrachians collected by the Swedish Expedition to Tierra del Fuego, 1895/1896 under direction of Dr. Otto Nordenskjöld. *Ofversigt af Kongl Vetenskaps Akademiens Forhandlingar*. 7: 457-662.
- Asencio, J., A. Kusch, J.M. Henríquez y J. Cárcamo. 2008. Registros de Anfibios en el Bosque Norpatagónico costero del Canal Messier, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*. Chile. 37: 113-116.
- Atalah, A. y W. Sielfeld. 1976. Presencia de *Batrachyla antartandica* Barrio en Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*. Chile. 7:169-170.
- Barrio, A. 1967. Observaciones eto-ecológicas sobre *Hylorina sylvatica* Bell (Anura, Leptodactylidae). *Physis*. 27: 153-157.
- Bell, T. 1843. Reptiles: In *Zoology. Voyage of the HMS Beagle*, London. 5: 1-51.
- Cei, J. M. 1962. *Batrachios de Chile*. Ediciones Universidad de Chile, Santiago, Chile. 128 pp.
- Cei, J.M. 1984. A new leptodactylid frog, genus *Atelognathus*, from southern Patagonia, Argentina. *Herpetologica*. 40(1): 47-51.
- Charrier, R., L. Pinto and M.P. Rodríguez. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile: p. 21-114. In: Moreno T. and W. Gibbons. eds. *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, UK.
- Cisternas, J., C. Correa, N. Velásquez and M. Penna. 2013. Reproductive features of *Chaltenobatrachus grandisonae* (Anura: Batrachylidae) within a protected area in Patagonia, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 85: 365-368.
- Díaz, N.F. y H. Núñez. 1988. Nuevo hallazgo de *Alsodes verrucosus* (Philippi, 1902) en Chile y descripción de su larva (Anura: Leptodactylidae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*. 41: 87-94.
- Díaz-Páez, H., C. Williams y R.A. Griffiths. 2002. Diversidad y abundancia de anfibios en el Parque Nacional Laguna San Rafael (XI Región, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*. 51: 135-145.
- Dollenz, O. J. Henríquez y E. Domínguez. 2012. La vegetación de las geoformas proglaciares en los glaciares Balmaceda, Tyndall, Taraba y Ema, Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*. Chile. 40(2):7-17.
- Domínguez E., N. Bahamonde y C. Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 40(2):37-45.
- Formas, J.R. 1997. A new species of *Batrachyla* (Anura: Leptodactylidae) from southern Chile. *Herpetologica*. 53: 6-13.
- Formas, J.R., C. Ubeda, C. Cuevas and J. Núñez. 1997. *Alsodes australis*, a new species of *Leptodactylid* frog from the temperate *Nothofagus* forest of Southern Chile and Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 32: 200-211.
- Günther, A. 1881. Reptiles and Batrachians collected during the survey of H.M.S. Alert on the Coast of Patagonia. *Proceeding of the Zoological Society, London*. 19-19.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek and M.S. Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington and London; 364 pp.
- Latorre, C., Pl. Moreno, G. Vargas, A. Maldonado, R. Villa-Martínez, J. J. Armesto, C. Villagrán, M. Pino, L. Núñez and M. Grosjean. 2007. Late Quaternary environments and palaeoclimate. p. 309-328. In: Moreno, T. and W. Gibbons (eds.). *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, UK.
- Lehtinen, R.M., S.M. Galatowisch and J.R. Tester. 1999. Consequences of habitat loss and fragmentation for wetland amphibian assemblages. *Wetlands*. 19: 1-12.
- Lips, K.R., F. Brem, R. Brenes, J.D. Reeve, R.A. Alford, J. Voyles, C. Carey, L. Livo, A.P. Pessier and J.P. Collins. 2006. Emergin infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *PNAS*. 103(9): 3165-3170.
- Lobos, G., M. Vidal, C. Correa, A. Labra, H. Díaz-Páez, A. Charrier, F. Rabanal, S. Díaz y C. Tala. 2013. *Anfibios de Chile, un desafío para la conservación*. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. Santiago. 104 pp.
- Lynch, J.D. 1975. A new Chilean frog of the extra-Andean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae). *Southern California Academy of Sciences Bulletin* 74: 160-161.
- Mc Culloch, R.D., M.J. Bentley, R.S. Purves, N.R.J. Hulton, D.E. Sugden and C.M. Clapperton. 2000. Climatic inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *Journal of Quaternary Science*. 15: 409-417.
- Ohlin, A. 1896. A zoologist in Tierra del Fuego. Some accounts of the Swedish Expedition 1895/1896. *Natural Science*. 9(55): 172-181.
- Ortiz, J.C. 2007. Vertebrados terrestres (mamíferos, anfibios y reptiles). En: Aguayo, A. ed. Informe Final "Diagnóstico de la Flora y Fauna de vertebrados y Aves marinas del AMCP Francisco Coloane". Ministerio de Bienes Nacionales, Punta Arenas.
- Ortiz, J.C. y M. Iturra. 2010. Anfibios: 84-87. En: Fundación CEQUA. eds. *Parque Nacional Bernardo O'Higgins*. La Prensa Austral IMPRESOS, Punta Arenas, Chile. 248 pp.

Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°S. *Anales del Instituto de la Patagonia*. Chile. 8: 121-250.

Roig, F.A., O. Dollenz y E. Méndez. 1985. La vegetación de los canales. Segunda Parte: 457-519. En: Boelcke, O., D. Moore & F.A. Roig, eds. *Transecta botánica de la Patagonia Austral*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICYT), Buenos Aires, Argentina.

Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S.L. Rodríguez, D.L. Fischman and R.W. Waller. 2004. Status and Trends and Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science*. 306: 1783-1786.

Venegas, C. y W. Sielfeld. 1998. Catálogo de los vertebrados de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas. 122 pp.

Vidal, M.A. 2008. Biogeografía de anfibios y reptiles. 195-231. En: Vidal M.A. y A. Labra (eds.), *Herpetología de Chile*. Springer Sciences. Science Verlag, Santiago, Chile.

Villagrán, C. y J.J. Armesto. 2005. Fitogeografía histórica de la Cordillera de la Costa de Chile: p. 99-116. En: Smith-Ramírez C., J.J. Armesto y C. Valdovinos, eds. *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago.





Capítulo 9

Avifauna en turberas Fuego-Patagónicas

Guillermo Riveros¹, Alejandro Kusch², Jaime Cárcamo³ y Erwin Domínguez⁴

¹Depto. de Biología, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso-Chile, ²Wildlife Conservation Society-Chile, ³Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, ⁴Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA - Kampenaiké. E-mail: griverg@upla.cl

Introducción

Las turberas son un tipo de humedal que se caracteriza por la producción progresiva de turba, material que resulta de la lenta descomposición y compactación de la materia orgánica de la vegetación dominante. Las turberas son reconocidas internacionalmente como uno de los mayores sumideros de carbono del planeta. Su superficie abarca entre 3-6% de la superficie de la Tierra (Clymo, 1984; Gorham, 1991); sin embargo, almacenan un tercio del C de los suelos terrestres, lo que equivale a un 75% del C contenido en la atmósfera (Gorham, 1991; Shurpali *et al.*, 2008; Vitt *et al.*, 2000; Asada y Warner, 2005). Además, las turberas almacenan el 10% del agua dulce disponible, de hecho, turberas saturadas contienen 90-98% de su masa en agua (Päivänen, 1982). Esta característica le confiere a las turberas la capacidad de regular el flujo hídrico a escalas de cuenca, interceptando el escurrimiento y almacenando las aguas pluviales (Holden, 2005).

Este tipo de ecosistema alberga una flora y fauna propia y característica, capaz de vivir en condiciones que son adversas para otras especies (Van Breemen, 1995), como el constante anegamiento, acidez, anoxia y escasa disponibilidad de nutrientes.

La distribución mundial de las turberas es altamente heterogénea concentrándose la mayor parte en el Hemisferio Norte, mientras que solo un 4% se ubica en América del Sur, principalmente en la Patagonia de Chile y Argentina. Las turberas en esta zona pertenecen al Complejo Tundra Magallánica y se encuentran dominadas por musgos del género *Sphagnum* característicos de hábitats húmedos, suelos de alta acidez y climas templados-fríos (Pisano, 1977-1983). En esta región existen amenazas directas e indirectas, que afectan la persistencia de las turberas en el largo plazo, como la explotación minera por la extracción de turba y la cosecha de musgo, el cambio climático, así como también la falta de conocimiento y valoración de estos ecosistemas australes como componentes relevantes de la biodiversidad mundial.

Según Schlatter y Schlatter (2004) las turbales alcanzan su máximo desarrollo en las regiones XI y XII donde prevalecen los humedales (Hauser, 1996). A fines de 1800 los inmigrantes europeos (escoceses, galeses, alemanes y yugoslavos) comienzan con el gran desarrollo minero y ganadero en dichas regiones australes, reconociendo y extrayendo la turba para combustible y energía para dragas auríferas y para la esquila de ovejas (Hauser, 1996). El descubrimiento del





petróleo en Magallanes en el año 1945 resultó en el abandono de la actividad y sólo a partir de 1990, se reactivó la extracción de turba para el uso agrícola en la zona central de país.

El uso de la turba se ha diversificado a la horticultura, como retenedor de agua en viveros de diversos tipos y también como sustrato por ejemplo para el cultivo de champiñones. Su extracción puede llegar a superar en Punta Arenas en promedio a las 900 toneladas.

Los ecosistemas de turberas tienen importancia global por su capacidad de regular ciclos biogeoquímicos, por su valor estético, por la información paleoambiental que guardan y por la diversidad de flora y fauna, siendo este último componente el menos conocido (Chapman *et al.*, 2003). En el Hemisferio Norte, las turberas son monitoreadas desde principios del siglo pasado por varias disciplinas de la zoología, pero pese a sus vastas extensiones son uno de los ecosistemas menos conocidos del mundo en términos de fauna, probablemente porque no se han detectado especies que

sean exclusivas de estos ecosistemas pese a que ciertos animales, entre ellos muchas aves, se encuentran preferentemente en ellas (Desrochers y Van Duinen, 2006).

Las comunidades aviares en un ecosistema determinado se encuentran presentes por su origen biogeográfico, porque se relacionan con la heterogeneidad del paisaje ecológico, y a escala menor, con la complejidad de la vegetación y la presencia de estructuras abióticas y bióticas (e.g.: presencia de agua, troncos, rocas, líquenes y musgos, materia en descomposición, entre otros). En este contexto, y reconociendo que las turberas son ecosistemas con una compleja red hidrológica y de variada estructura vegetacional (Pisano, 1977; Domínguez, 2014), es imprescindible para la correcta caracterización de la fauna, identificar los componentes ambientales más relevantes, comúnmente asociadas a la vegetación dominante.

La presencia de aves en este tipo de vegetación está determinado por un conjunto de variables del hábitat que provocan las dife-

rencias distribucionales que los autores como MacArthur y MacArthur (1961), MacArthur *et al.*, (1962), MacArthur y Levins (1964), MacArthur (1965), Willson (1974), Dickson y Noble (1978), Wiens (1989), Rappole *et al.* (1998), Bojorges y López (2001), MacFaden y Capen (2002), Lantschner y Rusch (2007) han demostrado que las aves son muy susceptibles a los efectos de las perturbaciones, tanto los individuos (cambios en conducta y fisiología), como sus poblaciones y comunidades (cambios en riqueza, diversidad, abundancia y distribución), situación que es aún más grave en el caso de especies endémicas o raras, que llegan a desaparecer. Por ello y debido a que la heterogeneidad en las características de la vegetación determina potencialmente su distribución, las aves pueden ser utilizadas como indicadores del estado de las comunidades bióticas (Hill *et al.*, 1997). Sin embargo, la manera específica en que la estructura vegetal de las turberas afecta la riqueza, la abundancia de las aves y la distribución es poco conocida. Por lo tanto, estas formaciones vegetales, en particular las de la zona patagónica de Chile, y sus condiciones actuales



† Datos proporcionados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Magallanes.



ha demostrado en territorio argentino (Blanco *et al.*, 2004) y que resulta evidente en terreno para un observador experimentado. Sin embargo, las evaluaciones de la avifauna en turberas de la Región de Magallanes no han asociado la vegetación dominante, aspecto que permitiría discriminar la riqueza de aves esperada para un sitio, y evitar generalizaciones para las comunidades de aves asociadas a turberas tan disímiles como las que se encuentran en la zona Fuego Patagónica. La consideración de la vegetación dominante en el análisis, también permite proponer investigaciones para entender la dinámica de los ensambles de aves en las turberas y la importancia relativa que

de perturbación constituyen sistemas idóneos para el estudio de la relación entre la fisonomía vegetal y las características de las comunidades de aves en el contexto de la conservación de la biodiversidad.

En la Región de Magallanes se han estudiado comunidades de aves en turberas, principalmente, en el *Complejo* de Tundra de la zona archipelágica (Venegas, 1982) y en menor medida en Tierra del Fuego (Schlatter, 2004) e Isla Navarino (Ibarra *et al.*, 2008). Para estos autores, la riqueza específica de aves en las turberas es pobre y asociada a los hábitats circundantes, principalmente bosques, hecho que también se

tienen los tipos de turberas para la avifauna en territorios de alta latitud del Hemisferio Sur en comparación con la información de avifauna de turberas proveniente desde Canadá, Irlanda, Finlandia, Rusia, entre los más representativos.

En este capítulo, se entrega información sobre la presencia de aves para varios tipos de turberas de Fuego Patagónicas clasificadas en función de la vegetación dominante, se discute sus diferencias y se exponen las necesidades de generar conocimiento sobre estos ecosistemas.

Área de estudio

Presentamos información sistematizada para los últimos 11 años de prospecciones aviares en 36 localidades de la zona Fuego-Patagónica. Los sitios de estudio se encuentran en las principales zonas zoogeográficas de la Patagonia y Tierra del Fuego de Chile, abarcando desde el glaciar Jorge Montt (49° S) por el norte hasta la isla Hornos (56° S) por el sur (Tabla 1 y Figura

1 para más detalles).

Las turberas se clasificaron según la composición florística de la vegetación y su fisonomía dado que explican la estructura de cada turbera en relación a la vegetación dominante, incluyendo implícitamente una serie de rasgos o caracteres del hábitat.

Tabla 1. Localidades donde se registró la avifauna de turberas de la zona de Magallanes. Los sitios indicados con * corresponden a muestreos cuantitativos.

Localidades	Coordenadas en UTM			Coordenada geográficas	
	x	y	huso	Latitud	Longitud
Azopardo	503011	3963204	19 F	54°28'43.67"S	68°57'12.71"O
Seno Amalia*	584890	4358559	18 F	50°55'6.10"S	73°47'32.34"O
Isla Orella*	491572	4585464	18 F	48°53'1.39"S	75° 6'53.90"O
Canal Azul*	619402	4296280	18 F	51°28'19.30"S	73°16'50.95"O
Edimburgo*	547196	4563589	18 F	49° 4'43.49"S	74°21'13.38"O
Encuentro*	597757	4289864	18 F	51°32'1.88"S	73°35'26.14"O
Estero Asia*	590170	4405656	18 F	50°29'38.85"S	73°43'43.41"O
Europa*	569365	4437428	18 F	50°12'40.53"S	74° 1'40.25"O
Falcon*	578505	4514061	18 F	49°31'15.54"S	73°54'55.14"O
Fiordo Norte*	582253	4342504	18 F	51° 3'47.12"S	73°49'34.28"O
Isla Kalau*	466626	4525437	18 F	49°25'22.18"S	75°27'36.71"O
Jorge Montt*	609000	4658653	18 F	48°12'57.53"S	73°31'57.48"O
Mutilla*	463221	4585845	18 F	48°52'45.33"S	75°30'5.87"O
Ofhidro*	585772	4638648	18 F	48°23'58.16"S	73°50'28.28"O
Pío XI Bahía Elizabeth*	565613	4543444	18 F	49°15'29.70"S	74° 5'53.76"O
Seno Wald*	532147	4591507	18 F	48°49'42.90"S	74°33'43.16"O
White*	530521	4467971	18 F	49°56'23.44"S	74°34'28.77"O
Ba. James*	541601	4534332	18 F	49°20'32.33"S	74°25'38.27"O
Pta. Edimburgo*	543116	4558149	18 F	49° 7'40.73"S	74°24'32.41"O
Ba. Broome*	534564	4513181	18 F	49°31'58.79"S	74°31'20.37"O
Ang. Inglesa*	543726	4575501	18 F	48°58'18.68"S	74°24'9.06"O
Lago Valdera*	582277	4342530	18 F	51° 3'46.26"S	73°49'33.06"O
Pto. Edén*	543102	4558348	18 F	49° 7'34.29"S	74°24'33.18"O
Núñez	658449	4096076	18 F	53°15'39.14"S	72°37'28.00"O
Hornos	611222	3796383	18 F	55°57'53.98"S	67°13'5.45"O
Skyring	702007	4158863	18 F	52°40'56.78"S	72° 0'41.22"O
Radioestación	541317	4558387	18 F	49° 7'33.47"S	74°26'1.27"O
Cóndor 1	657339	4086368	18 F	53°20'54.22"S	72°38'10.53"O
Cóndor 2	655058	4087019	18 F	53°20'35.59"S	72°40'14.93"O
Batchelor 1	678797	4061666	18 F	53°33'48.14"S	72°18'0.77"O
Batchelor 2	680812	4063311	18 F	53°32'52.48"S	72°16'14.80"O
Dean	673180	4033466	18 F	53°49'6.46"S	72°22'9.05"O
Navarino	557679	3905775	19 F	54°59'29.65"S	68° 5'54.59"O
Otway	345412	4107289	19 F	53° 9'40.67"S	71°18'44.25"O
Carlos III	675894	4055143	18 F	53°37'22.52"S	72°20'25.14"O
Toro	659966	4078997	18 F	53°24'49.69"S	72°35'35.15"O

Método

Muestreos de avifauna



de observación de radio indefinido en un sitio aventajado para aumentar la detección de especies. Debido a que los rasgos de la historia de vida y los nichos de las especies son mejores herramientas de análisis para comprender la importancia de las especies y su hábitat (Petchev y Gaston, 2007; Schmera *et al.*, 2009; Cadotte *et al.*, 2011), se entrega información sobre el hábito trófico, sitio de alimentación, sitio de nidificación y estatus de residencia. Se determinó el grado de similitud de la presencia de las especies de aves en las 36 localidades utilizando el índice de Jaccard.

Para el análisis numérico de las comunidades y cálculos de parámetros ecológicos como Diversidad de Shannon (H'), Uniformidad (J'), abundancia relativa y riqueza de aves de los diferentes tipos de turberas, se consideraron 22 localidades del sector noroccidental de Magallanes, dentro del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, en las que se obtuvo la abundancia de cada especie de aves (Tabla 1). Se efectuaron puntos y transectos de conteo de aves para los análisis mencionados. Estaciones de escucha fueron utilizados especialmente en los sectores de bosque, renoval y bosque achaparrado. El número de puntos de escucha por cobertura vegetal dependió de la superficie de cada cobertura. La duración de los conteos se realizó siguiendo la metodología de Hutto *et al.*, (1986) y Bibby *et al.*, (1992) permaneciendo en

Todos los sitios estudiados fueron visitados en meses estivales y, dependiendo del tamaño del área revisada, las prospecciones duraron entre un día (turberas $<1 \text{ km}^2$) y cinco días ($1 \text{ a } 3 \text{ km}^2$). En todos los sitios se establecieron bandas de muestreo de longitud variable que se repitieron, al menos, dos veces en cada sitio. Debido a la irregularidad del terreno, la presencia de lagunillas y en ocasiones la vegetación densa que dificulta la detección visual de aves, al inicio de cada banda se estableció puntos

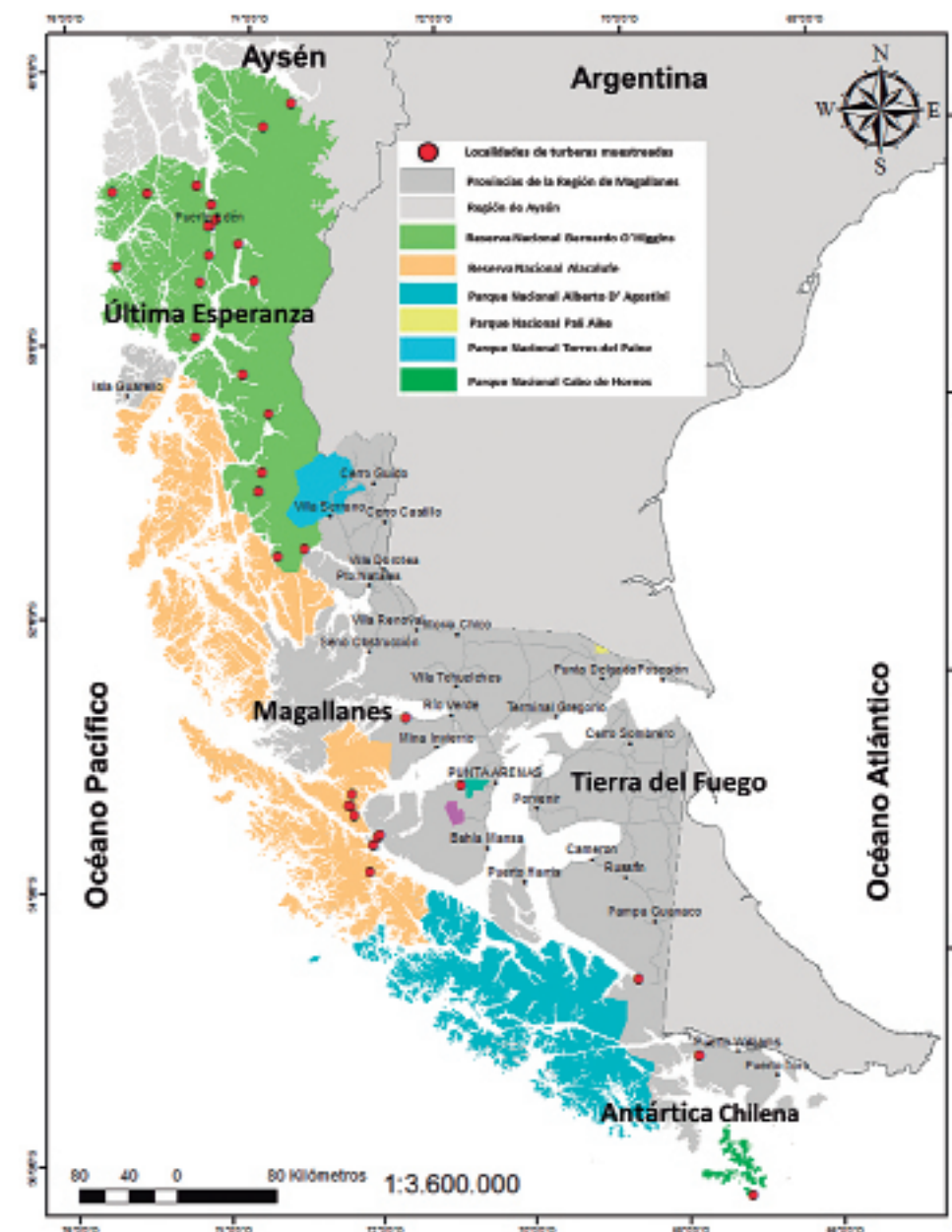


Figura 1. Localización de las turberas estudiadas y principales datos geográficos en la Región de Magallanes.

silencio por unos minutos después del arribo al punto, de tal modo de adaptar a las aves a nuestra presencia.

Todos los puntos muestreados cumplieron con los supuestos de independencia y distancia mínimas de otros hábitats y agentes que disturben los censos. Éstos se realizaron a pie y existió una buena cantidad de huellas por donde transitar para tener acceso a lo menos a 100 m al interior y evitar el efecto de borde con el bosque. En cada punto de muestreo se contabilizó la avifauna por un tiempo constante de 15 minutos. El sistema de cuantificación fue el de puntos de radio variable (Sutherland, 1996) dependiendo de la visibilidad de cada sitio de muestreo.

Esta técnica de estimación de aves es la indicada para hábitats abiertos como es el caso de las praderas, matorral y turberas con vegetación baja, las que no presentan gran cantidad de obstáculos que interrumpan la visión. El muestreo se efectuó estableciendo rutas por la

cual un observador camina pausadamente, detectando las aves que aparecen (visual o acústicamente) en el trayecto (Berthold, 1976; Bibby *et al.*, 1992). Durante este tiempo del recorrido, el observador registro las aves dentro de una banda lateral de 50 m de ancho a ambos lados. Los censos se efectuaron a pie. La longitud del transecto fue determinada de acuerdo a las condiciones de terreno y la superficie total homogénea de cada unidad de muestreo.

Con el total de especies registradas se elaboró una lista con información sobre algunos rasgos funcionales como los hábitos tróficos: carnívoras, insectívoras, carroñeras, herbívoras, granívoras, frugívoras, nectarívoras y omnívora; según el área de forrajeo que comprende el suelo, aéreo, follaje, corteza, subacuático y facultativos a todos los niveles; y el sitio de nidificación que agrupa a las aves que nidifican en copas de vegetación, dentro del follaje, cavidades, suelo, en altura y acantilados. Para asignar el estado de residencia se siguió a Venegas y Sielfeld (1998).



Descripción de las turberas y su clasificación

Los ecosistemas de turberas en Chile están bien representados en territorios lluviosos entre las regiones de Los Ríos y de Magallanes. Las turberas se encuentran en territorios precordilleranos al este y oeste de la Cordillera de los Andes, adquiriendo importancia en términos de paisaje en el Archipiélago Patagónico (Roivainen, 1954; Pisano, 1977). La edad de las turberas raramente supera los 10.000 años, ya que se han establecido después del retroceso de los hielos hace 17.800 años AP. Las turberas se desarrollan bajo condiciones climáticas oceánicas con temperaturas templado-frías y mínimas invernales moderadas que impiden la congelación permanente del suelo o *permafrost* como ocurre en el Hemisferio Norte donde se

presentan condiciones climáticas continentales con mínimas invernales extremadamente bajas (Pisano, 1983).

Si bien desde un punto de vista científico – técnico para los ecosistemas de turberas se pueden construir diversas clasificaciones basadas en atributos físicos, biológicos o ecológicos, en este caso se propone una clasificación práctica basada en las especies dominantes, que permite representar grandes unidades vegetacionales visualmente evidentes en el terreno y que pueden ser cartografiadas a una escala apropiada. A partir de esta clasificación, también es posible identificar subunidades que pueden derivar de las principales por variaciones ambientales.



Turberas de *Sphagnum*

A continuación se entrega una clasificación a micro-escala de las Turberas de *Sphagnum* presentes en la Región de Magallanes. Lo interesante de esta propuesta es reconocer que una misma turbera de *Sphagnum*, puede presentar tres variantes:

a) Turbera de *Sphagnum* típica sin especies arbóreas.

Se caracteriza porque el musgo *Sphagnum magellanicum* es la especie dominante superando el 70% de cobertura con cojines de 30 a 50 cm de alto, con una flora herbácea típica integrada por *Tetroncium magellanicum*, *Carex magellanica*, *Myrteola nummularia* y *Drosera uniflora*.

b) Turbera de murtila y junquillo, derivada de la desecación del *Sphagnum*.

Se caracteriza porque los montículos del musgo *Sphagnum* al elevarse entre 50 a 120 cm, se alejan del nivel freático superficial de su entorno, generando una condición particular; que permite la colonización de *Empetrum rubrum* (murtila), un arbusto enano y entre los cojines crece *Marsippospermum grandiflorum* un junquillo y *Polytrichum strictum*. La cobertura del *Sphagnum* para este tipo de turbera es de 40 a 50%.



c) Turbera arbolada, con la presencia de agrupaciones aisladas de baja densidad de árboles enanos de ñirre, coigüe y ciprés de las Guaitecas.

Se caracteriza por constituir una sinusia leñosa dominada por especies arbóreas, en donde coexisten *Pilgerodendron uviferum*, *Podocarpus nubigena*, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus antarctica* (Henríquez, 2004) con vegetación perenne dominada por plantas vasculares. Pissano (1983) describe también a las turberas arboladas como un bosque abierto de *P. uvifera* asociado a *N. betuloides*. La cobertura del *Sphagnum* para este tipo de turbera es de 25 a 30%, la sinusia arbórea no superan los 2 m de altura, con una cobertura entre 10 a 20% acompañada por una estrata arbustiva formada por *Lepidothamnus fonkii* o *Empetrum rubrum*.

Geográficamente, están bien representadas en la región Sub Andina Oriental, formada por una faja de transición entre la Cordillera de los Andes y las planicies orientales.

En general, presentan una topografía superficial que va desde llana a convexa. Se trata de turberas en las que domina el *Sphagnum*, planta hidrófila con gran capacidad de retener humedad (Iturraspe y Roig, 2000). Son pobres en nutrientes minerales, los que obtienen del agua de lluvia. Absorben iones básicos y liberan iones hidrógeno selectivamente, incrementando la acidez del medio húmedo en que se encuentran. La acidez del medio, combinada con una baja disponibilidad de oxígeno, inhibe el accionar de organismos descomponedores, lo que condiciona la oxidación de materia orgánica, que se acumula formando "turba".

Turberas pulvinadas

Las plantas pulvinadas son aquellas que crecen con forma de cojín. Este tipo de turberas está dominado por: *Donatia fascicularis*, *Astelia pumila*, *Caltha dioneifolia*, *Bolax caespitosa*, *Gaimardia australis* y *Phyllachne uliginosa*, a las que se asocian otras especies comunes con las Turberas de *Sphagnum* como son *Tetroncium magellanicum* y *Carex magellanica*.

Son frecuentes en el Archipiélago Patagónico y en las precordilleras occidental y oriental de Los Andes, formando parches dentro de las Turberas de *Sphagnum* y de ciperáceas.

Es una turbera ácida, pobre en nutrientes minerales, alimentada por agua de lluvia. Es el tipo más común en los sectores más lluviosos donde alcanzan su mejor desarrollo las plantas pulvinadas, imprimiéndole una fisonomía de cojines densos que forman una carpeta vegetal compacta. Se establecen sobre substratos rocosos, desde sitios planos cerca de la costa hasta ligeramente ondulados en sitios elevados, con marcadas deficiencias de drenaje, en los que se desarrolla un suelo azonal, fuertemente ácido, delgado y muy rico en materia orgánica parcialmente humificada en todo su perfil.



Turbera graminiforme o graminoide

Es un tipo de turbera donde dominan especies semejantes a una gramínea, con las que se asocian briófitas, líquenes y plantas de turberas, otorgándole una fisonomía de pradera pantanosa. Las especies más importantes son: *Schoenus*

antarcticus, *S. andinus*, *S. rhynchosporoides*, *Carpha schoenoides*, *Cortaderia egmontiana*, *C. microglochin*, *Eleocharis albibracteata*, *Poa alopecurus* y *Rostkovia magellanica*. Las Turberas Graminiformes pueden presentar dos variantes a micro - escala, ellas son:

a) Turberas de ciperáceas y juncáceas (*Schoenus* - *Carpha*)

Se caracterizan porque se establecen en zonas más o menos planas anegadas o bien en laderas de pendiente variable, sobre un sustrato rocoso, con un suelo turboso delgado.

b) Arbolada con *Pilgerodendron* y coigüe.

Al igual que en las turberas de *Sphagnum*, las Turberas graminoides, por cambios en el nivel freático, son colonizadas por especies arbóreas que presentan a menudo una escasa cobertura, con ejemplares de tamaño pequeño de ciprés de las Guaitecas (*P. uviferum*), ñirre (*N. antarctica*), coigüe (*N. betuloides*), notro (*E. coccineum*) y tepú (*T. stipularis*).

Geográficamente, están bien representadas en el archipiélago patagónico y en la precordillera andina occidental.

Es una turbera ácida, que obtiene sus nutrientes por agua de escurrimiento superficial, con vegetación perenne dominada por plantas vasculares.



Resultados

Similitud Taxonómica de presencia y ausencia de aves en las diferentes turberas

En las turberas prospectadas de Magallanes el total de especies de aves registradas fue de 46 especies, repartidas en 12 géneros y 24 familias (Tabla 2), pero con una gran variación entre sitios. En el análisis del dendrograma se evidencia que la formación vegetal de turbera de *Sphagnum* es la que presenta menor afinidad taxonómica con el resto de las formaciones de turberas (50%) debido al hecho que es la formación con menos especies presentes (10 especies). Del resto de las formaciones de turba se separa rápidamente la turbera arbolada, presentando una similitud de 58% con las turberas arbustivas, graminiforme y pulvinada, debiéndose principalmente a que su riqueza es de 19 especies, dentro de este

grupo se encuentran 10 especies de hábitos principalmente arbóreos y de estas 5 exclusivas de esta formación. La turbera arbustiva tiene una similitud de 65% con las otras dos turberas (pulvinada y graminiforme) esto se podría explicar por la presencia de una cobertura de 50% de *Sphagnum* y el resto de especies vegetales leñosas y junquillo, permitiendo el ingreso de aves de hábitos alimentarios en especies leñosas. La máxima afinidad taxonómica se establece entre las turberas pulvinadas y graminiformes con un 68% que se explica por la similitud de las turberas en cuanto al perfil fisionómico de la vegetación como su composición florística (Figura 2).

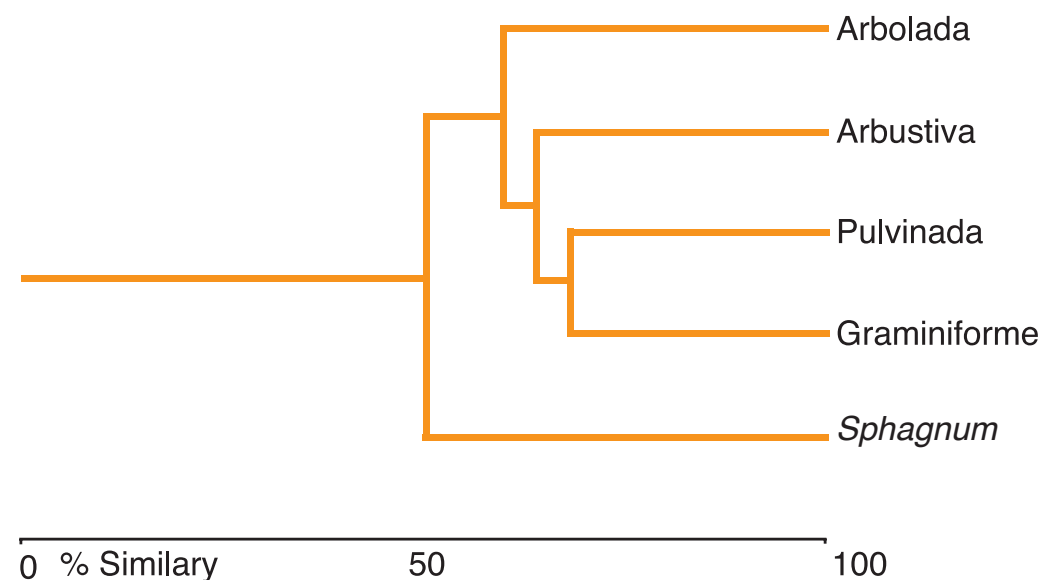


Figura 2. Dendrograma de similitud de Jaccard entre las formaciones vegetacionales de turberas Fuego Patagónicas.

Tabla 2. Composición de aves de las Turberas Fuego- Patagónicas.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	Garza Cuca
Cathartiforme	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato jergón chico
		<i>Chloephaga hybrida</i>	Caranca
		<i>Chloephaga poliocephala</i>	Canquén
		<i>Chloephaga picta</i>	Caiquén
Falconiformes	Accipitridae	<i>Accipiter chilensis</i>	Peuquito
		<i>Milvago chimango</i>	Tiuque
	Falconidae	<i>Phalcoboenus australis</i>	Carancho negro
		<i>Plyborus plancus</i>	Traro
Gruiforme	Rallidae	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Piden
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius modestus</i>	Chorlo Chileno
		<i>Vallenus chilensis</i>	Queltehue
	Scolopacidae	<i>Gallinago paraguaiiae</i>	Becasina
		<i>Gallinago stricklandii</i>	Becasina grande
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Cachaña
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium nanum</i>	Chuncho
Apodiformes	Trochilidae	<i>Sephanoides sephaniodes</i>	Picaflor chico
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Ceryle torquata</i>	Martín pescador
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes pitius</i>	Pitío
		<i>Picoides lignarius</i>	Carpinterito
		<i>Campephilus magellanicus</i>	Carpintero negro
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes patagonicus</i>	Churrete
		<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete
		<i>Aphrastura spinicauda</i>	acanelado
		<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Rayadito
		<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Tijeral
	Rhinocryptidae	<i>Scelorchilus rubecula</i>	Comesebo
		<i>Scytalopus magellanicus</i>	Chucao
	Tyrannidae	<i>Xolmis pyrope</i>	Churrín del sur
		<i>Muscisaxicola macloviana</i>	Diucón
		<i>Lessonia rufa</i>	Dormilona
		<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Colegial
		<i>Elaenia albiceps</i>	Viudita
		<i>Anairetes parulus</i>	Fiofío
	Hirundinidae	<i>Tachycineta meyeni</i>	Cachudito
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Golondrina chilena
	Muscicapidae	<i>Turdus falcklandii</i>	Chercán
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Zorzal
	Icteridae	<i>Curaeus curaeus</i>	Chincol
		<i>Sturnella loyca</i>	Tordo
	Motacilidae	<i>Anthus correndera</i>	Lloica
	Thaupidae	<i>Melanoderes xanthogramma</i>	Minero
	Fringillidae	<i>Phrygilus patagonicus</i>	Yal cordillerano
		<i>Carduelis barbata</i>	Cometocino
			patagónico
			Jilguero

Caracterización cuantitativa de las comunidades de aves en turberas de la porción noroccidental de Magallanes

El análisis numérico de los ensambles de aves de las diferentes turberas de la porción noroccidental de Magallanes arroja que la riqueza de la avifauna se compuso de 36 especies (Tabla 3) con una abundancia total de 1.490 ejemplares registrados. En su conjunto, la comunidad aviar de las turberas es 43% residente, 40% migratoria y 17% corresponde a especies migratorias parciales o con movimientos intrarregionales. De las turberas prospectadas, las especies con mayor incidencia fueron *Elaenia albiceps* (18,86%), *Aphrastura spinicauda* (10,20%), *Phrygilus patagonicus* (9,26%), *Curaeus curaeus* (7,65%) y *Zonotrichia capensis* (6,85%).

Hay que destacar la ocurrencia en todos los tipos de turberas las especies *Turdus falcklandii*, y *Zonotrichia capensis*, también hay que mencionar que hay 9 especies que están a lo menos en cuatro tipos de turberas, siendo las más abundantes *Elaenia albiceps* con un 18,86%, *Curaeus curaeus* 7,65% y la especie *Anairetes parulus* con 5,50%, en cambio las especies *Gallinago paraguaiiae* o Becasina común habitan en tres tipos de turberas (Pulvinada, Graminiforme y Arbustiva) y la presencia de *G. stricklandii* o Becasina grande en localidades con turberas graminiformes y pulvinada (tabla 3). Si bien la Becasina común habita en prácticamente cualquier tipo de terreno anegado, podría tratarse de una de las pocas aves "especialistas" que utilizan las turberas. Por otra parte, la Becasina grande posee un territorio de distribución más restringido en la zona sur de Chile y en Magallanes y se ha observado casi exclusivamente en la zona central y archipiélagica donde las diferentes expresiones de turberas son el hábitat preferido por ellas. (Kusch y Marín, 2010).

Al analizar la riqueza de aves en las turberas se



puede apreciar que las turberas graminiformes y arbustivas presentan la mayor riqueza de especies (25), muy cercana a la turbera Pulvinada con 22 especies en cambio la turbera con menos especies representadas es la de *Sphagnum pura* con 5 especies. Al relacionar la riqueza con las abundancias poblacionales de cada una de las especies a través de índice de diversidad se puede indicar que la turbera con mayor diversidad es la Pulvinada ($H' = 2,88$ y un índice de uniformidad de $J' = 0,93$) (tabla 3).

Si comparamos las distintas localidades muestreadas se evidencia que el Seno Amalia y Ofhrido presenta un máximo de 16 especies en turbera graminiforme y arbustiva respectivamente, seguido por Jorge Montt con 15 especies respectivamente en turbera arbustiva, estos tres sitios corresponden al Parque Nacional Bernardo O'Higgins (Tabla 3).

Tabla 4. Avifauna total catastrada en Turbera pulvinada con sus riquezas, abundancias y parámetros ecológicos.

Turbera Pulvinada	Seno Wald	Isla Kalau	White	Europa	Lago Valdera	TOTAL	Abundancia %
<i>Chloephaga hybrida</i>		4			4	4	3,28
<i>Vultur gryphus</i>				2		2	1,64
<i>Charadrius modestus</i>			2		2	4	3,28
<i>Gallinago paraguaiiae</i>		2			4	6	4,92
<i>Gallinago stricklandii</i>		1			1	2	1,64
<i>Cinclodes patagonicus</i>	2				2	4	3,28
<i>Cinclodes fuscus</i>			2		4	6	4,92
<i>Aphrastura spinicauda</i>				2		2	1,64
<i>Scytalopus magellanicus</i>		2		6		8	6,56
<i>Scelorchilus rubecula</i>				2	2	4	3,28
<i>Xolmis pyrope</i>		2		1		3	2,46
<i>Muscisaxicola macloviana</i>	4	2	4			10	8,20
<i>Lessonia rufa</i>	2				6	8	6,56
<i>Colorhamphus parvirostris</i>		2				2	1,64
<i>Elaenia albiceps</i>				4		4	3,28
<i>Anairetes parulus</i>				4		4	3,28
<i>Tachycineta meyeni</i>		2	2	2	4	10	8,20
<i>Troglodytes aedon</i>	2	2				4	3,28
<i>Turdus falcklandii</i>	2			2	2	6	4,92
<i>Zonotrichia capensis</i>		8	3	4	6	21	17,21
<i>Curaeus curaesus</i>		4				4	3,28
<i>Carduelis barbata</i>		4				4	3,28
Total	12	31	13	29	37	122	100,00

Riqueza (S)	5	11	5	10	11	22
Diversidad (H')	1,57	2,23	1,57	2,18	2,28	2,88
Uniformidad (J)	0,97	0,93	0,97	0,95	0,95	0,93

Avifauna de turbera graminiforme

En este tipo de turbera se registraron 25 especies en 9 localidades cuyas especies más abundantes fueron *Zonotrichia capensis* con un 21,97%, *Muscisaxicola macloviana* con el 9,83% y *Chloephaga poliocephala* con un 9,25% de abundancia. Este tipo de turbera es considerada muchas veces un pradera pantanosa y se caracteriza por presentar tres especies propias respecto de otros tipos de turberas entre las que se des-

tacon *Chloephaga poliocephala*, *Ceryle torquata* y *Leptasthenura aegitaloides* (Tabla 3 y 5).

El sector más representativo que tiene una riqueza de 16 especies corresponde a Seno Amalia del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, además, es la localidad que registra la mayoría de las especies únicas de esta formación vegetal (Tabla 5).

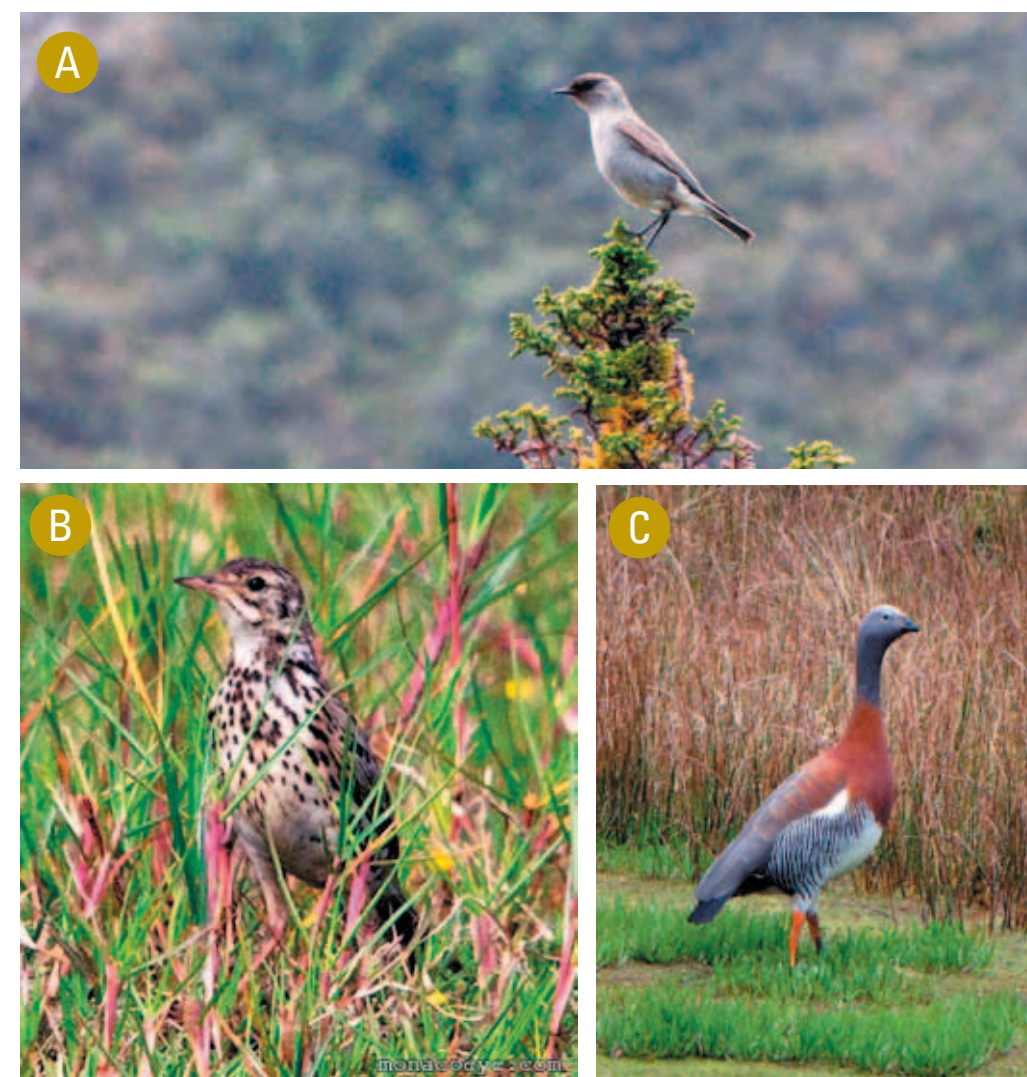


Figura 5. A. *Muscisaxicola macloviana*, B. *Anthus correndera* y C. *Chloephaga poliocephala*.

Avifauna de turbera arbustiva

En este tipo de turbera que predomina vegetacionalmente el musgo *Sphagnum* con una cobertura de 50% y la presencia de arbustos de murtilla y juncos con una cobertura del 40 % originando un perfil fisionómico de mayor altura con más estratos vegetacionales, lo que permite de esta manera mejores condiciones de habitabilidad para las aves, situación que se corrobora con la riqueza de aves de este tipo de vegetación que es una de las más alta de este estudio (25 especies), refrendada con presencia de especies de ambientes leñosos como son los carpinteros *Picoides lignarius* y *Colaptes pitius*, pero las especies más abundantes están

representadas por especies de ambientes húmedos como son *Muscisaxicola macloviana* con un 13,55% y *Gallinago paraguaiæ* con 8,06%, como también las especies *Carduelis barbata* (12,09%) y *Zonotrichia capensis* (10,26)% que habitan preferentemente en los sitios de mayor cobertura de matorral arbustivo. También hay que resaltar la presencia de 5 especies únicas en esta turbera como *Ardea cocoi*, *Anas flavirostris*, *Polyborus plancus* y los dos carpinteros citados anteriormente. Los sectores mejor representados en el Parque Nacional Bernardo O'Higgins son Ofhidro y Jorge Montt con 16 y 15 especies respectivamente (Tabla 6).

Tabla 5. Avifauna total catastrada en turbera graminiforme con sus riquezas, abundancias y parámetros ecológicos.

Turbera Graminiforme	Isla Orella	Murtilla	Edimburgo	Bahía Elizabeth	Falcon	Amalia	Fiordo Norte	Canal Lago Azul	Encuentros	TOTAL	Abundancia %
<i>Chloephaga poliocephala</i>	4					4		8		16	9,25
<i>Vultur gryphus</i>		1				2				1	0,58
<i>Milvago chimango</i>		1				2				1	0,58
<i>Charadrius modestus</i>	4					2				4	2,31
<i>Gallinago paraguaiæ</i>			1			2				3	1,73
<i>Gallinago stricklandii</i>						5				2	1,16
<i>Ceryle torquata</i>		1				2				1	0,58
<i>Cinclodes patagonicus</i>				4		2				4	2,31
<i>Cinclodes fuscus</i>						2	2			2	1,16
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>						8				2	1,16
<i>Scoyalopus magellanicus</i>						4				5	2,89
<i>Scelorchilus rubecula</i>		2				3				2	1,16
<i>Xolmis pyrope</i>				2		2				4	2,31
<i>Muscisaxicola macloviana</i>	2	4	3	2		2	4	4		17	9,83
<i>Lessonia rufa</i>			2			11				4	2,31
<i>Coloampinus parvirostris</i>						24				8	4,62
<i>Elaenia albiceps</i>						4				4	2,31
<i>Anairetes parulus</i>				4		4				3	1,73
<i>Tachycineta meyeri</i>	2		4					2		10	5,78
<i>Troglodytes aedon</i>					3					5	2,89
<i>Turdus falcklandii</i>				2						13	7,51
<i>Zonotrichia capensis</i>					5			4		38	21,97
<i>Curaeus curaeus</i>									5	8	4,62
<i>Phrygilus patagonicus</i>	2				2				4	4	2,31
<i>Carduelis barbata</i>					4				4	4	2,31
Total	10	4	10	4	14	81	6	18	13	132	100,00
Riqueza (S)	4	1	4	2	4	16	2	4	3	19	
Diversidad (H')	1,33	0,00	1,28	0,69	1,33	2,39	0,64	1,28	1,09	2,52	
Uniformidad (J)	0,96	0,00	0,93	1,00	0,96	0,86	0,92	0,92	0,99	0,86	

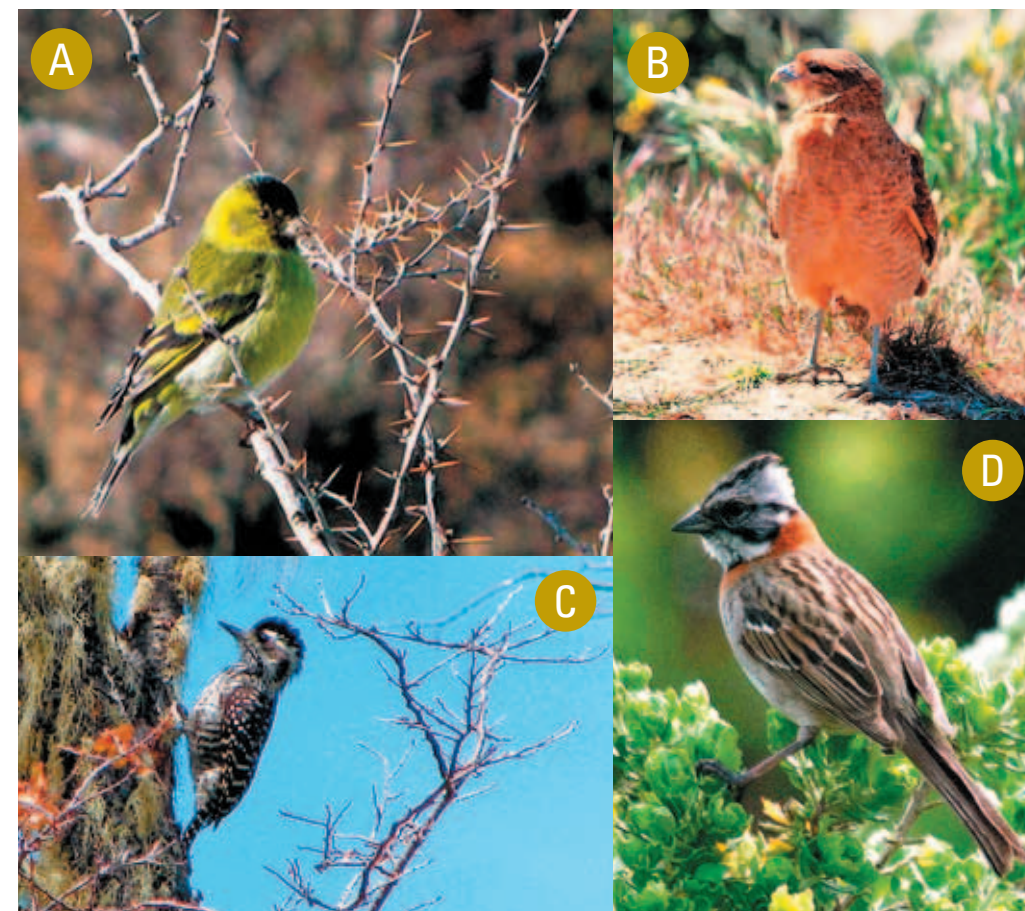


Figura 6. A. *Carduelis barbata*, B. *Milvago chimango* y C. *Picoides lignarius* y D. *Zonotrichia capensis*

Tabla 6. Avifauna total catastrada en turbera arbustiva con sus riquezas, abundancias y parámetros ecológicos.

Turba Arbustiva	Jorge Montt	Ofhidro	Estero Asia	TOTAL	Abundancia %
<i>Ardea cocoi</i>			1	1	0,37
<i>Anas flavirostris</i>		15		15	5,49
<i>Vultur gryphus</i>	1			1	0,37
<i>Polyborus plancus</i>			1	1	0,37
<i>Milvago chimango</i>			2	2	0,73
<i>Charadrius modestus</i>		12		12	4,40
<i>Gallinago paraguaiae</i>		22		22	8,06
<i>Enicognathus ferrugineus</i>	4	4		8	2,93
<i>Picoides lignarius</i>	1	1		2	0,73
<i>Colaptes pitius</i>	2	2		4	1,47
<i>Cinclodes fuscus</i>		10		10	3,66
<i>Aphrastura spinicauda</i>			4	4	1,47
<i>Scytalopus magellanicus</i>	2		2	4	1,47
<i>Scelorchilus rubecula</i>		2		2	0,73
<i>Xolmis pyrope</i>	4			4	1,47
<i>Muscisaxicola macloviana</i>	27	10		37	13,55
<i>Elaenia albiceps</i>	4	4	2	10	3,66
<i>Anairetes parulus</i>			4	4	1,47
<i>Tachycineta meyeri</i>	4	4		8	2,93
<i>Troglodytes aedon</i>	8	2		10	3,66
<i>Turdus falcklandii</i>	19	2		21	7,69
<i>Zonotrichia capensis</i>	22	2	4	28	10,26
<i>Curaeus curaeus</i>	4	4	6	14	5,13
<i>Phrygilus patagonicus</i>	10	4	2	16	5,86
<i>Carduelis barbata</i>	5		28	33	12,09
Total	117	100	56	273	100,00

Riqueza (S)	15	16	11	25
Diversidad (H')	2,27	2,41	1,77	2,82
Uniformidad (J)	0,84	0,88	0,74	0,88

Avifauna de turbera arbolada

En este tipo de turbera se consideran las turberas de *Sphagnum* con presencia de árboles (*Pilgerodendron uviferum*, *Podocarpus nubigena*, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus antarctica*) de alturas no superiores a 2 m con coberturas de un máximo de un 30% y de turberas graminiformes arboladas con la presencia de especies arbóreas como ciprés de las Guaitecas (*P. uviferum*), ñirre (*N. antarctica*), coigüe (*N. betuloides*), notro (*E. coccineum*) y tepú (*T. stipularis*). Al analizar la avifauna acompañante

de esta formación vegetal encontramos una riqueza de 14 especies siendo, las más abundantes *Elaenia albiceps* con un 29,42%, *Aphrastura spinicauda* con un 16,33% y *Phrygilus patagonicus* con el 12,30% de abundancia cada una, todas estas especies son de ambientes leñosos y arbóreos principalmente. *Sephanoides galeritus*, *Glaucidium nanum* y *Pygarrhyas albogularis* son especies propias de este tipo de turbera arbolada que también son de hábitos arbóreos (Tabla 7).

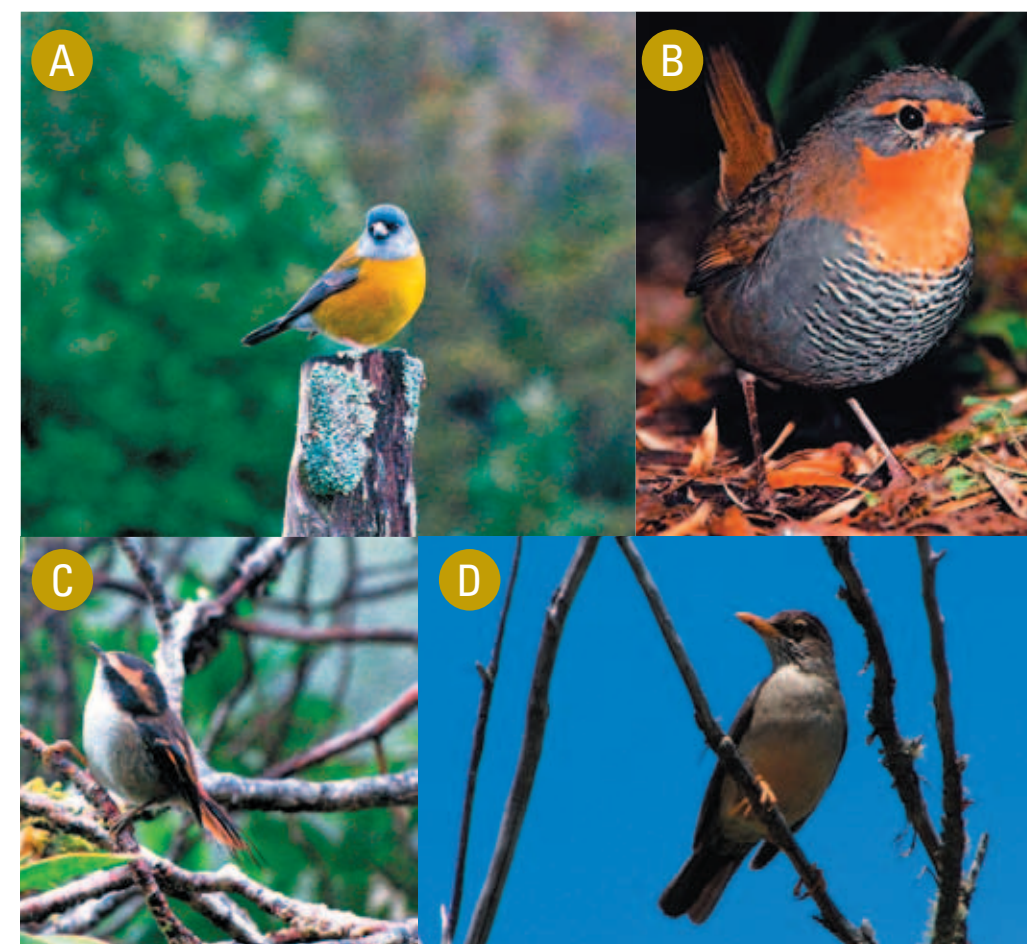


Figura 7. A. *Phrygilus patagonicus*, B. *Scelorchilus rubecula*, C. *Aphrastura spinicauda* y D. *Turdus falcklandii* (Zorzal)



Tabla 7. Avifauna total catastrada en turbera arbolada con sus riquezas, abundancias y parámetros ecológicos.

Turba Arbolada	Bahía James	Radioestación	Pta. Broome	Ang. Inglesa	TOTAL	Abundancia %
<i>Glaucidium nanum</i>	3	2	3		8	0,89
<i>Sephanoides galeritus</i>	2	33	15	5	55	6,15
<i>Aphrastura spinicauda</i>	68		69	9	146	16,33
<i>Pygarrhyas albobularis</i>	7	13	1		21	2,35
<i>Scytalopus magellanicus</i>	18	2	38		58	6,49
<i>Scelorchilus tubecula</i>				1	1	0,11
<i>Xolmis pyrope</i>				4	4	0,45
<i>Elaenia albiceps</i>	61	84	92	26	263	29,42
<i>Anairetes parulus</i>	29	42			71	7,94
<i>Tachycineta meyeni</i>	8	4		9	21	2,35
<i>Turdus falcklandii</i>	13		2	20	35	3,91
<i>Zonotrichia capensis</i>		13			13	1,45
<i>Curaeus curaeus</i>	15	31	34	8	88	9,84
<i>Phrygilus patagonicus</i>	58		23	29	110	12,30
Total	282	224	277	111	894	100,00

Riqueza (S)	11	9	9	9	13
Diversidad (H')	1,98	1,72	1,71	1,90	2,13
Uniformidad (J)	0,83	0,79	0,78	0,86	0,81

Uso de las turberas por las especies de aves

Respecto del uso de turberas como sitio de anidación, existe una tendencia a la mayor presencia de aves que anidan en el follaje o cavidades en las turberas arbustivas respecto de las turberas puras de *Sphagnum* y pulvinadas. Mientras que las aves que anidan en el suelo son más recurrentes en las turberas gramini-formes de esta revisión donde el anegamiento es menor:

Cuando se analizan las riquezas de especies de cada turbera, la riqueza específica de la turbera pulvinada tiene más del cuádruple de especies que en la turberas de *Sphagnum* pura. Sin embargo, al agruparlas por tipo de turbera, las turberas de *Sphagnum* arbustiva y las gramini-formes albergaron la mayor riqueza de especies con 25 cada una respectivamente; mientras que

en las arboladas solo 14 especies. Los órdenes Passeriformes, Piciformes, Psittaciformes y Apodiformes agruparon la mayoría de las especies, 30 en total, siguiendo las aves de presa (6), aves zancudas (5) y aves acuáticas (6).

En relación al hábito trófico de las aves de turberas, estas se alimentan de distintas fuentes de alimentación generadas por estos hábitat siendo la alimentación de artrópodos especialmente insectos la más común, representando el 57% de las especies, y en segundo lugar las herbívoras con un 21,7% en cambio el hábito trófico menos recurrentes es el nectívoro con solo una especie

Y si consideramos el área de forrajeo el suelo representa el más utilizado con un 43,5% y en su conjunto el aéreo con el follaje suman el 48,9% de los hábitos de forrajeo (Tabla 8).



Tabla 8. Rasgos funcionales de las especies encontradas en los distintos tipos de turberas, de la zona austral de Chile. Hábito trófico (C: carnívoro, Cc: carroñero, I: insectívoro, H: herbívoro, Hg: granívoro, Hf: frugívoro, Hn: nectarívoro, O: omnívoro), Área de forrajeo (Sb: subacuático, Ae: aéreo, Fl: follaje, Co: corteza, Su: suelo, Tn: todos los niveles), Sitio de nidificación (Co: copas de vegetación, Fo: dentro del follaje, Ca: cavidades, Sl: suelo, Ac: en altura, acantilado).

	Hábito trófico	Área de forrajeo	Sitio de nidificación
<i>Ardea cocoi</i>	C	Sb	Fo
<i>Chloephaga poliocephala</i>	H	Su	Sl
<i>Chloephaga hybrida</i>	H	Su	Sl
<i>Chloephaga picta</i>	H	Su	Sl
<i>Anas flavirostris</i>	H	Sb	Sl
<i>Vultur gryphus</i>	Cc	Su	Ac
<i>Accipiter chilensis</i>	C	Ae	Cp
<i>Polyborus plancus</i>	Cc	Su	Cp
<i>Phalcoboenus australis</i>	Cc	Su	Ac, Cp
<i>Milvago chimango</i>	Cc	Su	Cp
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	I	Su	Sl
<i>Charadrius modestus</i>	I	Su	Sl
<i>Vanellus chilensis</i>	I	Su	Sl
<i>Gallinago paraguaiiae</i>	I	Su	Sl
<i>Gallinago stricklandii</i>	I	Su	Sl
<i>Glaucidium nanum</i>	C	Ae	Ca
<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Hg, Hf	Fo	Ca
<i>Sephanoides galeritus</i>	Hn	Fo	Fo
<i>Ceryle torquata</i>	C	Su	Ca
<i>Campephilus magellanicus</i>	I	Co	Ca
<i>Picooides lignarius</i>	I	Co	Ca
<i>Colaptes pitius</i>	I	Co	Ca
<i>Cinclodes patagonicus</i>	I	Su	Sl
<i>Cinclodes fuscus</i>	I	Su	Sl
<i>Aphrastura spinicauda</i>	I	Fl, Co	Ca
<i>Pygarrhyas albogularis</i>	I	Co	Ca
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	I	Fl, Co	Fo
<i>Scytalopus magellanicus</i>	I	Fl, Co	Ca
<i>Scelorchilus rubecula</i>	I	Su, Fl	Ca
<i>Xolmis pyrope</i>	I	Ae	Fo
<i>Muscisaxicola macloviana</i>	I	Ae	Sl
<i>Lessonia rufa</i>	I	Su, Ae	Sl
<i>Colorhamphus parvirostris</i>	I	Fl, Ae	Fo
<i>Elaenia albiceps</i>	I	Fl	Ca
<i>Anairetes parulus</i>	I	Fo, Ae	Fo
<i>Tachycineta meyeri</i>	I	Ae	Ca
<i>Troglodytes aedon</i>	I	Fl, Ae	Fo
<i>Cistothorus platensis</i>	I	Fl, Ae	Fo
<i>Turdus falcklandii</i>	O	Su	Sl
<i>Anthus correndera</i>	I	Su	Sl
<i>Zonotrichia capensis</i>	Hg, Hf	Tn	Fo
<i>Curaeus curaesus</i>	O	Su	Fo
<i>Sturnella loica</i>	I	Su	Sl
<i>Melanodera xanthogramma</i>	Hg, Hf	Su	Sl
<i>Phrygilus patagonicus</i>	Hg, Hf	Fl	Fo
<i>Carduelis barbata</i>	Hg, Hf	Fl	Fo

Discusión

En las turberas la avifauna se distribuye de manera similar a otros ecosistemas donde la diversidad de aves está relacionada con atributos de la vegetación y la multiplicidad de nichos del hábitat. La composición de especies estará mejor representada por aves de bosque en las turberas de *Sphagnum*-arboladas y arbustivas, y es influenciada por los bosques circundantes en las turberas puras de *Sphagnum* donde la diversidad es menor.

De esta forma se presentarán especies propias de pastizales como *Sturnella loyca* y *Anthus correndera* en turberas gramínicas. Lo anterior también se expresa en la diversidad de historias de vida en función de la reproducción (nichos de nidificación) y de la alimentación (tipo y forma de captura de alimento). Si bien la riqueza específica de aves no es alta en las distintas turberas respecto de otros ecosistemas como los bosques o la estepa patagónica, no debe despreciarse la idea que las turberas son ambientes importantes como fuente de recursos alimentarios a las comunidades de aves de los hábitats circundantes o para poblaciones migratorias como *Muscisaxicola macloviana*. Las turberas en Magallanes deben ser uno de los ecosistemas menos estudiados desde el punto de vista de la fauna. La variabilidad en el número de especies que se pueden encontrar podría ser muy alta debido a la utilización de oportunistas, como por ejemplo *Theresticus melanopsis*, observada en turberas de la zona sur de Chile, pero no registrada en este trabajo. Otro ejemplo es que a partir de esta recopilación, se ha podido extender un poco más al sur la distribución de Chucao, sólo a partir de una expedición más detallada de las turberas magallánicas (Ver Cárcamo et al., 2008 y este estudio). Pero una particularidad de las turberas es que, aparentemente, no existen en el mundo ejemplos de aves que sean propias o exclusivas de turberas, pero sí existen especies que están mejor adaptadas a ambientes

terrestres hiperhúmedos fríos como algunos Charadriiformes o aves zancudas. Para la zona Fuego - Patagónica, las dos especies de Gallinago, en particular *G. stricklandii*, entrarían en este grupo selecto de "aves de turberas".

Los ensambles de aves encontrados en las turberas más pobres en especies son sub-ensambles de aves que también se encuentran en aquellas turberas con la mayor riqueza específica, siendo éste un patrón generalizado que ocurre en el Hemisferio Norte y que es una respuesta de las comunidades de aves a la estructura de la vegetación y al área de la turbera, especialmente en aquellas puras de *Sphagnum* que se distribuyen como islas en el paisaje (Calmé y Desrochers, 1999).

Estos antecedentes ecológicos tienen implicancia en la conservación de estos ecosistemas por cuanto las turberas de mayor extensión son sistemas más diversos en micro hábitats y ensambles de aves que escasamente se encuentran en turberas pequeñas. Los ensambles de aves en turberas de gran tamaño tienen una composición de especies que incluye semi-especialistas de turberas, aves propias de hábitats circundantes y especies ocasionales (e.g. migratorias) que aumentan la diversidad a escala de paisaje (Calmé et al., 2002).

Regionalmente, la falta de información cuantitativa de los ensambles de aves es generalizada para todo el espectro de formaciones de turberas, tanto para análisis de diversidad comunitaria (análisis de unidades taxonómicas) como para la comprensión de la diversidad funcional y la importancia relativa que tienen las turberas para la fauna y viceversa (análisis de los caracteres de la historia de vida y nichos). Y, por lo tanto, esperamos con este trabajo entregar mayores antecedentes de la presencia y uso de las turberas por los ensambles de aves que allí habitan.

Bibliografía

Araya, B. y G. Millie. 1992. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria.

Asada, T. y B.G. Warner. 2005. Surface peat mass and carbon balance in a hypermaritime peatland. *Soil Science Society of America Journal* 69:549-562.

Berthold, P. 1976. The control and significance of animal and vegetable nutrition in omnivorous songbirds. *Ardea* 64:140-154.

Bibby, C.J., N.D. Burgess and D.A. Hill. 1992. Bird census techniques. British Trust for Ornithology. Academic, London. p. 35-47.

Blanco, D.E., V.M. de la Balze y G. Pugnali. 2004. Avifauna de las turberas del centro de la isla de Tierra del Fuego, Argentina. Cap. 10, En: Blanco, D. y V. De la Balze (eds.). Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19, Wetlands Internacional.

Bojorges, B.J.C. y M.L. López. 2001. Abundancia y distribución temporal de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Zoología* 72:259-283.

Cadotte, M.W., K. Carscadden and N. Mirotchnick. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology* 48: 1079-1087.

Calmé, S. and A. Desrochers. 1999. Nested bird and micro-habitat in a peatland archipelago. *Oecologia* 118: 361-370.

Calmé, S., A. Desrochers and J-P. L. Savard. 2002. Regional significance of peatlands for avifaunal diversity in southern Québec. *Biological Conservation* 107: 273-281.

Cárcamo, J., J.M. Henríquez y A. Kusch. 2008. primer registro del chucao *Scelorchilus rubecula* (kittlitz, 1830) (rhinocryptidae) en Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 36(2):79-81

Chapman, S., A. Buttler, A.-J. Francez, F. Laggoun-Défarge, H. Vasandero, M. Schloter, J. Combe, P. Grosvernier, H. Harms, D. Epron, D. Gilbert and E. Mitchell. 2003. Exploitation of northern peatlands and biodiversity maintenance: a conflict between economy and ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1: 525-532.

Clymo, R.S. 1984. The limits to peat bog growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 303(1117): 605-654.

Desrochers, A. and G.-J. van Duinen. 2006. Peatland Fauna. Chapter 5, pp. 67- 100, En: Wieder, R. K. & D. H. Vitt (Eds.), *Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies, Vol. 188. Springer-Verlag, Germany.*

Dickson, J.G. and R.E. Noble. 1978. Vertical distribution of birds in a Louisiana bottomland hardwood forest. *Wilson Bulletin* 90:19-30.

Domínguez, E. 2014. Manual de buenas prácticas para el uso sostenido del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N° 276. 113 pp.

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(2): 217-229.

Henríquez, J.M. 2004. Estado de la turba esfagnosa en Magallanes. En: D. Blanco y V. de la Balze (eds). Los turbales de la Patagonia – Bases para su inventario y conservación de su biodiversidad. *Wetlands International (Buenos Aires), Publication* 19: 93-104.

Hill, D., D. Hockin, D. Price, G. Tucker, R. Morris and J. Treweek. 1997. Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. *Journal of Applied Ecology* 34:275- 288.

Holden, J. 2005. Peatland hydrology and carbon cycling: why small-scale process matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363: 2891-2913.

Hutto, R. L., S. M. Pleschet and P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for non-breeding and breeding season use. *The Auk* 103:593-602.

Ibarra, J.T., CH. B. Anderson, T.A. Altamirano, R. Rozzi, and C. Bonacic. 2010. Diversity and singularity of the avifauna in the austral peat bogs of the Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 37:29-43.

Iturraspe, R. y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego - Argentina. En: Coronato, A y 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.*

Kusch, A. y M. Marín. 2010. Distribución de la Becasina grande *Gallinago stricklandii* (Gray, 1845) (Scolopacidae), en Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 38: 145-149.

Lantschner, M.V. y V. Rusch. 2007. Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antarctica* en el NO patagónico. *Ecología Austral* 17:99-112.

MacArthur, R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biological Reviews* 40:510-535.

MacArthur, R. H. and J.W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42:594-598.

MacArthur, R.H. and R. Levins. 1964. Competition, habitat selection and character displacement in a patchy environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Zoology of the United States of America* 51:1140-1207.

MacArthur, R. H., J.W. MacArthur and J. Preer. 1962. On bird species diversity II. Prediction of bird census from habitat measurements. *American Naturalist* 96:167-174.

MacFaden, S.W. and D.E. Capen. 2002. Avian relationships at multiple scales in a New England forest. *Society of American Foresters. Forest Science* 48:243-253.

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.

Petchey, O. L. and K. J. Gaston. 2007. Dendrograms and measuring functional diversity. *Oikos*, 116: 1422-1426.

Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena. I comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°. *Anales del Instituto de la Patagonia* 8: 121-250.

Pisano, E. 1983. The Magellanic tundra complex, pp. 295-329. En A.J.P. Gore (ed.) *Mires, Swamp, Bog, Fen and Moor*. Elsevier. Amsterdam, Holanda.

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

Rappole, J.H., K. Winker and G.V.N. Powell. 1998. Migratory bird habitat use in southern Mexico: mist nets versus point counts. *Journal of Field Ornithology* 69:635-646.

Roivainen, H. 1954. Studien über die Moore Feuerlands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* 28: 1-205.

Schlatter, R. 2004. Fauna de turberas de la XII región y Tierra del Fuego. Cap. 9 En: Blanco, D. y V. De la Balze (eds.). *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Publicación N° 19 *Wetlands International*.

Schlatter, R. y J. Schlatter. 2004. Los turbales de Chile. En: D. Blanco y V. de la Balze (eds.), *Los Turbales en Patagonia. Bases para su inventario y la conservación*. *Wetlands International*, Buenos Aires, Argentina. 75-80.

Schmera, D., J. Podani and T. Erős. 2009. Measuring the contribution of community members to functional diversity. *Oikos*, 118: 961-971.

Shurpali, N.J., N.P. Hyvonen, J.T. Huttunen, C. Biasi, H. Nykanen, N. Pekkarinen and P. J. Martikainen. 2008. Bare soil and reed canary grass ecosystem respiration in peat extraction sites in Eastern Finland. *Tellus B*, 60: 200-209.

Sutherland, W.J. 1996. *Ecological census techniques, a handbook*. Sutherland, W. J. (Ed.). Cambridge University Press. New York. 336 pp.

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

Venegas, C. 1976. Observaciones ornitológicas en la tundra magallánica. I. Recuento descriptivo del área y de las observaciones. *Anales del Instituto de la Patagonia* 7: 171-184.

Venegas, C. 1982. Nuevo registro ornitológico en Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia* 13: 183-187.

Venegas, C. y W. Sielfeld 1998. *Catálogo de los Vertebrados de la Región de Magallanes y Antártica Chilena*. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas. 122 pp.

Vitt, D.H., L.A. Halsey, I.E. Bauer and C. Campbell. 2000. Spatial and temporal trends in carbon storage of peatlands of continental western Canada through the Holocene. *Canadian Journal of Earth Sciences* 37:683-693.

Wiens, J.A. 1989. *The ecology of bird communities, vol I. Foundations and patterns*. Cambridge University Press. 169 p.

Willson, M.F. 1974. Avian community organization and habitat structure. *Ecology* 55:1017-1029.



Capítulo 10

Roedores de las turberas en Magallanes

Jonathan A. Guzmán¹

¹Depto. Ciencias Básicas, Universidad de Concepción - Campus Los Ángeles
Los Ángeles –VIII Región - Chile, E-mail: jonathanguzman@udec.cl



Introducción

De las 68 especies de roedores de nuestro país, cerca de 23 habitan en la Región de Magallanes y de éstas sólo tres se han registrado en los ecosistemas de turberas.

La extensa región de la Patagonia abarca sobre 560.000 km² de territorio desde los Andes al Océano Atlántico y al sur desde Limay y Río Negro en Argentina (39°S), al Estrecho de Magallanes en Chile (Johnson y Franklin, 1990).

En cerca de 2.000 kilómetros, se extienden las selvas austrochilenas dominadas principalmente por bosques bajos y abiertos del género *Nothofagus*, los que en las zonas más australes están insertos o asociados a los ecosistemas de turberas (Mann, 1960; Venegas y Sielfeld, 1998). Allí la topografía se diferencia de las homogéneas unidades biogeográficas más septentrionales, ya que todo el territorio va disminuyendo considerablemente en altura para sumirse en dirección austral en el océano donde a partir de



los 42° S aparecen extensas zonas de canales y fiordos, cuyas islas con sus cumbres representan el relieve montañoso costero (Mann, 1960). En cuanto al clima, existe una franja oriental más árida y con grandes oscilaciones de temperatura y otra franja occidental o pacífica, que es más húmeda con precipitaciones regulares y de notable constancia térmica (di Castri y Hajek, 1976).

Respecto de la fauna, al compararla con otras zonas templadas del sur de Sudamérica, la Patagonia es relativamente pobre en cuanto a mamíferos (Osgood, 1943; Pearson y Pearson, 1982) ya que más bien reúne las características de una zona insular y, por ende, con pobres vías de acceso y/o salida para la biodiversidad que allí habita. Lo anterior está condicionado en parte por las barreras geográficas que legaron las glaciaciones del Pleistoceno, las cuales cubrieron el lado occidental de la

Patagonia desde aproximadamente Valdivia al sur. Sumado a lo anterior, es una región aún poco explorada ya que si bien la historia natural de los mamíferos chilenos está entre las más estudiadas del continente (Kelt, 1994; Iriarte, 2008), la extensa y estrecha costa comprendida entre el Archipiélago de los Chonos y el Estrecho de Magallanes prácticamente carece de colectas científicas por ser una zona de difícil acceso y severas condiciones climáticas. No obstante, su flora y fauna es poco diversa, en particular de aves y mamíferos (Osgood, 1943), y su paisaje está dominado por abundantes bosques de *Nothofagus* en la zona costera y más al interior; por parches insertos total o parcialmente en ecosistemas de turberas.

Respecto de las turberas, éstas se desarrollan principalmente en territorios precordilleranos al este y oeste de la Cordillera de los Andes, entre las regiones de Los Ríos y Magallanes, donde

adquieren importancia en términos de paisaje en el Archipiélago Patagónico ya que cubren un alto porcentaje de superficie sobre todo en Magallanes (Roivainen, 1954; Pisano, 1977). De manera general las Turberas de *Sphagnum* corresponden a un tipo de humedales que se forman por la acumulación de los tejidos de las plantas que crecen sobre los restos de otras ya descompuestas. Se forman normalmente en el fondo de valles o en planicies de inundación cercanas a los ríos donde pueden crecer en profundidad y extensión. Sobre la base de las asociaciones vegetacionales y/o factores físico-químicos, tres son los tipos de turberas que de manera práctica se pueden diferenciar en terreno: a) Turberas de *Sphagnum* (con tres sub-unidades factibles de discriminar), b) Turberas pulvinadas y c) Turberas gramínicas (ver capítulo 6). Con pocas excepciones la edad de las turberas raramente supera los 10.000 años ya que se han establecido posterior al último máximo glacial durante el Pleistoceno (17.800 AP aproximadamente). Tal glaciación (que al igual que otros eventos geológicos) propició y/o afectó las distribuciones no sólo de las especies constituyentes de las turberas, sino que además de otras de flora y fauna, como por ejemplo las de roedores (Palma *et al.*, 2012; Rodríguez-Serrano *et al.*, 2006; 2008), la que a escala continental migró, se redujo poblacionalmente para posteriormente recolonizar y expandirse en la



ausencia de hielo (Hewitt, 2004). En ese sentido, desde el punto de vista geológico, las turberas, la flora y su fauna asociada, son unidades biológicas recientes en la zona. En cuanto a las condiciones climáticas, en las turberas predomina el clima oceánico con temperaturas templado-frías y mínimas invernales moderadas que impiden la congelación permanente del suelo (permafrost) como en el Hemisferio Norte, donde en invierno las temperaturas son extremadamente bajas (Pisano, 1983).



Roedores de las turberas de Magallanes



En Chile los roedores están representados por 68 especies de nueve familias, donde siete son nativas. Además, existen seis especies introducidas pertenecientes a dos familias más (Iriarte, 2008). De ese total 23 especies están presentes en la Región de Magallanes, siendo 18 especies nativas y cinco exóticas (Tabla 1) (Markham, 1971a; Rau et al., 1978; Venegas y Sielfeld, 1998; Mann, 1978; Reise y Venegas, 1987; Guzmán, 2010a, b; Pine, 1973; Rodríguez-Serrano et al., 2008; Iriarte, 2008).



En su conjunto estos roedores se componen de especies propias del bosque valdiviano (e.g., *Irenomys tarsalis*), de los bosques de *Nothofagus* (e.g., *A. olivaceus*) y de la estepa patagónica (e.g., *Eligmodontia morgani*), que junto con otras especies más ubicuas y de amplia distribución (e.g., *Oligoryzomys longicaudatus*), la relacionan tanto con la fauna de las regiones más septentrionales y de Magallanes (Mann, 1978).

Respecto de los roedores de Magallanes, la literatura es escasa y principalmente asociada a sectores de fácil acceso y/o turísticos como por ejemplo Torres del Paine. En ese sentido, Johnson y Franklin, (1990) reportan una alta riqueza de roedores en Torres del Paine debido a la gran diversidad de hábitats (bosques, matorrales, turberas, estepas) y a la confluencia de la biota esteparia argentina y la fauna de los bosques de *Nothofagus* de los archipiélagos del sur de Chile. Sin embargo, cuando se revisa la bibliografía sobre los roedores asociados a la franja oceánica de Magallanes (donde predominan los bosques de *Nothofagus* y turberas), la riqueza de especies es baja. En ese sentido, Markham (1970; 1971a) proporciona un listado faunístico de los fiordos Toro y Cóndor en el extremo sudoeste de la Isla Riesco, donde informa la presencia de los roedores *Oligoryzomys longicaudatus*

(ratón colilarga) y *Loxodontomys micropus* (ratón de pie chico). Posteriormente Sielfeld (1977) aporta nuevos antecedentes sobre Isla Hoste, lugar perteneciente al conjunto insular sud-fueguino al sur de Tierra del Fuego, donde señala tres especies: *O. longicaudatus*, *Abrothrix olivaceus* y la especie introducida *Ondatra zibethicus*. Pine (1973), revisando las colectas de Markham, erige a *Akodon markhami* como una nueva especie de la Isla Wellington, la que posteriormente junto a colectas recientes de especímenes en el continente (Caleta Level) fue asignada al trinomio *Abrothrix olivaceus markhami* (Rodríguez-Serrano et al., 2008). Posteriormente Guzmán (2010a,b) proporciona nuevas localidades para *Abrothrix lanosus*, especie conocida en Chile sólo en la Isla Madre de Dios desde donde fue descrita un siglo atrás (Galliari y Pardiñas, 1999; Feijoo et al., 2010). La validez de la especie *Oligoryzomys magellanicus* (Gallardo y Patterson, 1985; Gallardo y Palma, 1990) es todavía incierta (Belmar-Lucero et al., 2009), pero todo indicaría que corresponde a una subespecie de *O. longicaudatus* (Palma et al., 2012).

Respecto de las especies asociadas a los ecosistemas de turberas, en múltiples colectas realizadas en Magallanes y Aysén (Guzmán, datos no publicados), los resultados evidencian tres especies: *A. olivaceus* (Figura 1), *A. lanosus* (Figura 2) y *O. longicaudatus* (Figura 3). Sobre la representatividad de cada una expresada en abundancias y éxito de captura, *O. longicaudatus* es siempre el roedor más abundante, seguido por *A. olivaceus* y finalmente *A. lanosus*. Para plasmar lo anterior, en el Parque Nacional Bernardo O'Higgins, de un total de 101 especímenes capturados con Trampas Sherman ($n = > 1.000$ trampas) en 20 puntos muestreados de bosques, matorrales y turberas, más del 50% de las colectas correspondieron al "ratón colilargo" (Gráfico 1); y de estos tres ambientes, en las turberas esta especie representó el 70% de las especies capturadas ($n = 3$) (Gráfico 2).



Figura 1. *Abrothrix olivaceus*Figura 2. *Abrothrix lanosus*Figura 3. *Oligoryzomys longicaudatus*

Estos roedores viven en simpatria en los ecosistemas de turberas y Patagonia en general, no obstante, todos son colectados principalmente en la periferia de las turberas, siendo el "ratón colilargo" quien más se interna en ellos debido a su predilección por hábitats húmedos y con abundante presencia de agua. Sin embargo, estos roedores no son exclusivos de las turberas ya que abarcan una amplia distribución en Chile y Argentina, siendo también roedores muy generalistas en sus preferencias de hábitat (en menor grado *A. lanosus*) (Kelt, 1994; Mann, 1978; Iriarte, 2008). Además, desde el punto de vista evolutivo estos roedores son relativamente "nuevos"

en esta zona, al igual que los ecosistemas que habitan, los cuales se han visto fuertemente modificados por las glaciaciones ocurridas durante el Pleistoceno (Hewitt, 2004; Glasser *et al.*, 2004). Al respecto, *A. olivaceus* tiene un amplio rango distribucional en Chile (18°S a los 54° S) desde el desierto costero en el norte, alcanzando por el sur (a través de la región mediterránea de Chile) los bosques templados y bosques patagónicos de Chile y Argentina, desde el nivel del mar hasta los 1.000 m.s.n.m. en la zona central (Reise y Venegas, 1987). En el extremo sur el "ratón oliváceo" es muy abundante durante invierno y escaso en primavera, prefiriendo zonas boscosas y/o

vegetación densa para refugiarse (Figuroa *et al.*, 2001).

En la Patagonia presenta dos subespecies más: *A. o. brachiotis* y *A. o. xanthorhinus*. La primera habita los bosques valdivianos y archipiélagos del sur hasta Río Aysén, mientras que la última está ampliamente distribuida en la Patagonia continental e Isla de Tierra del Fuego (Osgood, 1943; Mann, 1978; Pearson y Smith, 1999; Lozada *et al.*, 1996; Musser y Carleton, 2005). Respecto de su historia evolutiva diversos autores (e.g., Rodríguez-Serrano *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2001), señalan que su distribución se habría forjado desde regiones septentrionales a la Patagonia sólo cuando las condiciones climáticas y geológicas lo permitieron, lo que se traduce en una serie de colonizaciones y recolonizaciones en función de los ciclos glaciales del Pleistoceno. Lo anterior se ha evidenciado en diversos trabajos basados en secuencias de ADN que muestran que las poblaciones del norte se agrupan en los clados más basales y los individuos más australes en los clados más derivados (Rodríguez-Serrano *et al.*, 2006; 2008). *Abrothrix lanosus* (Thomas, 1897) es otra especie ampliamente citada para el extremo sur de la Argentina en la Provincia de Santa Cruz, Tierra del Fuego y el extremo austral de Chile (Massoia y Chebez, 1993; Musser y Carleton, 2005), aun cuando tiene una distribución más restringida

en el extremo sur de Chile (Guzmán, 2010a). Esta es una de las especies más pequeñas del género y también uno de los roedores menos conocidos de la Patagonia (Galliari y Pardiñas, 1999), presentando además una reducida distribución geográfica, mucha de la cual estuvo cubierta por hielo durante la última glaciación (McCulloch *et al.*, 2000. Figura 2).

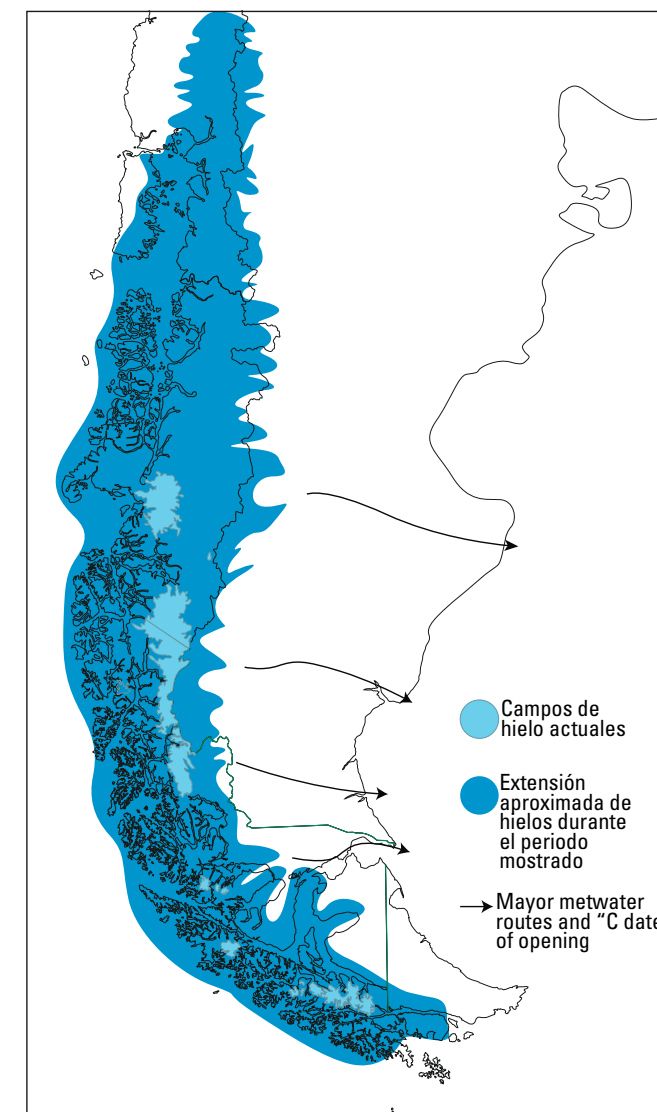


Figura 4. Reconstrucción del Glaciar en la Patagonia. Se incluyen los límites y aquellas áreas que se especula permanecieron en este estado. El glaciar se extiende antes de la desglaciación previo a los 14.600 años AP. Se muestra el límite exterior del glaciar durante el Cuaternario (Ex: McCulloch *et al.*, 2000).

Respecto del “colilargo”, es un roedor muy abundante en sectores asociados a cursos de agua, sobre todo durante la temporada de otoño-invierno, declinando sus abundancias en las estaciones de primavera-verano (Kelt, 1994; Figueroa et al., 2001). Latitudinalmente, su distribución fluctúa entre los 27° y 43° lat. S, cubriendo las ecorregiones mediterráneas, temperadas de bosques patagónicos (Mann, 1978). Altitudinalmente esta especie habita desde el nivel del mar hasta los 1.500 m.s.n.m. aproximadamente. Es un roedor de hábitos nocturnos, consumiendo preferentemente

granos, bayas, frutos y algunos insectos (Meserve et al., 1988). Al igual que *A. olivaceus*, la historia evolutiva del “colilargo” está fuertemente influenciada por los ciclos glaciares ocurridos durante el Pleistoceno. En ese sentido, Palma et al., (2012) señalan que este roedor permaneció en zonas no glaseadas durante el Pleistoceno, en el área de los bosques templados y áreas adyacentes de la Patagonia, y que a partir de estos refugios posteriormente amplió su distribución en los bosques patagónicos (y zonas mediterráneas) una vez que los hielos se retrajeron.

Dieta de los roedores de las turberas en Magallanes:



O. longicaudatus y *A. olivaceus* son de las especies de roedores chilenos con la mayor diversidad geográfica en sus hábitos alimentarios (Silva, 2005). En ese sentido, se reporta que para la zona sur (X Región) *O. longicaudatus* se enmarca entre las categorías tróficas de seminívoro (que se alimenta de semillas), frugívoro (que se alimenta de frutas) y herbívoro (que se alimenta de plantas), mientras que *A. olivaceus*, además de las categorías previas, es omnívoro para la misma zona (Murúa y González, 1981; Meserve et al., 1988). No existen antecedentes sobre las preferencias tróficas de *A. lanosus* (Feijoo et al., 2010).

Debido a los hábitos alimentarios de tales especies más la disponibilidad de recursos (oferta) en las turberas con altas probabilidades, el “colilargo” y ambas especies de *Abrothrix* deben consumir los frutos de *Empetrum rubrum* (“murtilla”), *Gaultheria antarctica* (“charaupo”), *G. pumila* (“chaura enana”) y *Nanodea mucosa*. Los hábitos omnívoros de *A. olivaceus* se deben manifestar en las turberas predando sobre algunos coleópteros tales como carábidos (capítulo 7). Sin duda estos roedores son importantes eslabones en las cadenas tróficas, dispersión de semillas y/o esporas y transmisión

de energía a otros niveles tróficos en estos ecosistemas, pero además como fuente de proteínas para otros vertebrados de la zona, como por ejemplo, aves rapaces principalmente nocturnas (*Strigiformes*) y mamíferos carnívoros como el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y puma (*Puma concolor*). En ese sentido, el análisis de cerca de una veintena de heces de ambos carnívoros procedentes de los ecosistemas de turberas y bosques de la vertiente occidental (asociado al Pacífico) de

Magallanes, dio cuenta que el culpeo y puma se alimentan primariamente de *O. longicaudatus* y secundariamente sobre las especies de *Abrothrix*, siendo *A. olivaceus* la más preferida (Guzmán, datos no publicados).

Finalmente, respecto de los estados de conservación, sólo *A. lanosus* es considerada con densidades poblacionales reducidas y ninguna de las tres especies citadas es endémica de Chile (Tabla 2).

Tabla 1. Roedores descritos para la Región de Magallanes. En asterisco (*) se señalan las especies introducidas

CRICETIDAE	
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	(Bennett) 1832
<i>Oligoryzomys magellanicus</i>	(Bennett) 1836
<i>Abrothrix sanborni</i>	Osgood, 1943
<i>Abrothrix longipilis</i>	(Waterhouse) 1837
<i>Abrothrix olivaceus</i>	(Waterhouse) 1837
<i>Abrothrix lanosus</i>	(Thomas) 1897
<i>Geoxus valdivianus</i>	(Philippi) 1858
<i>Chelemys macronyx</i>	Thomas, 1894
<i>Chelemys delfini</i>	(Cabrera) 1905
<i>Eligmodontia morgani</i>	Allen, 1901
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	(Waterhouse) 1837
<i>Loxodontomys micropus</i>	(Waterhouse) 1837
<i>Euneomys chinchilloides</i>	(Waterhouse) 1839
<i>Reithrodon auritus</i>	(Fischer) 1814
<i>Ondatra zibethicus</i> *	(Linnaeus) 1766
CAVIDAE	
<i>Microcavia australis</i>	(L. Geoffroy & d' Orbigny) 1833
CHINCHILLIDAE	
<i>Lagidium wolffsohni</i>	(Thomas) 1907
MYOCASTORIDAE	
<i>Myocastor coypus</i>	(Molina) 1782
CASTORIDAE	
<i>Castor canadensis</i> *	Kuhl, 1820
CTENOMYIDAE	
<i>Ctenomys magellanicus</i>	Bennett, 1836
MURIDAE	
<i>Rattus rattus</i> *	(Linnaeus) 1758
<i>Rattus norvegicus</i> *	(Berkenhout) 1769
<i>Mus musculus</i> *	Linnaeus, 1758

Tabla 2. Composición taxonómica y estados de conservación de las especies de roedores presentes en los ecosistemas de turberas de la Región de Magallanes.

CLASIFICACIÓN	NOMBRE COMÚN	Estados de Conservación				
		CONAF	CPI	IUCN	CONAMA	SAG
CLASE MAMMALIA						
ORDEN RODENTIA						
Familia Cricetidae						
<i>Abrothrix lanosus</i>	Ratón lanudo	-	NP	LC	-	S
<i>Abrothrix olivaceus</i>	Ratón oliváceo	-	NP	LC	-	-
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	Ratón de cola larga	-	NP	LC	-	-

CONAF (Glade, 1993): R = Rara; SC = Sin Categoría; LC = Insuficientemente conocido; FP = Fuera de Peligro; CPI = Índice Prioritario de Conservación (Cofré y Marquet, 1999); NP = Prioridad no inmediata; F = Frágil; IUCN; LC = Preocupación menor; - sin dato; SAG: Cartilla de Caza (2007): S especie catalogada con densidades poblacionales reducidas.

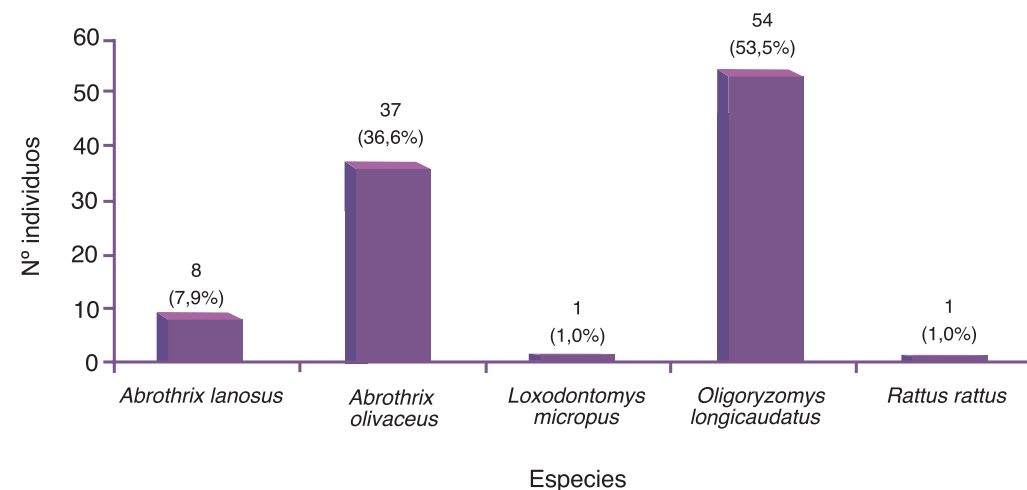


Gráfico 1. Número de individuos por especies capturadas en el Parque Nacional Bernardo O'Higgins durante Noviembre 2009 y Enero 2010.

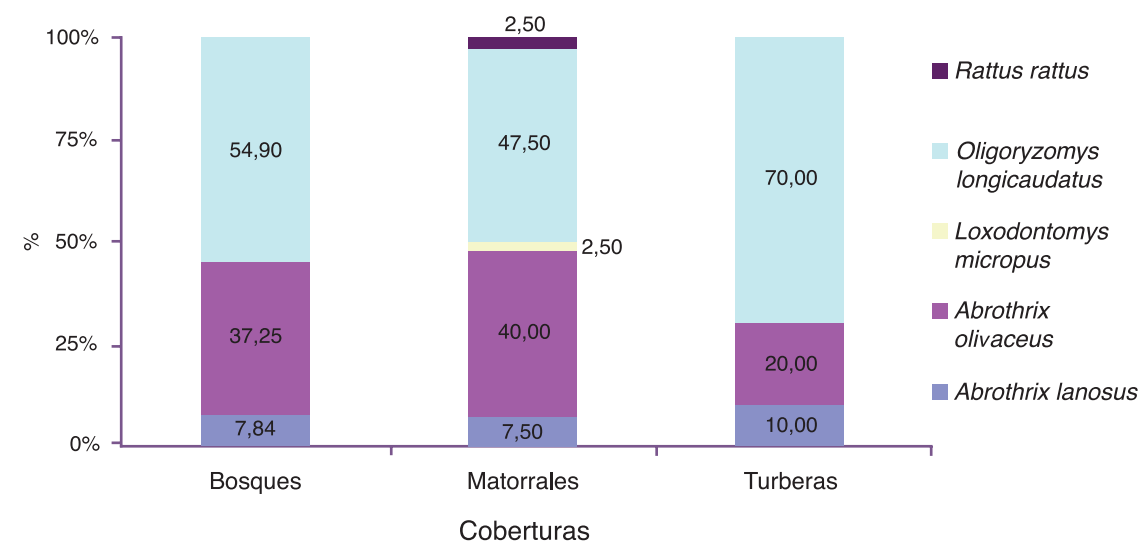


Gráfico 2. Abundancias (%) por especies de roedores en las distintas coberturas vegetales presentes en el Parque Nacional Bernardo O'Higgins durante Noviembre 2009 y Enero 2010.



Bibliografía

Belmar-Lucero, S.P., Y. Godoy, M. Ferrés, P. Vial and R. Palma. 2009. Range expansion of *Oligoryzomys longicaudatus* (Rodentia, Sigmodontinae) in Patagonian Chile, and first record of Hantavirus in the region. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 265-275.

Cartilla de Caza. 2007. Servicio Agrícola y Ganadero. 114 pp.

Cofré, H. and P.A. Marquet. 1999. Conservation status, rarity and Geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. *Biological Conservation* 88:53 - 68.

Decretos Supremos emitidos en el Diario Oficial. Procesos para la clasificación de especies según su estado de conservación. CONAMA
http://www.conama.cl/clasificacionespecies/doc/BaseSpclasificadas_I_2_3_4_PROCESOS.xls

Di Castri, F. y E. Hajek. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Santiago: Universidad Católica de Chile. 128 pp.

Feijoo, M., G. D'Elía, U. Pardiñas and E. Lessa. 2010. Systematics of the southern Patagonian-Fuegian endemic *Abrothrix lanosus* (Rodentia: Sigmodontinae): Phylogenetic position, karyotypic and morphological data. *Mammalian Biology*, 75: 122-137.

Figueroa, R., S. Corales, J. Cerda y H. Saldivia. 2001. *Roedores, rapaces y carnívoros de Aysén*. Servicio Agrícola y Ganadero, Gobierno Regional de Aysén. 195 pp.

Gallardo, M.H. and B.D. Patterson. 1985. Chromosomal differences between two nominal subspecies of *Oryzomys longicaudatus* Bennett. *Mammalian Chromosomes Newsletter* 25: 49-53.

Gallardo M.H. and R.E. Palma. 1990. Systematic of *Oryzomys longicaudatus* (Rodentia: Muridae) in Chile. *Journal of Mammalogy* 71:333-343.

Galliani, C.A. y U.F.J. Pardiñas. 1999. *Abrothrix lanosus* (Rodentia: Muridae) en la Patagonia continental argentina. *Neotrópica* 45 (113-114): 119-120.

Glade, R. 1993. *Libro rojo de los vertebrados terrestres chilenos*. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago. 65 pp.

Glasser, N.F., S. Harrison, V. Winchester and M. Aniya. 2004. Late Pleistocene and Holocene palaeo climate and glacier fluctuations in Patagonia. *Global. Planned. Change* 43: 79 -101.

Guzmán, J.A. 2010a. Mammalia, Rodentia, Sigmodontinae, *Abrothrix lanosus* (Thomas, 1897): Topotype, distribution and new locality records for Chile. *Check List, Volume 6: Issue 4*:383-386.

Guzmán J.A. 2010b. *Roedores del Parque Nacional Bernardo O'Higgins*. Parque Nacional Bernardo O'Higgins. Edición en español / English Edition. CONAF, Ministerio de Agricultura; Inova Chile, CORFO; Centro de Estudios del Cuaternario – Fuego - Patagonia y Antártica. 248 pp. Punta Arenas, Chile.

Hewitt, G.M. 2004. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary. *Philos Trans R Soc Lond, Serie B: Biological Science* 359: 183-195.

Iriarte, A. 2008. *Mamíferos de Chile*. Lynx Edicions. Barcelona, España, 420 pp.

IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>.

Johnson, W.E. and W.L. Franklin. 1990. The mammalian fauna of the northern Chilean Patagonia: a biogeographical dilemma. *Mammalia* 54 (3): 457-469.

Kelt, D. 1994. The natural history of small mammals from Aisén Region, southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 183-207.

Lozada M., J.A. Monjeau, K.M. Heinemann, N. Guthmann and E. Birney. 1996. *Abrothrix xanthorhinus*. Mammalian species, N° 540.

Mann, G. 1960. Regiones biogeográficas de Chile. *Investigaciones Zoológicas de Chile*. 6:15-49.

Mann, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana, Zoología* 40:1-342.

Markham, B.J. 1970. Reconocimiento faunístico del área de los fiordos Toro y Cóndor, Isla Riesco, Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia* 1:1-59.

Markham, B.J. 1971a. Catálogo de los Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos de la Provincia de Magallanes. *Publicaciones del Instituto de la Patagonia*. Chile. Serie Monografías 1:64 pp.

- Massoia, E. y C. Chebez. 1993. Mamíferos silvestres del archipiélago fueguino. L.O.L.A. Literature of Latin America. Buenos Aires, 261 pp.
- McCulloch, R.D., M.J. Bentley, R.S. Purves, N.R.J. Hulton, D.E. Sugden and C.M. Clapperton. 2000. Climatic inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *Journal of Quaternary Science*, 15: 409 - 417.
- Meserve, P.L., B.D. Patterson and B.K. Lang. 1988. Trophic relationships of small mammals in a Chilean temperate rainforest. *Journal of Mammalogy* 69:721-739.
- Murúa, R. y L.A. González. 1981. Estudios de preferencias y hábitos alimentarios en dos especies de roedores Cricétidos. *Medio Ambiente* 5: 115-124.
- Musser, G.G. and M.D. Carleton. 2005. "Superfamily Muroidea". p. 894-1531. In: *Mammal Species of the World, Third Edition* (Wilson, D.E. and Reeder, D.M.). The Johns Hopkins University Press. 2142 pp.
- Osgood, W.H. 1943. The Mammals of Chile. *Field Museum Natural History, Zoology Series* 30:1-268.
- Palma, R.E., D. Boric-Bargetto, F. Torres-Pérez, C.E. Hernández and T.L. Yates. 2012. Glaciation Effects on the Phylogeographic Structure of *Oligoryzomys longicaudatus* (Rodentia: Sigmodontinae) in the Southern Andes. *PLoS ONE* 7(3): e32206. doi:10.1371/journal.pone.0032206
- Pearson, O. y A.K. Pearson. 1982. Ecology and biogeography of the southern rainforest of Argentina. p. 129-142. In: M.A. Mares & H.H. Genoways (Eds.). *Mammalian biology in South America. Spec. Publ. Ser. Vol. 6* Pymatuning Laboratory of Ecology, U. Pittsburgh, Pennsylvania. 539 pp.
- Pearson, O. and M. Smith. 1999. Genetic similarity between *Akodon olivaceus* and *Akodon xanthorhinus* (Rodentia: Muridae) in Argentina. *Journal Zoological London* 247: 43-52.
- Pine, R.A. 1973. Una Nueva especie de *Akodon* (Mammalia, Rodentia, Muridae) de la Isla Wellington, Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 4: 423-426.
- 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, p. 295-329. In: A.J.P. Gore (ed.) *Mires, swamp, bog, fen and moor*. Elsevier. Amsterdam, Holanda.
- Rau, J., J. Yáñez y F. Jaksic. 1978. Confirmación de *Notiomys macronyx alleni* O. y *Eligmodontia t. typus* C., y primer registro de *Akodon (Abrothrix) lanosus* T. (Rodentia: Cricetidae) en la zona de Última Esperanza (XII Región, Magallanes). *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 9:203-204.
- Reise, D., and W. Venegas. 1987. Catalogue records, localities and biotopes from resea work on small Mammals in Chile and Argentina. *Gayana Zoología* 51: 103 - 130.
- Rodríguez-Serrano E., R.A. Cancino and R.E. Palma. 2006. Molecular phylogeography of *Abrothrix olivaceus* (Rodentia: Sigmodontinae) in Chile. *Journal of Mammalogy* 87(5): 971-980.
- Rodríguez-Serrano, E., C.E. Hernández and R.E. Palma. 2008. A new record and evaluation of the phylogenetic relationships of *Abrothrix olivaceus markhami* (Rodentia: Sigmodontinae). *Mammalian Biology* 73: 309-317.
- Roivainen, H. 1954. Studien über die Moore Feuerlands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* 28: 1-205.
- Sielfeld, W. 1977. Reconocimiento macrofaunístico terrestre en el área de Seno Ponsonby (Isla Hoste). *Anales del Instituto de la Patagonia. Chile.* 8: 275-296.
- Silva, S. 2005. Posiciones tróficas de pequeños mamíferos en Chile: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 589-599.
- Smith, M.F., D.A. Kelt and J.L. Patton. 2001. Testing models of diversification in mice in the *Abrothrix olivaceus/xanthorhinus* complex in Chile and Argentina. *Molecular Ecology* 10: 397-405.
- Venegas, C. y W. Sielfeld. 1998. Catálogo de los vertebrados de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas. 122 pp.



Capítulo 11

Las turberas como sumideros de carbono

Julie Loisel¹

¹Departamento de Ciencias Ambientales y de la Tierra, Universidad de Lehigh
Avenida West Packer 1, Bethlehem, Pennsylvania 18015-3001, Estados Unidos de América
Teléfono: +001 610-758-3660 - E-mail: julioisel@hotmail.com

Introducción

De todos los ecosistemas terrestres, las turberas son sin duda el más eficiente en el secuestro de carbono (C). Aunque sólo cubren 4.000.000 de km² o el 3% de la superficie terrestre mundial, las turberas han acumulado cerca de 600 billones de toneladas de C en los últimos 12.000 años, equivalentes al 30% de la reserva de C orgánico del suelo mundial (Yu *et al.*, 2010). En la Patagonia Austral, la zona de turberas es estimada en 45.000 km² (Yu *et al.*, 2010), equivalente al 1-2% de las turberas del mundo. Combinando esta zona de turberas estimada con una densidad media de turba de C de 154 kg m⁻² rinde un stock de C de 6,9 billones de toneladas solamente de las turberas de la Patagonia.

Las turberas en todo el mundo han desempeñado un papel importante y dinámico en el ciclo mundial del C (Yu *et al.*, 2010). Estos ecosistemas son importantes fuentes de metano (CH₄) para la atmósfera, así como importantes sumideros de dióxido de carbono (CO₂). La dinámica de corto y largo plazo de los flujos de gas de efecto invernadero de las turberas está vinculada principalmente a condiciones climáticas a corto y largo plazo, la hidrología de las turberas y las comunidades de vegetación, que a su vez influyen en la tasa de acumulación de turba. El equilibrio entre la productividad de la planta y





la descomposición de la materia orgánica es sensible al cambio y a la variabilidad climática, los cuales determinan la tasa a largo plazo del secuestro de carbono en las turberas.

A pesar de la moderada productividad de las plantas que crecen en este ambiente, los suelos de turba son especialmente eficientes en almacenar C por largos períodos de tiempo porque éstos están saturados de agua, así la turba tiene poca disponibilidad de oxígeno, bajo pH, escasos nutrientes y bajas temperaturas, los cuales limitan mucho la descomposición por hongos y microbios. La resistencia química de algunos tejidos vegetales también inhibe la descomposición. Sin embargo, el cambio climático y las actividades humanas, tales como drenaje de las turberas, tienen el potencial de modificar estas condiciones y alterar la capacidad de los sumideros de C de la turbera. Una vez que se drena una turbera, la turba rica en C que lo ha acumulado durante miles de años podría ser rápidamente metabolizada en CO₂ por hongos y microbios (Laine *et al.*, 2009). Este

CO₂ se libera a la atmósfera y contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global. De hecho, los estudios experimentales y observacionales indican que los drenajes de las turberas constituyen uno de los principales cambios globales capaces de alterar significativamente el papel de las turberas en el ciclo del C. Cada año, la degradación de las turberas libera cerca de 2 billones de toneladas de CO₂ a la atmósfera (Joosten *et al.*, 2012). En comparación, la actividad humana en todo el mundo libera cerca de 10 billones de toneladas de C anualmente a la atmósfera.

Este capítulo es una síntesis del conocimiento actual sobre el ciclo de C en turberas en la Patagonia. En la primera y segunda parte, se estima la nueva densidad de carbono y se presentan las tasas de acumulación a largo plazo de las turberas de la Patagonia. En la tercera parte se examinan los efectos del drenaje y el cambio climático en la función de sumidero de carbono de las turberas. En la cuarta parte considero el valor de las turberas para créditos de carbono.



La estimación de las reservas de carbono de las turberas de Magallanes

Las turberas de la Patagonia pueden ser el área de sumideros de C más grande y más eficiente en las altas latitudes del sur. Sin embargo, muy pocos estudios han cuantificado la densidad de C y la reserva total de C de estos suelos orgánicos a escala local o regional. Aquí proporcionamos los antecedentes teóricos y metodológicos necesarios para estimar la densidad de carbón de turba, la tasa de acumulación de turba y los reservorios de carbono acumulado durante períodos de tiempo diferentes sobre la base de análisis de una base de datos de turba (Figura

1). También presentamos las estimaciones de densidad de carbono más actualizadas para las turberas patagónicas usando una nueva síntesis de datos que contiene 52 sitios ubicados al sur de 45°S (Figura 2, tabla 1). Esta base de datos incluye 36 turberas de *Sphagnum*, 6 turberas graminiformes, 1 turbera pulvinada y 9 turberas de tipos no especificados. Finalmente, los valores de las turberas de C patagónico son comparados con otros ecosistemas para establecer la importancia regional de la reserva de C de las turberas del sur.

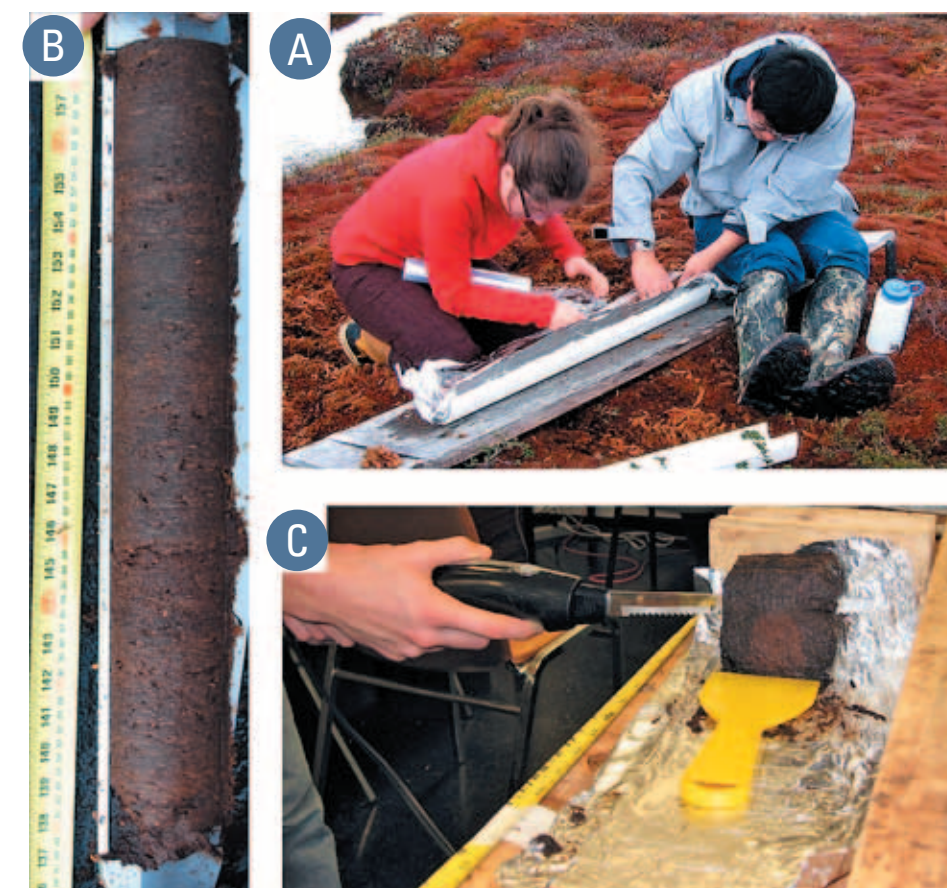


Figura 1. Extracción de muestras de turba. (A) Una muestra de turba recién recuperada (Turbera Escondido). (B) Otra muestra de turba (Turbera Cerro Negro). (C) Muestreo de turba en el laboratorio.

Tabla 1. Información para los sitios de investigación.

Publicación	Latitud	Longitud	Nombre de sitio	Tipo de Turbera	Espesor turba (cm)	Edad turba	Número datos
Biester, 2003 <i>Env Sc Tech</i>	-53,63	-70,97	Pbr2	Turbera de <i>Sphagnum</i>	640	17563	7
Borromei, 2010 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,68	-68,05	Las Cotorras	Turbera de <i>Sphagnum</i>	472	7821	8
Fesq-Martin, 2004 <i>Veg Hist Arch</i>	-52,80	-72,92	Gran Campo 2	Turbera Graminiforme	191	10940	5
Heusser, 1993 <i>Quat Sc Rev</i>	-53,90	-68,95	Onamonte	Turbera de <i>Sphagnum</i>	220	9816	5
Heusser, 2003 <i>Ice Age South Andes</i> (book)	-54,57	-67,62	Lago Fagnano	Turbera de <i>Sphagnum</i>	330	12804	5
Heusser, 1989 <i>Quat Res</i>	-54,93	-67,63	Caleta Robalo	Turbera de <i>Sphagnum</i>	530	3805	4
Heusser, 1998 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,78	-68,30	Ushuaia 2	Turbera de <i>Sphagnum</i>	750	13984	6
Heusser, 1995 <i>Rev Paleo Palyo</i>	-54,90	-66,73	Bahía Moat	Turbera Pulvinada	550	7820	5
Huber, 2003 <i>Fire and Clim Change...</i> (book)	-52,13	-71,88	Río Rubens	Turbera de <i>Sphagnum</i>	460	12618	12
Loisel, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,75	-68,33	Upper Andorra Valley	Turbera de <i>Sphagnum</i>	715	10823	18
Loisel, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,62	-67,77	Escondido	Turbera de <i>Sphagnum</i>	450	6929	11
Loisel, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,87	-67,28	Harberton	Turbera de <i>Sphagnum</i>	525	1866	11
Loisel, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-52,07	-72,03	Cerro Negro	Turbera de <i>Sphagnum</i>	445	9205	16
Mancini, 2009 <i>Quat Sc Rev</i>	-50,40	-72,70	Cerro Frías	Turbera de <i>Sphagnum</i>	598	11952	5
Markgraf, 2007 <i>Pal Pal Pal</i>	-45,52	-71,83	Mallin Pollux	Turbera Graminiforme	1177	18662	17
Markgraf, 2010 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,72	-67,85	Paso Garibaldi	Turbera de <i>Sphagnum</i>	284	12612	6
McCulloch, 2001 <i>Pal Pal Pal</i>	-53,60	-70,97	Puerto del Hambre II	Turbera de <i>Sphagnum</i>	865	17360	6
McCulloch, 2001 <i>Pal Pal Pal</i>	-47,28	-72,55	Estancia Esmeralda II	Turbera de <i>Sphagnum</i>	172	12344	5
Pendall, 2001 <i>Quat Res</i>	-54,88	-67,33	Harberton	Turbera de <i>Sphagnum</i>	998	15872	23
Sapkota, 2007 <i>Holocene</i>	-55,22	-67,62	Oreste	Turbera de <i>Sphagnum</i>	541	13066	9
Unkel, 2008 <i>Quat Sc Rev</i> , Unkel, 2010 <i>Glob Plan Ch</i>	-54,50	-64,00	Galvarne	Turbera de <i>Sphagnum</i>	744	16091	13
Villa-Martinez, 2007 <i>Quat Res</i>	-51,13	-73,12	Vega Nandú	Turbera Graminiforme	399	12567	10
Barrow, 1978 <i>J Biogeogr</i>	-51,72	-60,00	Port Howard, W Falkland	Turbera Graminiforme	160	10488	1
Borromei, 1995 <i>Rev Chil Hist Nat</i>	-54,67	-68,42	Andorra Valley	Turbera de <i>Sphagnum</i>	670	12167	1
Borromei, 2007 <i>J South Amer Earth Sc</i>	-54,72	-68,15	Oyarzún	Turbera de <i>Sphagnum</i>	670	10466	1
Coronato, 2006 <i>Peatlands: evol and record...</i> (book)	-54,47	-67,10	San Pablo 1	n/a	376	12189	1
Coronato, 2006 <i>Peatlands: evol and record...</i> (book)	-54,53	-67,12	La Correntina	Turbera de <i>Sphagnum</i>	450	13675	1
Coronato, 2006 <i>Peatlands: evol and record...</i> (book)	-54,50	-67,02	Las Lengas	n/a	300	14444	1

Publicación	Latitud	Longitud	Nombre de sitio	Tipo de Turbera	Espesor turba (cm)	Edad turba	Número datos
Coronato, 2009 <i>Geomorph</i>	-54,60	-67,50	Terra Australis	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	13990	1
Coronato, 2009 <i>Geomorph</i>	-54,60	-67,38	Cervetti	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	9202	1
Coronato, 2009 <i>Geomorph</i>	-54,53	-67,23	Río Turbio	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	11540	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,34	-69,53	Punta Marimeli Bog	n/a	1037	16777	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,31	-69,95	Punta Esperanza	n/a	867	13750	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,94	-69,13	Ventisquero Holanda 1	n/a	395	14768	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,94	-69,17	Caleta Olla 2	n/a	530	12097	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,82	-69,73	BL-07-15	n/a	150	10485	1
Hall, 2013 <i>Quat Sc Rev</i>	-54,82	-69,73	BL-07-16	n/a	456	14486	1
Heusser, 1995 <i>Pal Pal Pal</i>	-50,98	-72,67	Torres del Paine	Turbera Graminiforme	840	11128	1
Heusser, 1997 <i>Anales del Instituto de la Patagonia</i>	-54,60	-68,45	Río Pipo	n/a	840	12867	1
Heusser, 1998 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,78	-68,38	Ushuaia 1 (ski slope)	Turbera de <i>Sphagnum</i>	550	10427	1
Heusser, 1998 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,80	-68,38	Ushuaia 3	Turbera de <i>Sphagnum</i>	630	13441	1
Heusser, 1998 <i>Pal Pal Pal</i>	-54,85	-68,53	Lapataia	Turbera de <i>Sphagnum</i>	510	13947	1
Heusser, 2000 <i>J Quat Sc</i>	-53,60	-70,92	Puerto del Hambre	Turbera de <i>Sphagnum</i>	430	10019	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,60	-69,55	Estancia California	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	16215	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,63	-69,63	Estancia Cameron II	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	16649	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,42	-70,99	Estancia Amarillo	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	16507	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,37	-69,80	Chorrillo Posario	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	15763	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,60	-70,97	Estancia Guatrabo	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	15635	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,08	-70,87	Pampa Alegre	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	15589	1
McCulloch, 2005 <i>Geogr Ann</i>	-53,37	-69,80	Puente Charlie	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	14967	1
Moreno, 2009 <i>Quat Sc Rev</i>	-51,12	-73,12	Pantano Margarita	Turbera Graminiforme	400	2025	1
Ponce, 2009 <i>IV Congreso Arg Cuat y Geomorf</i> (abstract)	-54,88	-66,43	Bahía Valentín	Turbera de <i>Sphagnum</i>	n/a	8830	1
n/a = no analizada.							

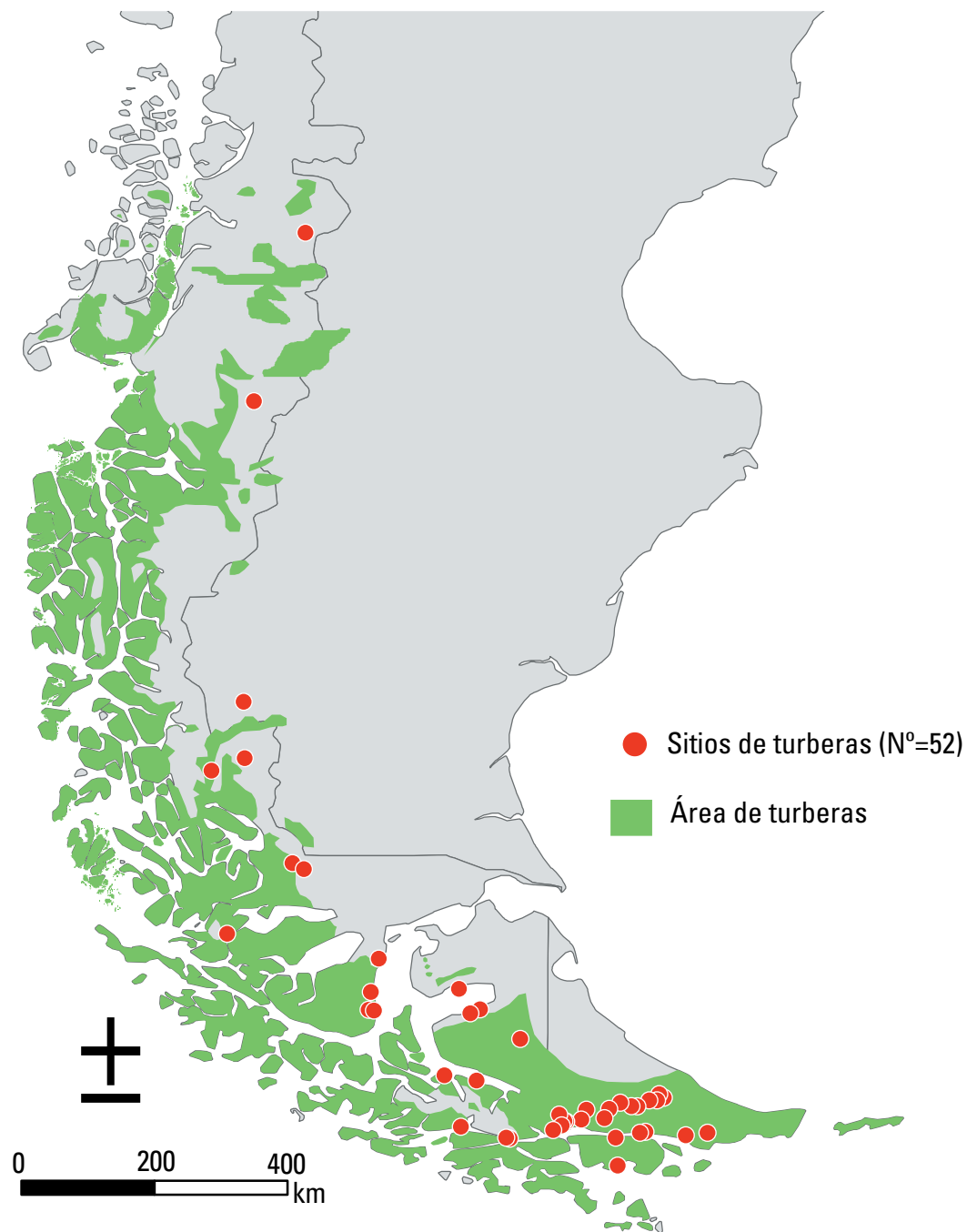


Figura 2. Mapa de las turberas del sur de la Patagonia. Las turberas ($n = 52$) están representadas por círculos cerrados. Consulte la Tabla 1 para más detalles. Área de turberas (en verde) cubre 45.000 km^2 (Yu *et al.*, 2010).



Las turberas patagónicas comenzaron a desarrollarse hace unos 17.000 años después de la última desglaciación. Debido a su lenta tasa de descomposición, estos ecosistemas han acumulado varios metros de capas sucesivas de turba que pueden utilizarse como archivos de la dinámica de las turberas en el pasado. Un análisis estratigráfico indica que la mayoría de las turberas de la Patagonia han experimentado un cambio de turba herbácea/descompuesta de turbera graminiforme a turbera de *Sphagnum* durante su desarrollo histórico (Loisel y Yu, 2013). Como las diferentes densidades y las tasas de acumulación de turba se asocian a las turberas graminiformes y de *Sphagnum* se analizarán independientemente en el presente estudio.

La densidad del carbono orgánico de las capas de la turba puede medirse directamente en el laboratorio utilizando métodos estándar (Chambers *et al.*, 2010). La densidad del carbono orgánico (g C cm^{-3}) se cuantifica como el producto de la densidad de la materia orgánica (g cm^{-3}) y el contenido total de C (% gravimétrico) de una muestra de la turba. Para medir la densidad de la materia orgánica, las muestras de un volumen determinado de turba son secadas durante la noche a 105°C , son pesadas para determinar la densidad de la masa, son quemadas a 550°C durante dos horas y pesadas nuevamente para determinar su contenido de materia orgánica. El contenido total

de C normalmente se mide directamente por combustión y el análisis elemental de las muestras de turba seca (Chambers *et al.*, 2010). En el presente estudio, sin embargo, el contenido de C se asume que es un 50%. Las tasas de acumulación de turba (cm año^{-1}) y las relaciones de edad-profundidad están limitadas generalmente mediante la datación por radiocarbono de los restos de vegetales fosilizados encontrados dentro de las capas de turba. Estas cronologías a base de turba se combinan con las mediciones de densidad de C orgánicas para determinar las tasas de acumulación de turba de C a largo plazo ($\text{g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$).

Sobre la base de esta síntesis de datos, los depósitos de turba patagónicos tienen 12.370 años en promedio (Figura 3A). Sin embargo, como el número de sitios incluidos en el análisis es relativamente bajo ($n = 52$) advertimos en contra del uso de este valor; porque sinceramente no representa la edad promedio de las turberas de Magallanes. El patrón temporal del inicio de las turberas en toda la Patagonia Austral está vinculado a la retirada del hielo y la disponibilidad de tierra asociadas así como al aumento de las temperaturas. Los depósitos de turba tienen un espesor promedio de 5.49 ± 0.38 metros y presentan una gran variabilidad de sitio a sitio (Figura 3B). Una vez más, se debe utilizar este valor como una estimación aproximada del grosor de la turba, ya que sólo se basa en 42 sitios. La distribución de la frecuencia de densidad de la materia orgánica de la turba tiene un valor promedio de $0,056 \pm 0,0004 \text{ g cm}^{-3}$ ($n = 2133$; Figura 4A). El análisis de los tipos de turba por separado de turberas graminiformes (turba minerotrófica= fen peat) y de *Sphagnum* (turba ombrotrofica= bog peat) produce valores de $0,046 \pm 0,0005 \text{ g cm}^{-3}$ ($n = 1061$) y $0,065 \pm 0,0006 \text{ g cm}^{-3}$ ($n = 1177$), respectivamente (Figura 4B). La conversión de estos valores en la densidad del C orgánico usando un contenido de C asumido del 50% produce un valor promedio general de: $0,028 \pm 0,0002 \text{ g C cm}^{-3}$, de $0,023 \pm 0,0003 \text{ g C cm}^{-3}$ para turba de *Sphagnum*, y de $0,032 \pm 0,0003 \text{ g C cm}^{-3}$ para la turba graminiforme (Figuras 4C y 4D).

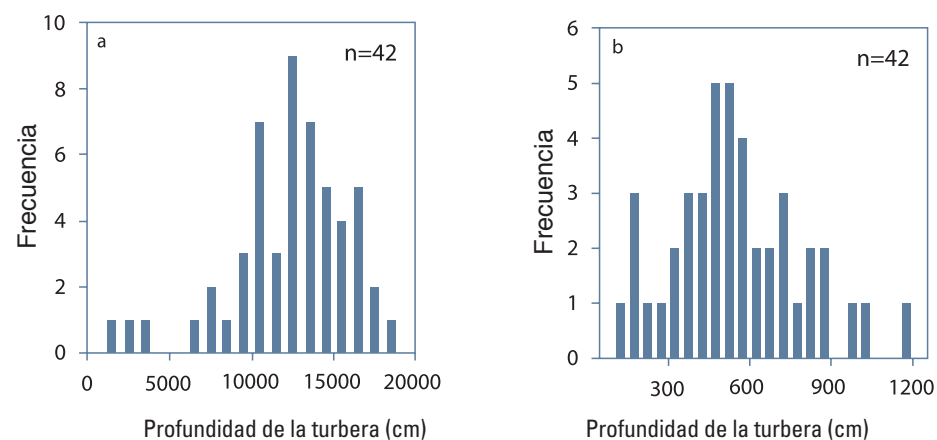


Figura 3. Características generales de las turberas de la Patagonia. (A) Distribución de frecuencia de la edad de la turba ($n = 52$). Edad se presenta en años calibrados antes del presente (año cal. AP). (B) Distribución de frecuencia del espesor de depósitos de turba ($n = 42$).

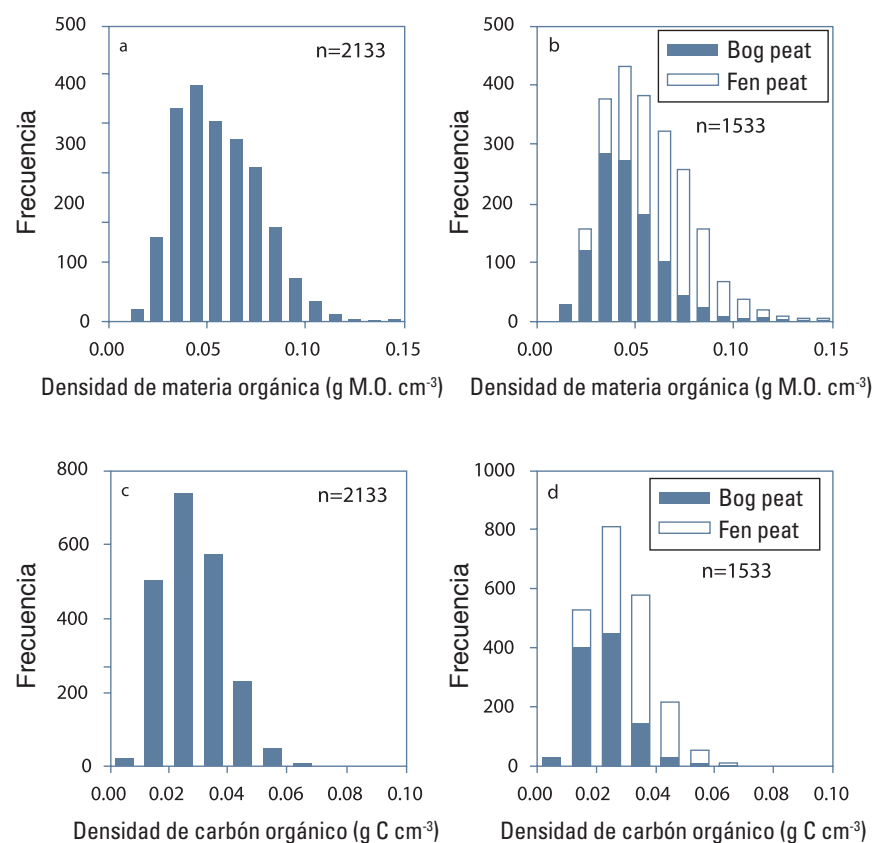


Figura 4. El contenido de carbono de la turba en la Patagonia. (A) Distribución de frecuencia de la densidad en materia orgánica ($n = 2133$). (B) Distribución de frecuencia de la densidad en materia orgánica para la turba ombrotrofica y minerotrofica separada ($n = 1533$). (C) Distribución de frecuencia de la densidad en carbono orgánico ($n = 2133$). (D) Distribución de frecuencia de la densidad en carbono orgánico para la turba ombrotrofica (bog peat) y minerotrofica (fen peat) ($n = 1533$).

La densidad del C orgánico del suelo (kg C m^{-2}) se cuantifica como el producto del promedio de la densidad del C orgánico y el grosor de la turba. Combinando el valor promedio de la densidad del C de $0,028 \text{ g C cm}^{-3}$ con las mediciones de 42 grosores de turba de la base de datos (tabla 1) produce un valor de promedio de densidad de las turberas de C patagónico de $154 \pm 11 \text{ kg C m}^{-2}$. Los resultados variaron entre 42 y 330 kg C m^{-2} . Este promedio es ligeramente inferior que, pero dentro de un margen de error, una estimación previa de $168 \pm 17 \text{ kg C m}^{-2}$ por Loisel y Yu (2013), que se basó en una muestra más pequeña ($n = 23$ turberas).

Combinando este nuevo valor de la densidad de C con el área total de turberas produce una reserva de 6,9 billones de toneladas de C para las turberas de la Patagonia Austral. La mayor incertidumbre en la cuantificación de la reserva regional de C reside en la estimación de la zona de las turberas, que actualmente se

supone que es más o menos equivalente a la zona de vegetación del Complejo de Tundra de Magallanes descrita por Pisano (1983). Son muy necesarios mapas a gran escala e inventarios de las turberas de la Patagonia Austral.

Peri (2011) informó que la densidad del C orgánico del suelo de los bosques de *Nothofagus antarctica* alcanza los 22 kg C m^{-2} (copa 60 cm), 16 kg C m^{-2} en matorrales (copa 30 cm) y 20 kg C m^{-2} en los pastizales más productivos (copa 30 cm). Estas estimaciones destacan claramente la importancia de las turberas patagónicas como importantes y eficientes sumideros de carbono a escala regional. La densidad del carbono de las turberas patagónicas (154 kg C m^{-2}) también se ubica dentro de la gama superior de las estimaciones de la densidad para las turberas septentrionales ($55\text{-}180 \text{ kg C m}^{-2}$), destacando además su función como uno de los sumideros de carbono más eficientes en la Tierra.





Cuantificación de la acumulación de carbono a largo plazo en turberas de Magallanes

El secuestro de carbono en las turberas se encuentra regulado por la producción vegetal y la formación de la turba, las cuales operan a muy diferentes escalas de tiempo. Mientras la producción vegetal y los desechos acumulados son procesos biológicos rápidos (años y décadas), la turba es un proceso muy lento (siglos y milenios). Los procesos rápidos ocurren en las capas ventiladas superiores de la turba (el acrotelmo), donde los desechos vegetales recientes se acumulan y son descompuestos por la actividad microbiana aeróbica. Por el contrario, la lenta descomposición anaeróbica y los procesos de la compactación de la turba ocurren en las capas más profundas y saturadas de agua (el catotelmo). La proporción de la turba que se transfiere desde el acrotelmo hasta el catotelmo es un elemento clave para determinar la cantidad de carbono que será secuestrado por una turbera a largo plazo.

El tiempo de residencia de la materia orgánica en descomposición en el acrotelmo depende en gran medida de la dinámica de la productividad primaria y del nivel freático. En un pantano de *Sphagnum*, por ejemplo, se espera una disminución del nivel freático para aumentar el tiempo de residencia de la materia orgánica en descomposición en el acrotelmo, de manera que se producirá más descomposición y se transferirá menos turba al catotelmo. Por otra parte, una prolongación de la temporada de crecimiento podría promover la producción de la planta y aumentar la tasa del entierro de la turba, lo que llevaría a un menor tiempo de residencia en el acrotelmo.

Es importante mencionar, sin embargo, que se han observado y modelado fuertes interacciones internas entre el crecimiento de la turba y la hidrología en las turberas. En



otras palabras, los cambios en las tasas de acumulación de las turberas no están necesariamente y linealmente vinculados con las condiciones externas. Mientras las regeneraciones negativas obstaculizan el forzamiento externo y estabilizan las condiciones de las turberas, las regeneraciones positivas pueden amplificar un pequeño cambio en las condiciones externas y conducir a una rápida transformación de la estructura o función de las turberas (Belyea, 2009). Por lo tanto, documentar las dinámicas anteriores de las turberas es muy importante para ampliar nuestra comprensión de los mecanismos de almacenamiento de C en largas escalas de tiempo.

Más allá de las tasas y modelos de acumulación de C en turberas, también puede determinarse mediante la cuantificación del contenido de C de los núcleos de la turba fechados por el radiocarbono (Figura 5). Aquí, se reconstruye para 23 sitios los cambios a escala milenaria en las tasas de acumulación de C siguiendo dos pasos: (1) calculando el tiempo promedio ponderado de las tasas de acumulación de C en intervalos de 1.000 años para cada sitio y (2) un promedio de las tasas por cada intervalo de 1.000 años de estos 23 sitios. Es importante señalar que tales reconstrucciones subestiman verdaderas tasas de absorción de carbono, por los procesos de descomposición que han estado afectando las antiguas capas de la turba durante miles de años. De hecho, la mayoría de las turberas patagónicas presentan un patrón 'cóncavo' de acumulación de carbono, con tasas de acumulación en aumento en el tiempo a largo plazo (como en la figura 5, por ejemplo). Este patrón sugiere que la descomposición acumulativa es el control dominante en la acumulación neta de la turba, que la turba joven parece estar acumulando más rápido que la turba vieja simplemente porque la antigua no ha sido descompuesta aún (Clymo, 1984). Una curva de descomposición como la representada en la figura 5, por lo tanto, representa un control predominante interno o 'autógeno' en la acumulación de turba.

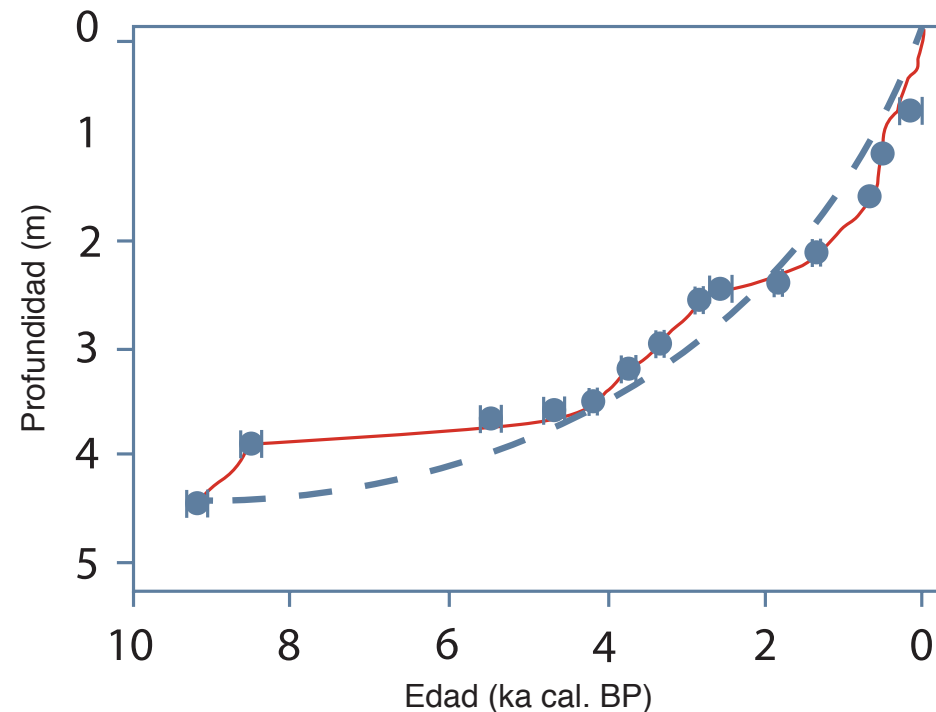


Figura 5. Relación Edad-profundidad para Cerro Negro (turbera). Fechas radiocarbónicas calibradas están representadas por círculos cerrados (edad media) y las barras de error (2 sigma rango de probabilidad). La línea punteada representa el modelo de crecimiento autógeno de la turbera (Clymo, 1984). Edad se presenta en miles de años calibrados antes del presente (ka cal. AP).

En las turberas de la Patagonia, las tasas de acumulación de carbono promedio ponderado a largo plazo en el tiempo Holoceno son $17,1 \pm 2,9 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ($n = 23$) y muestran una tendencia creciente a lo largo del Holoceno, de $7,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ hace 12.000 años a $19,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ hace 1.000 años (Figura 6). Los procesos de descomposición explican la mayor parte del aparente aumento en la tasa de acumulación de la turba en los últimos milenios, tal como se describe en el párrafo anterior. Sin embargo, este aparente fortalecimiento de la capacidad del sumidero de carbono de las turberas también es sincrónico con un aumento progresivo de la insolación de verano durante

los últimos 10.000 años (Figura 6), que podría haber estado promoviendo la productividad de biomasa vegetal y la aceleración de la tasa de secuestro de carbono. La última hipótesis ha sido propuesta como un importante motor para la acumulación de turba en el Hemisferio Norte durante el principio del Holoceno (Yu *et al.*, 2010). Sin embargo, el avance de los glaciares a lo largo de la Patagonia Austral hace 5.000 y 2.000 años atrás, así como durante la Pequeña Edad de Hielo hace unos 500 años atrás, sugiere períodos de enfriamiento que permitieron a las turberas acumular carbono rápidamente, prestando apoyo a la hipótesis autógena.

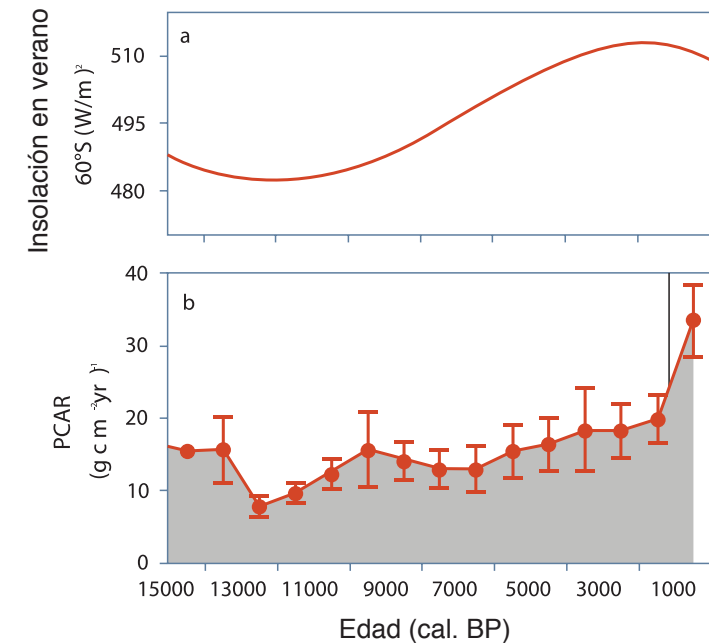


Figura 6. La tasa a largo plazo de acumulación del carbono en la Patagonia. (A) Insolación de verano a 60°S . (B) Acumulación de carbono (círculos cerrados) y el error estándar (barras) durante los últimos 15.000 años promedio. Edad se presenta en años calibrados antes del presente (cal. AP).

Los efectos del cambio climático y el drenaje de las turberas de Magallanes

Las turberas contienen una reserva de C grande y potencialmente vulnerable debido a la dinámica en los intercambios de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Por lo tanto, es importante evaluar la sensibilidad de las turberas de carbono para el calentamiento climático, y el cambio del uso de la tierra. Aquí describiremos primero la gama de clima moderno donde se encuentran las turberas patagónicas. Seguiremos con una breve discusión de los impactos potenciales del calentamiento en el carbono de turba. Finalmente, vamos a presentar a los efectos del drenaje en la función del sumidero de carbono de las turberas. Las turberas patagónicas ocupan un nicho climático distinto que corresponde a un miembro del fin

del dominio del clima de las turberas del norte. En términos generales, la precipitación anual es bastante baja en la región de la Patagonia Austral de las turberas dominadas de *Sphagnum*, pero la temperatura media anual es relativamente alta en comparación a la de las turberas del Hemisferio Norte. Esta combinación de baja precipitación y moderada temperatura que caracteriza a las turberas patagónicas es única (véase Loisel y Yu, 2013, para más detalles). La temperatura anual es templada (de 3 a 9°C) y la precipitación media anual es muy variable, de < 200 mm cerca de la eco-región estepa a > 4000 mm en los fiordos de Magallanes. La temperatura media del mes más cálido es relativamente fría (de 5 a 13°C), mientras que la temperatura media del

mes más frío es moderadamente templada (de -2 a 5°C). Esta muy baja temperatura estacional (verano menos temperatura de invierno) es una característica única de las turberas patagónicas que potencialmente permite una temporada de crecimiento muy larga. Porque ninguna de las otras regiones de turberas de la Tierra se caracteriza por estas condiciones climáticas, es difícil de predecir el destino de la turba de carbono de la Patagonia en un mundo más caliente. Suponiendo que la productividad de biomasa vegetal y la descomposición de la turba tengan la misma sensibilidad frente a la temperatura, las hipótesis siguientes en cuanto a la respuesta de las turberas frente al recalentamiento se han propuesto: (1) la descomposición mejorada de la turba conduce a un aumento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y disminuye el almacenaje de carbón de la turba a largo plazo, y (2) el incremento de la producción de biomasa vegetal conduce a una tasa mayor de entierro de la turba y al aumento del almacenaje de carbono. En el primer escenario, las temperaturas de calentamiento aumentan la evapotranspiración de las turberas, lo que conduce a la disminución del nivel freático. El tiempo de residencia de la materia orgánica muerta en el acrotelmo aumenta y se incrementa la descomposición



de la turba. Además, la actividad microbiana se intensifica debido a condiciones más cálidas y aeróbicas. En el segundo escenario y suponiendo no haya estrés hídrico, las estaciones más cálidas y crecientes aumentan la posibilidad de fotosíntesis, que conduce a una mayor producción primaria y mayor acumulación de la turba. Como ambos procesos podrían estar ocurriendo al mismo tiempo, la clave es evaluar cómo la producción primaria y la descomposición cambiarían en relación al



otro, bajo un clima más cálido, que dependerá de la dirección y de la amplitud de los cambios de humedad. En la Patagonia, algunas turberas como las de *Sphagnum* en los alrededores de Ushuaia se encuentran en un punto óptimo, con temporadas de crecimiento largas y templadas acompañadas de precipitaciones constantes. Las condiciones más templadas pueden promover que la turba crezca aquí. Sin embargo, se han encontrado otras turberas cerca de la eco-región de estepa, donde el aumento de las temperaturas podría no estar acompañado por un aumento suficiente de humedad para mantener la turba.



La agricultura, la silvicultura y la extracción de la turba para combustible y la horticultura son tres de los más importantes cambios en el uso de la tierra que afectan a las turberas a nivel mundial (Laine *et al.*, 2009). El primer paso en las conversiones de todas estas turberas es el drenaje. Bajando el nivel freático a la altura deseable aumenta las emisiones de CO₂ de las turberas, pero también reduce las emisiones de CH₄ a la atmósfera. Sin embargo, donde las zanjas de drenaje están saturadas y constantemente húmedas, las emisiones de CH₄ de las zanjas de drenaje pueden alcanzar altos niveles (Laine *et al.*, 2009). Además, las grandes cantidades de carbono orgánico disuelto (COD) suelen generar implicancias en la calidad del agua que es drenada de las turberas. Por otra parte, la extracción de la turba es la actividad que afecta más a la estructura y función de las turberas. Tras la extracción de la turba, el ecosistema ha perdido la mayor parte de su reserva de carbono, que ha sido liberado a la atmósfera a través de la combustión, cuando ésta es usada para fines energéticos. Las comunidades vegetales que eventualmente colonizan las turberas abandonadas, si las hay, a menudo son plantas leñosas y especies herbáceas que viven en condiciones secas. Es improbable que la turba se forme otra vez, a menos que las turberas explotadas sean recuperadas y restauradas.

El valor de las turberas para créditos de carbono



La degradación de las turberas es la única responsable de liberar anualmente unas 2 billones de toneladas de CO₂ (Joosten *et al.*, 2012). Mientras que el valor monetario de las turberas actualmente es relativamente bajo, estos ecosistemas podrían ser dignos de protección dada su creciente importancia en los mercados de comercio de carbono y las leyes internacionales encaminadas a combatir el cambio climático (Dunn y Freeman, 2011). Según la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB), los servicios de las turberas se valoran mundialmente en hasta 18 billones de dólares americanos; esto no representa las reservas de C. La inclusión de las turberas en los inventarios nacionales de C permitiría probablemente que su valor aumente. En los próximos años, las autoridades esperan desarrollar un nuevo tratado climático mundial, más inclusivo para reducir la emisión de gases de efecto invernadero que sustituirá al Protocolo de Kioto. Además de regular las emisiones industriales de la actividad humana, este nuevo acuerdo internacional probablemente incluirá la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal en los países en desarrollo (REDD), propuesto por las Naciones Unidas. El mecanismo REDD, que también incluye la conservación y el mejoramiento de las reservas de C del bosque, tiene oportunidades para mediciones de turberas integradas. De hecho, la Conferencia de los Partidos (COP) COP-17 declaró que los países que deseen participar en la REDD deberían incluir todas las reservas significativas de C, incluyendo los suelos orgánicos, en su nivel de referencia. Para muchos países, incluyendo Chile, esta decisión implica que las turberas podrían figurar en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, sistemas de control de emisiones y el mercado de C. Los



créditos de carbono, por lo tanto, podrían ser obtenidos potencialmente de la restauración y protección de las turberas. Se proporcionarían créditos y ganancias por el concepto de finanzas climáticas de Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional (NAMAs), el Fondo Climático Verde, así como el mercado internacional voluntario. En este último, otras naciones, empresas e individuos podrían comprar créditos de carbono chileno para compensar sus propias emisiones. En general, se ha propuesto que las estrategias eficaces de mitigación de C como los impuestos de C se convertirán en los instrumentos para frenar el impacto de la actividad humana sobre los cambios mundiales. Las turberas pueden convertirse en importantes fuentes de créditos de C en el próximo tratado mundial sobre el clima.

Conclusión

Las turberas patagónicas están entre los sumideros de carbono más eficientes en el Hemisferio Sur. Estos ecosistemas cubren unos 45.000 km² de la superficie terrestre. Tienen una edad promedio de 12.370 años y un espesor promedio de 5,49 metros. La densidad promedio de C orgánico es de 154 kg C m⁻², que produce una reserva de C de 6,9 billones de toneladas solamente para las turberas de la Patagonia. Las tasas de acumulación de carbono promedio ponderado a largo plazo en el tiempo Holoceno son de 17,1 g C m⁻² año⁻¹ y muestran una tendencia creciente a lo largo del Holoceno, de 7,8 g C m⁻² año⁻¹ hace 12.000 años a una de 19,8 g C m⁻² año⁻¹ hace 1.000 años. La turba joven parece estar acumulándose más rápido que la turba vieja en gran parte porque esta última se ha estado descomponiendo durante un tiempo mucho más largo.

El cambio climático y la extracción de la turba afectan tanto la hidrología de las turberas, las que indudablemente afectan la producción primaria como la descomposición de la turba. En cuanto al cambio climático, la incertidumbre clave está relacionada en cómo la producción primaria y la descomposición de la turba cambiarán en relación a un clima más cálido, que dependerá en gran medida de la dirección y la amplitud de cambios de humedad. En términos del cambio de uso de la tierra, el drenaje de las turberas y la combustión de la turba subsecuente liberan la mayor parte del C almacenado en la atmósfera como el CO₂ y en los canales locales como el DOC. Además de estas pérdidas significativas de C, es poco probable que se formen las turberas otra vez después de la extracción, a no ser que las turberas explotadas sean restauradas. La degradación de las turberas es la única responsable de la liberación de 2 a 3 billones de toneladas de CO₂ al año. Se ha propuesto que las estrategias eficaces de mitigación de C, como los impuestos de C se convertirán en los instrumentos para frenar el impacto de la actividad humana sobre los cambios mundiales. Como las turberas pueden convertirse en fuentes importantes de créditos de C en el siguiente tratado mundial sobre el clima, estos ecosistemas pueden ser dignos de protección y restauración en la Patagonia.



Bibliografía

- Belyea, L.R. 2009. Nonlinear dynamics of peatlands and potential feedbacks on the climate system. p. 5-18. In: A.J. Baird *et al.* eds. Carbon cycling in northern peatlands. Geophysical Monograph Series 184. American Geophysical Union, Washington, D.C., USA.
- Chambers, F.M., D.W. Beilman and Z.Yu. 2010. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat* 7: 1-10.
- Clymo, R.S. 1984. The limits to peat bog growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*: 303(1117):605-654.
- Dunn, C. and C. Freeman. 2011. Peatlands: our greatest source of carbon credits? *Carbon Management* 2(3):289-301.
- Joosten, H., M.-L. Tapio-Bistrom and S. Tol (eds.). 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. *Mitigation of Climate in Agriculture Series 5*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, available from: <http://www.fao.org/docrep/015/an762e/an762e.pdf>.
- Laine, J., K. Minkinen and C. Trettin. 2009. Direct human impacts on the peatland carbon sink. p. 71-78. In: A.J. Baird *et al.* eds. Carbon cycling in northern peatlands. Geophysical Monograph Series 184. American Geophysical Union, Washington, D.C., USA.
- Loisel, J. and Z. Yu. 2013. Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 69:125-141.
- Peri, P.L. 2011. Carbon storage in cold temperate ecosystems in southern Patagonia, Argentina. p. 213-226. In: I. Atazadeh. (ed). Biomass and remote sensing of biomass. Intech, available from: <http://www.intechopen.com/books/biomass-and-remote-sensing-of-biomass/carbon-storage-in-cold-temperate-ecosystems-in-southern-patagonia-argentina>.
- Pisano, E. 1983. The magellanic tundra complex. p. 295-329. In: A.J.P. Gore. ed. *Mires: swamp, bog, fen and moor*. Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- Yu, Z., J. Loisel, D.P. Brousseau, D.W. Beilman and S.J. Hunt. 2010. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters* 37: L13402.



Capítulo 12

Visión y experiencias para la conservación de turberas en Chile

Bárbara Saavedra¹ y Alejandra Figueroa²

¹Wildlife Conservation Society-Chile. ²Ministerio del Medio Ambiente.
E-mail: bsaavedra@wcs.org

Introducción

Las turberas presentan una singular condición, pues además de compartir atributos hídricos con el resto de ecosistemas de humedales, ellas poseen una gran capacidad de captar y almacenar carbono en forma de turba. Debido a ello, las turberas prestan una serie de servicios ecosistémicos tales como la regulación de procesos hídricos, mantención de balances globales de carbono o provisión de hábitat para una gran diversidad de especies, lo cual confiere a estos ecosistemas un elevado valor de conservación tanto a escala local como global.

La estrecha relación que se establece entre el componente vivo de las turberas con su capacidad hídrica y de almacenamiento de carbono, permite en estos ecosistemas dimensionar de manera evidente, el valor que tiene la conservación de su biodiversidad para la mantención de estos servicios, además de la provisión de hábitat para gran variedad de especies de plantas y animales, propia de los humedales en general. Evidencian por ello las turberas toda la complejidad inherente a la biodiversidad, lo que incluye no sólo sus aspectos estructurales como presencia de especies o poblaciones (véase Capítulos 5, 6, 7,

8, 9), sino además aquellos aspectos funcionales, componentes menos reconocidos de la biodiversidad, que dicen relación con procesos ecológicos hídricos, circulación de gases (véase Capítulos 4, 11), entre otros.

Las turberas del Hemisferio Sur - la mayoría localizadas en la Patagonia - tienen especial relevancia, pues menos de un 5% de estos ecosistemas se encuentra en esta parte del mundo, y particularmente al sur de los 45° S. Aunque Chile carece de un catastro detallado de turberas, la mayor parte de estos humedales se distribuye desde la Región de Los Lagos hacia el sur, estando las mayores extensiones en la Región de Magallanes (Blanco y de la Balze, 2004). Las turberas de la Patagonia proporcionan servicios ecosistémicos críticos a escala local, incluyendo regulación de los procesos hidrológicos, suministrando hábitat para una amplia variedad de especies, mientras que a escala global aportan al mantenimiento de equilibrios atmosféricos de carbono. De hecho, las turberas de Chile y Argentina podrían ser los mayores reservorios de carbono terrestres existentes en estas latitudes (Blanco y de la Balze, 2004), por lo que su conservación es demandada no sólo a una escala local, sino global.





Amenazas a turberas chilenas

A pesar de que Magallanes es la región que aporta con una mayor proporción de superficie protegida a Chile (Luebert y Plissock, 2006), diversas amenazas tanto directas como indirectas, afectan actualmente la persistencia en el largo plazo de las turberas. Ellas son: cosecha de musgo y extracción de turba, drenaje profundo para habilitar suelos agrícolas o forestales y el calentamiento global. Por otra parte, la falta de conocimiento y valoración de las turberas australes como componentes relevantes de la biodiversidad mundial (Saavedra *et al.*, 2011), constituye un factor críticamente limitante para definir instrumentos específicos que permitan proteger estos humedales.

Uno de los principales componentes bióticos de los ecosistemas de turberas es el musgo del tipo *Sphagnum*, el cual, debido a su composición celular y la estructura de sus tejidos, absorbe grandes cantidades de agua (Iturraspe y Roig, 2000), pudiendo alcanzar hasta 20 veces su propio peso en seco. Este tipo de musgo es utilizado actualmente en la zona norte de la Patagonia (e.g., Isla de Chiloé), tanto por comunidades locales como

empresas de mayor escala, las que explotan el recurso a escala de sitio (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004), sin planificación a escala de cuenca o regional.

Esta actividad ha atraído la atención de algunas autoridades locales en Chile, las que han invertido en su promoción a través de proyectos de fomento bajo el supuesto aún no demostrado de que la materia vegetal (*Sphagnum* y otras especies asociadas) es un recurso natural que puede renovarse a una tasa adecuada, siendo esto esencial para asegurar la mantención de la integridad ecológica del humedal como un todo, incluyendo su estructura y función. Esto requiere al menos que la extracción del recurso a nivel de sitio permita la regeneración del vegetal, lo cual parece podría cumplirse bajo ciertas condiciones (Díaz y Silva, 2012). Está pendiente, sin embargo, el diseño de un plan de investigación que permita la demostración de la efectividad de estas técnicas en todo el rango de condiciones, tanto naturales como antrópicas, en las que se realiza la extracción de este vegetal¹.

Debido a que la extracción de este musgo se

ha visto incrementada de manera exponencial en las últimas décadas, y dado el rol crítico que tienen las turberas en la provisión de agua, hábitat y almacenamiento de carbono, es necesario adicionar al diseño de técnicas de extracción sustentable a escala de sitio, la planificación de dicha extracción a escala de cuenca o paisaje, en la forma de marcos regulatorios integrados de la actividad extractiva, los que deberían incluir medidas de fiscalización y monitoreos pertinentes. Afortunadamente la creación reciente del Ministerio del Medio Ambiente, agencia mandatada a gestionar la conservación de la biodiversidad, puede favorecer la consecución de estos objetivos.

En la zona sur de la Patagonia las turberas

son intervenidas para extraer la turba, material utilizado fundamentalmente para fines hortícolas o biorremediación (Blanco y de la Balze, 2004). Este proceso requiere del drenaje del ecosistema y de la destrucción del humedal, con consecuencias a escala de sitio y cuenca, con cambios severos en el ecosistema (modificando sus características físicas, químicas y biológicas), incluyendo la pérdida de hábitat de especies de plantas y animales, pérdida de funciones hídricas con impacto en ecosistemas aledaños fluviales, lacustres, estepa y bosque, y ciertamente un impacto en la captación y retención de masas significativas de carbono, las cuales son liberadas a la atmósfera agravando el



¹Carmona M., C. Oberpaur y B. Saavedra. 2011. Conocimiento, Conservación y Manejo Ecosistémico de Turberas Patagónicas. Reporte financiado por Wetlands International, a través de su Programa Wetlands & Livelihoods Project, Seed Funds Grant Agreement, entregado a Wildlife Conservation Society-Chile.



problema de cambio climático, finalmente. El desarrollo de esta actividad presenta una escala relativamente pequeña hasta la fecha, existiendo un número acotado de áreas de explotación en Chile, pero intenso y en expansión, según información de Aduanas y ProChile.

En la base de la amenaza de extracción de turba se encuentra el hecho que las turberas en Chile son consideradas minerales, y como tal están sujetas a la Ley Minera presentando la actividad extractiva una supremacía por sobre otras actividades, como puede ser la conservación, el turismo, por ejemplo. Hasta el año 2013, la explotación a pequeña escala de turba no requería ingresar al Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), reduciendo la posibilidad por un lado de requerir intervenciones con estándares extractivos adecuados, sino además la posibilidad de fiscalizar la actividad extractiva en terreno. Con el nuevo reglamento del SEIA, emanado el 2013, en el D.S. N° 40, toda acción de extracción de turba requerirá ingresar a evaluación, lo que abre una oportunidad para avanzar en estos aspectos regulatorios.

El aumento en la demanda global de los productos extraídos desde los humedales de turberas (musgos y turba), sumado a políticas de fomento para su explotación, auguran un incremento en la explotación de la turba y de la destrucción de turberas. Bajo estas condiciones se requiere de una planificación que permita priorizar su conservación y los servicios ecosistémicos no valorados, a diferentes escalas. Se debería privilegiar en este proceso el desarrollo de instrumentos de planificación y gestión integrada de la conservación de estos humedales. El Ministerio del Medio Ambiente, en el marco de sus atribuciones y funciones, es parte del proceso para mejorar el estado del conocimiento de las turberas y su uso racional, en el entendido que el musgo y turba



son entidades ecológicamente dependientes.

Las turberas también se encuentran amenazadas por especies invasoras, estableciéndose un círculo degenerativo en el que la degradación de turberas favorece el arribo de especies invasoras, las cuales a su vez favorecen la degeneración de estos ecosistemas naturales. En turberas explotadas y abandonadas en Magallanes, se constata el arribo de diversas especies de plantas propias de ambientes más secos, luego de más de dos décadas de abandono (Domínguez *et al.*, 2012), lo que indica el bajo nivel de recuperación de estos ecosistemas una vez intervenidos. Otro ejemplo en la región es el caso de la invasión del castor (*Castor canadensis*), roedor originario de Canadá que se ha establecido desde hace 60 años y ha colonizado prácticamente todas las cuencas de la Isla Grande e islas adyacentes del archipiélago de Tierra del Fuego (Anderson

et al., 2006). Hace más de una década esta especie colonizó el continente, expandiendo esta amenaza a vastas zonas de humedales en la Provincia de Magallanes. Los castores son animales acuáticos que construyen diques e inundan amplias áreas, provocando cambios en la hidrología de las cuencas, lo que afecta el suelo y destruye el *Sphagnum*. A pesar que la dinámica de invasión del castor es más bien conocida en la zona, así como su impacto en ecosistemas de bosque o fluviales, existe escaso entendimiento del impacto que esta especie ejerce sobre las turberas fueguinas. Escaso conocimiento se tiene además de técnicas o métodos que favorezcan la restauración de humedales afectados por esta especie, o por la invasión de especies de plantas antes mencionada.

A una escala mayor, como se menciona antes el cambio climático amenaza a las turberas de Magallanes (Iturraspe, 2010). Ello por cuanto





estos ecosistemas tienen una dependencia fuerte de la temperatura y precipitaciones, ambas dependientes de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Dado que es esperable futuros aumentos de temperatura, los que en la zona sur de Chile podrían estar asociados con cambios en las precipitaciones, es probable que ello afecte la distribución y calidad de las turberas patagónicas. Tal como en los casos anteriores, se carece de información e investigaciones que permitan modelar con razonable precisión esta dinámica, información mínima para diseñar medidas efectivas de conservación en el largo plazo.

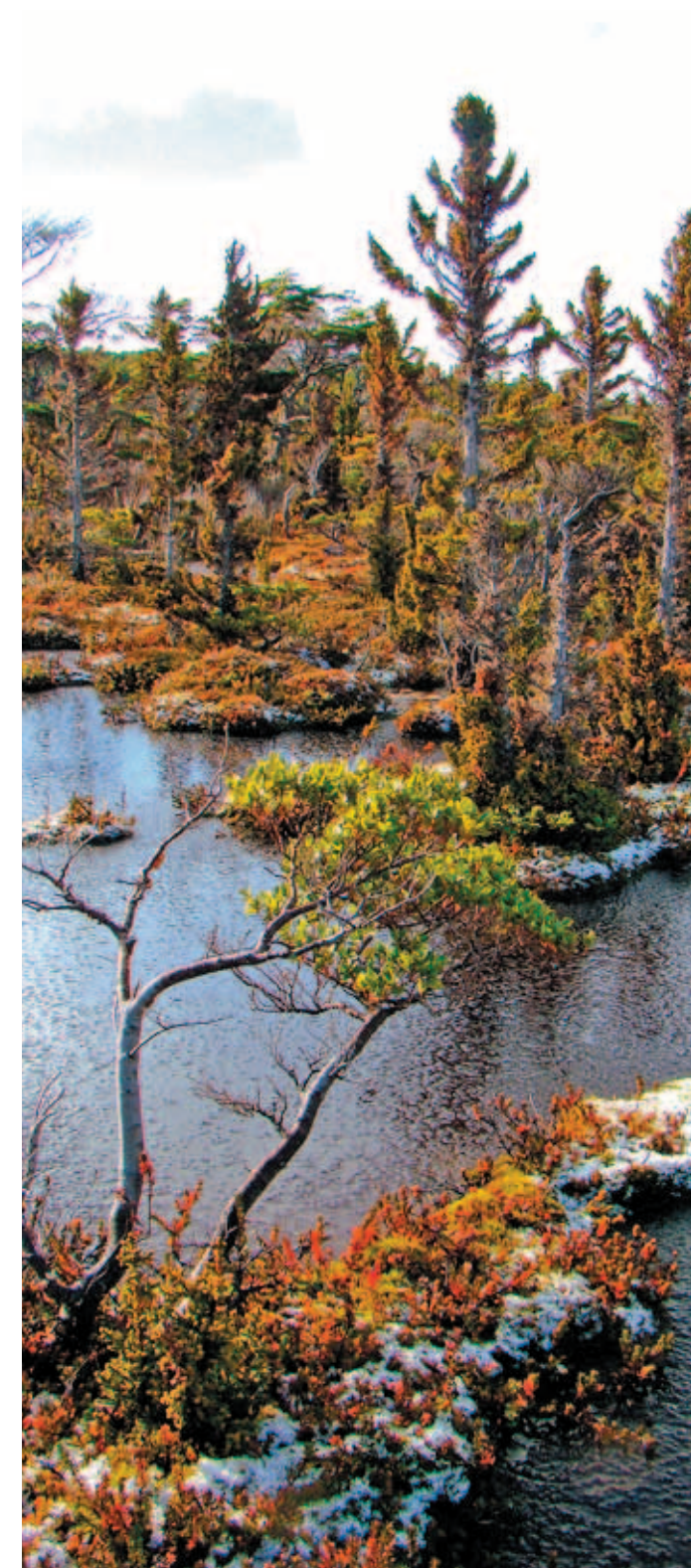
Dada la naturaleza compleja de las turberas - húmedales que sostienen comunidades vegetales singulares, cuya matriz de subsuelo es considerada mineral-, diversas agencias del Estado participan de alguna u otra forma en su gestión en estos momentos. El Ministerio de Minería, a través de su agencia SERNAGEOMIN, es el ente encargado de entregar concesiones para la extracción de turba, aunque no está en su mandato la fiscalización de la forma y

calidad de la actividad extractiva en terreno. Finalmente, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el agente del Estado con el mandato explícito de conservar la biodiversidad, se encuentra en proceso de formación, de instalar toda su capacidad administrativa con la creación del Servicio de Biodiversidad y de Áreas Protegidas (proyecto de ley), el que tiene el mandato de diseñar y dirigir acciones integradas de conservación. Esta multiplicidad de agentes del Estado se suma a los actores relevantes a escala local, que incluyen Municipalidades, propietarios públicos o privados de predios con presencia de turberas, u otros. Esto genera un espacio administrativo complejo, poco propicio para el diseño e implementación de planes integrados de conservación de las turberas. En este contexto las instituciones mandatadas que promueven y hacen efectiva la conservación a través de sus atribuciones son el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura actualmente dentro de las áreas protegidas.

En general, las turberas son ambientes bastante desconocidos (Schlatter y Schlatter,

2004), para los que no se cuenta de clasificación a nivel de ecosistemas, se desconoce en detalle su distribución regional o local, se carece de tipificación botánica acabada en todo el rango de distribución, excepto para algunos turbales particulares de Chile y de Argentina. Tampoco se conoce en detalle su funcionamiento ecosistémico, valor ecológico, ni los atributos intrínsecos o ambientales que permitan determinar su potencial explotación o manejo sostenible. Debido probablemente a que su distribución patagónica las ha mantenido alejadas de los centros de investigación más importantes del país, la mayoría localizada en la zona central de Chile, el desarrollo de investigaciones en torno a estos ecosistemas ha sido escaso. Exceptuando quizá investigaciones relacionadas con reconstrucción paleoclimática o paleovegetación, la mayor parte de los aspectos estructurales y funcionales de la biodiversidad de estos ecosistemas permanece aún por ser abordada.

De hecho, una revisión exhaustiva (Ramírez, datos no publicados) de trabajos de turberas publicados a nivel mundial (años 2003-2007), muestra que la gran mayoría de las investigaciones de estos ecosistemas se realiza en Europa (52%), siendo el aporte de estudios en Sudamérica marginal (2%, para un total de 6.181 artículos publicados). Dentro de Sudamérica, Chile aporta con un porcentaje bajo (13%) de investigaciones, muy por detrás de países como Brasil o Argentina (77%, para un total de 107 artículos publicados en el mismo período), dimensionando la brecha de conocimiento existente para las turberas en nuestro país.



Pautas para guiar la conservación de turberas en Chile

Dada la naturaleza multi-escala propia de las turberas, de la multiplicidad de amenazas que las afectan y de la compleja configuración de los sistemas administrativos que participan de la gestión y conservación de estos ecosistemas requiere del diseño e implementación de acciones en ámbitos diversos, las que puedan aportar de manera efectiva al abatimiento

de las principales amenazas que las afectan. Entregamos a continuación un resumen de tres tipos de elementos – en los ámbitos de la administración, investigación y del manejo en terreno – que podrían ayudar a guiar el proceso para la conservación de las turberas en nuestro país.

Mesa de Turberas, planificación de conservación desde la Administración

Las turberas en Chile y el mundo, tal como cualquier otro ecosistema natural, permiten diversos usos. Algunos de ellos son conocidos y aceptados como la extracción del musgo o la turba, mientras que otros como la provisión de variados servicios ecosistémicos, están recién siendo reconocidos por la sociedad. El objetivo más evidente de conservación considera la mantención de la integridad de los ecosistemas de turbera, incluyendo de manera especial la prestación de todos sus servicios ecosistémicos asociados. Esto determina que su gestión de conservación, la cual por mandato institucional debería estar liderada por el Ministerio del Medio Ambiente, debería planificarse y ejecutarse de manera coordinada y sinérgica con otras agencias relacionadas con las turberas, como pueden ser Agricultura o Minería, pudiendo incluirse además agencias como CONICYT, Municipalidades, ONGs, propietarios, por mencionar algunos.

Un esfuerzo en este sentido ha sido liderado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Wildlife Conservation Society (WCS), quienes han convocado a diversos

actores públicos y privados a constituir una Mesa de Turberas. El primer acercamiento entre estos actores se concretó en el Taller Binacional (Argentina – Chile) “Conocimiento y valoración de las turberas de la Patagonia: Oportunidades y desafíos”, realizado en Punta Arenas (noviembre de 2011), convocado por ambas instituciones, al que asistieron expertos nacionales y extranjeros, y donde se identificaron aquellos aspectos críticos para la conservación de las turberas (Valdés-Barrera *et al.*, 2012). En dicha oportunidad se elaboró un listado de temas críticos de abordar, agrupados en tres ámbitos: investigación y monitoreo, uso sustentable, y política y normativa, lo cual requería de una acción y liderazgo para proveer un espacio de integración para poder comenzar a planificar las acciones de manera coordinada. Este trabajo fue tomado por el MMA, quien con apoyo de WCS implementaron esta Mesa de trabajo.

La constitución de la Mesa de Turberas tiene como objetivo entonces proveer de un espacio común que permita la discusión, coordinación y trabajo multidisciplinario entre



representantes de las distintas instituciones gubernamentales (MMA, Minería y Agricultura, principalmente) y especialistas provenientes del mundo público y privado, como universidades, institutos de investigación, organizaciones no gubernamentales y empresas. Esta Mesa se constituyó en enero de 2013 y contó con la participación de representantes de los ministerios de Agricultura (ODEPA, CONAF, INIA-Kampenaike) y Minería, además del MMA; científicos nacionales especialistas en turberas provenientes del Centro de Ecología Aplicada, la Fundación CESEFOR, Instituto de Ecología y Biodiversidad, Instituto

de Investigaciones Agropecuarias, Fundación Senda Darwin, Universidad Andrés Bello, Universidad de Concepción, Universidad Santo Tomás, y la Asociación VCS, además de expertos de WCS.

La variedad de actores relevantes que respondieron activamente a este llamado – prácticamente todos los relacionados con turberas en el país–, y el interés de las partes en integrar esfuerzos particulares en esfuerzos comunes de conservación se manifestaron en los siguientes objetivos específicos de esta Mesa:

- Reconocer las necesidades para el estudio, valoración, manejo y restauración de las turberas patagónicas.
- Proponer acciones específicas para enfrentar las necesidades reconocidas para la conservación de las turberas patagónicas y promover estudios científicos necesarios para el logro de objetivos identificados.
- Generar acuerdos entre las distintas instituciones gubernamentales y centros de investigación para avanzar en la implementación de dichas acciones.

A partir de ese momento la Mesa se ha reunido en forma periódica y se encuentra gestionando la realización de una Guía de Turberas desde el 2013, que incluya aspectos relevantes de su ecología, gestión y conservación, y que pueda servir para la divulgación de estos

ecosistemas especialmente entre agentes que participan del proceso de evaluación de impacto ambiental. Constituye este un modelo interesante para abordar la gestión integrada de conservación de otros recursos naturales nacionales.

Investigaciones para la conservación de turberas



Un segundo aspecto crítico para avanzar en la gestión efectiva de la conservación de turberas en Chile se relaciona con el desarrollo de investigaciones clave. A escala global, la relevancia de las turberas de la Patagonia cobra sentido al constatar la heterogénea distribución de estos ecosistemas en el mundo. Aquellas turberas localizadas a alta latitud sur, como las que se encuentran en Tierra del Fuego u otras zonas de Magallanes, constituyen blancos naturales para el desarrollo de investigaciones, pues representan puntos de referencia para comparaciones globales, dada su lejanía, su estado de conservación, su origen glacial reciente, entre otros aspectos. A escala local, la necesidad de investigaciones cobra relevancia crítica, pues sólo en base al conocimiento acabado de la estructura y funcionamiento de estos sistemas, es posible diseñar y poner a prueba instrumentos de manejo que puedan efectivamente favorecer su conservación y uso sostenible.

WCS, en forma conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Fundación Senda Darwin y Wetlands International, ha propuesto un programa de investigación de largo plazo para la conservación y gestión sostenible de las turberas de la Patagonia. Este Programa se sustenta en la capacidad de investigación y conservación ya instalada en el extremo norte y sur de la Patagonia: la Fundación Senda Darwin en Chiloé, y el Parque Karukinka en Tierra del Fuego, respectivamente.

La Estación Biológica Senda Darwin (EBSA) es un importante centro de investigación científica y conservación privada ubicado en Patagonia Norte, en la Isla de Chiloé



(Carmona *et al.*, 2010). Liderados por un singular equipo de ecólogos, EBSD fomenta la integración de la investigación científica con las comunidades locales. En EBSD se promueve activamente la integración de las ciencias ecológicas al currículum escolar, así como el manejo de los recursos naturales a pequeña escala. Dada su localización y la demanda local por el recurso *Sphagnum*, este centro ofrece una oportunidad para abordar el desarrollo y puesta a prueba de métodos de extracción sustentable de este recurso.

Karukinka es un área silvestre protegida privada manejada por Wildlife Conservation Society (WCS), la cual protege las mayores extensiones de turberas que existen en la Isla Grande de Tierra del Fuego en Chile (Saavedra *et al.*, 2011). Desde el año 2004, WCS ejecuta un proyecto de conservación basado en el desarrollo de ciencia y educación, que espera integrar la conservación como elemento para favorecer el desarrollo de la comunidad local, así como un instrumento

para promover conservación a escala nacional y global. El modelo de conservación que WCS ejecuta en Karukinka se basa en la integración a diversas escalas: público-privada, ciencia-manejo, conservación-uso sostenible, entre otras. Dada su localización geográfica, pristinidad y extensión, las turberas de Karukinka constituyen un blanco ideal para el desarrollo de investigaciones ecosistémicas de gran escala, con especial énfasis en la prestación de servicios ecosistémicos.

Considerando las condiciones ecológicas de las turberas -basadas en la fuerte dependencia de la materia vegetal, la turba y el agua-, junto con los patrones de explotación observados hoy en día en estos ecosistemas que incluyen explotación de musgo y de turba, en conjunto con factores de orden global como son la invasión de especies y el cambio climático, hemos identificado tres componentes mínimos que debieran ser abordados por las investigaciones, necesarios para gestionar de manera efectiva la conservación y manejo de estos ecosistemas, incluyendo:

- 1) **Servicios ecosistémicos:** investigaciones sobre el almacenamiento y flujo de carbono en turberas e investigaciones sobre la importancia de las turberas en la regulación de ciclos hidrológicos y la calidad del agua. Estos estudios deberían ser realizados a escala de cuenca hidrográfica. Esto permitirá proveer información relevante para la caracterización y cuantificación de los servicios ecosistémicos brindados por las Turberas de *Sphagnum*, tanto a escala local como global, con especial énfasis en ciclos del agua y carbono, y sus vinculaciones con el proceso global de cambio climático.
- 2) **Biodiversidad:** centrado en la investigación sobre especies en el hábitat de *Sphagnum*, y las especies invasoras de plantas y animales que actualmente amenazan estos ecosistemas. Esto permitirá proveer información sobre la biodiversidad asociada a las turberas patagónicas, con énfasis en el impacto de la invasión de especies y el cambio de uso del suelo, ambos componentes centrales del cambio global, sobre estos ecosistemas.
- 3) **Manejo y sustentabilidad de turberas,** estableciendo las condiciones bajo las cuales la extracción del *Sphagnum* puede llevarse a cabo de manera sostenible, así como los mecanismos financieros que pueden favorecer la emisión de créditos de emisiones de carbono, el establecimiento de mercados de ecoturismo u otros. Esto permitirá proveer información relevante para el manejo sustentable de Turberas de *Sphagnum*.



Cada uno de estos temas de investigación debería ser abordado en una o ambas áreas de estudio (i.e. Karukinka, Senda Darwin), dependiendo de la naturaleza de la pregunta y de la vocación de cada sitio. Cada tema propuesto corresponde a un programa de investigación de largo plazo, existiendo sin embargo interacciones de tipo sinérgico entre

algunas líneas de investigación. Es deseable que los programas aquí planteados puedan ser desarrollados de manera coordinada y simultánea, lo que permitiría optimizar el uso de recursos y más importante aún dar integridad al estudio de los ecosistemas de turberas patagónicas en todo su rango de distribución geográfica y conceptual.

Erradicación de invasores, el abatimiento definitivo de una amenaza

La invasión de especies constituye la segunda amenaza global más importante para la biodiversidad. En caso que sea viable, se ha demostrado que la erradicación de la especie invasora constituye la inversión de conservación más efectiva. Tal es el caso de las turberas de la Patagonia, donde la erradicación del castor canadiense constituiría una acción de manejo que favorecería directamente la recuperación de las turberas que están siendo afectadas por la acción de esta especie. En un esfuerzo sin precedentes, WCS en conjunto con el MMA y otras agencias del MINAGRI como CONAF y SAG, han liderado la promoción de la erradicación como un instrumento costo-efectivo para resolver la invasión de esta especie (Menvielle *et al.*, 2010). Este proceso, iniciado en el año 2006 luego de la realización de un Taller Internacional de expertos, ha permitido construir un marco técnico y administrativo que facilite la evaluación de la pertinencia y efectividad de la erradicación de castores como un instrumento para restaurar los ecosistemas naturales de la Patagonia, incluyendo turberas. En este proceso ha sido clave identificar la escala apropiada para la ejecución de esta acción de conservación –binacional; la generación de una visión común en torno al problema del control de la especie lograda a través de reuniones con expertos nacionales y extranjeros; el desarrollo de un estudio experto de factibilidad de la erradicación de la especie (Parkes *et al.*, 2008); la estructuración de un plan estratégico para guiar y canalizar los esfuerzos de los diversos actores relevantes en el proceso; y ciertamente la firma de un acuerdo binacional entre Chile y Argentina destinado a implementar un plan



de erradicación del castor de la zona austral de Sudamérica^{2,3}. Todas estas piezas han sido claves para lograr el apoyo técnico y político necesario que permitió el desarrollo de proyectos GEF en ambos países, destinados a trabajar en el diseño de herramientas mínimas necesarias para avanzar en la ejecución del programa de erradicación de castores en la Patagonia Austral, con la consecuente recuperación de los ecosistemas de turberas que han sido impactados por la especie en la zona. Estos proyectos se encuentran en diferente estado de desarrollo, y se espera que puedan ser ejecutados en Tierra del Fuego pronto, y que áreas como Karukinka puedan servir de zonas piloto para desarrollar y poner a prueba las capacidades técnicas, administrativas y financieras necesarias para llevar adelante con éxito un programa de esta naturaleza. Representa éste un ejemplo de singular valor donde se conjuga una visión común de conservación, con la voluntad local y binacional, para trabajar en el desarrollo de las capacidades necesarias que permitan abordar un problema complejo como éste en el largo plazo.

² Silva, C.A. y B. Saavedra. 2008. Actas del Taller Internacional para el Control de Castores en la Patagonia. Edición digital. Wildlife Conservation Society - Chile. Copias disponibles en www.karukinka.cl
³ Funes, M., M.F. Menvielle, B. Saavedra y A. Schiavini. 2011. Plan estratégico del Proyecto de Erradicación del castor en el sur de Patagonia. Versión 3.0. Disponible en www.karukinka.cl

Conclusión

El desarrollo de una estrategia de protección, conservación y manejo de las turberas chilenas, que considere el manejo del componente biótico *Sphagnum* bajo condiciones habilitantes, en forma conjunta con la mantención de la integridad del ecosistema turbera y la provisión de los servicios ecosistémicos asociados, representa un gran desafío para Chile, a la vez que es una oportunidad extraordinaria para desarrollar nuevos modelos de integración de conservación con uso sustentable.

Dada la complejidad de factores que se relaciona con la existencia y permanencia de las turberas, el manejo racional de ellas en el sur del Cono Sur debe sustentarse en el desarrollo de ciencia de calidad, la que integre tanto elementos básicos de estructura y funcionamiento con el manejo de estos ecosistemas, y su aplicación a las diferentes escalas relevantes, local o global,

para la mantención de las turberas y los servicios ecosistémicos que ellas brindan.

La construcción de planes comunes, con un liderazgo claro y efectivo, que puedan ser sostenidos y ejecutados por las capacidades locales tanto en ámbitos administrativos, científicos o de manejo, representa quizá el desafío más grande para la conservación no sólo de turberas, sino de toda la biodiversidad de valor chilena. Esto nos obliga a priorizar proyectos y estudios de corto y largo plazo, que reduzcan la incertidumbre y la carencia de información, fortaleciendo las decisiones de gestión en base a datos cuantitativos y cualitativos locales. Esperamos que la experiencia compartida en este trabajo favorezca la identificación y canalización de esfuerzos para la conservación de las turberas, además de la integración necesaria para su implementación efectiva.



Bibliografía

- Anderson, C.B., C.R. Griffith, A.D. Rosemond, R. Rozzi and O. Dollenz. 2006. The effects of invasive North American beavers on riparian plant communities in Cape Horn, Chile. Do exotic beavers engineer differently in sub-Antarctic ecosystems? *Biological Conservation* 128:467-474.
- Blanco, D.E. y V.M. de la Balze. 2004. Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. *Wetlands International - América del Sur* 25 de Mayo 758 10° I (1002) Buenos Aires, Argentina.
- Carmona, M.R., J.C. Aravena, M.A. Bustamante-Sánchez *et al.* 2010. Estación Biológica Senda Darwin: investigación ecológica de largo plazo en la interfase ciencia-sociedad. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 113-142.
- Díaz, M.F. and W. Silva. 2012. Improving harvesting techniques to ensure *Sphagnum* regeneration in Chilean peatlands. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72: 296-300.
- Domínguez, E., N. Bahamonde y C. Muñoz-Escobar. 2012. Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 40(2):37-45.
- Iturraspe, R. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. 32 pp.
- Iturraspe, R. y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego Argentina. En: Coronato, A. y Roig C. eds.: *Curso Taller de Conservación de Ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego*: 85-93. Ushuaia, Tierra del Fuego.
- Luebert, F. y P. Pliscoff. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- Menvielle, M. F., M. Funes, L. Malmierca, D. Ramadori, B. Saavedra, A. Schiavini and N. S. Volkart. 2010. American beaver eradication in the southern tip of South America: main challenges of an ambitious project. *Aliens* 29:9-16.
- Parkes, J., J. Paulson, C. J. Donlan and K. Campbell. 2008. Control of North American beavers in Tierra del Fuego: feasibility of eradication and alternative options. Report prepared for Comité Binacional para la Estrategia de Erradicación de Castores de Patagonia Austral.
- Saavedra, B., J. Simonetti and K. H. Redford. 2011. Private conservation, the example that the Wildlife Conservation Society builds from Tierra del Fuego. In: E. Figueroa, editor. *Biodiversity Conservation in the Americas: Lessons and Policy Recommendations*. Ocho Libros Editores Ltda. Santiago, Chile.

Schlatter, R.P. y J.E. Schlatter. 2004. Los turbales de Chile. En: Blanco D.E. y V.M. de la Balze ed. 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.

Valdés-Barrera, A., F. Repetto, A. Figueroa y B. Saavedra. 2012. Actas del taller: Conocimiento y valoración de las turberas de la Patagonia: Oportunidades y desafíos (24-25 de noviembre de 2011, Punta Arenas). Anales del Instituto de la Patagonia 40:67-82.

Valenzuela-Rojas, J. y R. Schlatter. 2004. Las turberas de la Isla Chiloé (X Región, Chile): aspectos sobre usos y estado de conservación. En: Blanco D.E. y V.M. de la 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.

