



Gestión ambiental de turberas en Magallanes (Chile)

Flavia María Vaccarezza Zolezzi

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

TESIS DOCTORAL

**GESTIÓN AMBIENTAL DE TURBERAS EN
MAGALLANES (CHILE).**

FLAVIA MARÍA VACCAREZZA ZOLEZZI

**UNIVERSITAT DE BARCELONA
2012**

**UNIVERSITAT DE BARCELONA
FACULTAT DE GEOGRAFIA I HISTÒRIA
DEPARTAMENT DE GEOGRAFIA FÍSICA I ANÀLISI GEOGRÀFICA REGIONAL
PROGRAMA DE DOCTORAT “GESTIÓ AMBIENTAL, PAISATGE I GEOGRAFIA”
BIENNI 2005-2007**

**GESTIÓN AMBIENTAL DE TURBERAS EN
MAGALLANES (CHILE).**

FLAVIA MARÍA VACCAREZZA ZOLEZZI

**DIRECTOR
DR. PATRICIO RUBIO ROMERO**

BARCELONA, 2012

AGRADECIMIENTOS

Deseo, en primer lugar expresar mi gratitud a mi director de Tesis, Dr. Patricio Rubio, por todo el esfuerzo, orientación y trabajo realizado para finalizar esta tesis.

En el mismo sentido, agradezco el apoyo y aportes brindados por los profesores y personal de la Escuela de Agronomía de la Universidad Santo Tomás, especialmente a la Sra. Christel Oberpaur, compañera y amiga, de quien he aprendido acerca del rigor científico y su generosidad intelectual y humana y al Director de dicha Escuela, Sr. Alvaro Reyes, por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Me gustaría expresar mi agradecimiento al equipo que participó inicialmente en el Programa “Bases Ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, entre ellos a la Sra. María Francisca Díaz y Sr. Juan Marco Henríquez. En especial deseo agradecer al Sr. Ricardo Bennewitz, profesional de la Seremi Agricultura Región de Magallanes, por su excelente voluntad, colaboración y disposición.

Gracias a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han contribuido a que, finalmente, esta tesis sea una realidad.

A mi madre, Victoria, por su ayuda incondicional y preocupación constante. A mi tía y madrina, Dra. Paola Zolezzi, por sus sugerencias, gran interés y aliento mostrado a lo largo de todo el proceso investigador. A mi suegra, Sra. Mercedes Hartmann, por su apoyo permanente.

Finalmente agradezco a Dios por contar de modo especial con mi familia, por su comprensión a lo largo de estos largos años, sin quienes no hubiese podido finalizar este trabajo. A mi querido esposo Edward, por su apoyo cariñoso, extremada paciencia y acompañamiento en todo momento, facilitando la posibilidad de desarrollar mi trabajo; y a mis tres amados hijos Konrad, Hans y Alexander, por todas las horas robadas, la inspiración y fortaleza que me han entregado.

A mi querido padre

RESUMEN

Las turberas cubren más de 400 millones de hectáreas a nivel mundial y existen en todos los continentes, a diferentes latitudes y altitudes. Estos ecosistemas únicos, formados en zonas con climas húmedos y baja evaporación, destacan por sus características excepcionales, basadas en la capacidad de acumular activamente y almacenar grandes cantidades de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica, llamada turba de *Sphagnum* y otras especies, bajo condiciones de alta saturación de agua permanente, durante largo tiempo. En las turberas, el agua, la turba y la flora específica están fuertemente interconectadas. Si alguno de estos componentes es removido o el equilibrio entre ellos es alterado, la naturaleza de la turbera cambia drásticamente. Chile posee importantes extensiones de turberas, las que alcanzan su máximo desarrollo entre las regiones X y XII. Las turberas emplazadas en la región de Magallanes constituyen ecosistemas de alto valor económico ambiental y son frágiles ante la intervención humana. Por ello se plantea que su uso y gestión se debe enmarcar bajo el concepto de uso racional. Este estudio pretende enriquecer la escasa información existente sobre las turberas de la región de Magallanes, de manera de avanzar hacia su uso racional. Para contribuir a estos problemas, el objetivo de esta tesis doctoral ha sido proponer un plan de gestión ambiental de turberas para Magallanes elaborado a partir del conocimiento existente, fundamentado en el análisis vegetacional, hidrológico, físico, químico y microbiológico de turberas en intervención y no intervenidas. Para tal efecto, se diseñó un esquema metodológico estructurado en cinco etapas. La primera etapa entrega los fundamentos ambientales del problema a nivel nacional e internacional, en lo que respecta a su dimensión ecológica, mediante un exhaustivo análisis bibliográfico internacional y nacional. La segunda etapa se ha orientado a identificar, describir y analizar las regulaciones e institucionalidad existentes a nivel internacional y nacional sobre las turberas. En la tercera etapa se ha analizado el caso específico de las turberas de Magallanes, a modo de aplicación práctica del problema. Se han estudiado y comparado 7 turberas, clasificadas según su grado de intervención: turberas naturales sin intervención, en explotación actual intervenidas y explotadas – abandonadas. Se caracterizan desde el punto de vista geográfico, vegetacional, hidrológico, físico químico y microbiológico. Sobre la base del trabajo teórico y aplicado desarrollado en las etapas anteriores, en la cuarta etapa se desarrolla un diagnóstico de la problemática relativa a las turberas de Magallanes, para finalizar, en la quinta etapa, proponiendo las bases para un modelo de gestión ambiental adaptado específicamente al caso de las turberas de Magallanes, que facilite su manejo y uso racional, llamado “El Premodelo Geosistémico Magallánico”.

SUMMARY

The peatlands cover more than 400 million hectare worldwide and they exist in all continents, at different latitudes and altitudes. These unique ecosystems formed in areas of wet weather and low evaporation outstand for their exceptional characteristics, based on the capacity of accumulate actively and store great quantities of organic matter of vegetal origin in diverse states of anaerobic degradation, called Sphagnum peat and other species under high saturation conditions of water, permanently on for very long periods. In the peatlands, water and specific flora are extremely interconnected. If any of this components is removed or the equilibrium is modified the nature of the peatlands changes dramatically and drastically. Chile has important extensions of peatlands reaching their maximum development between the X – XII regions in the south. The peatlands situated in the Magallanes region represent ecosystems of high economic and environmental value and they are fragile under human intervention. That is why this use and management must be carried following strictly the concept of wise use. This study look for to increase the scarce existing information about the Magallanes peatlands so as to advance towards a rational use of them. To be able to promote to these problems, the aim of this doctor thesis has been to propose a plan of environmental development of peatlands for Magallanes starting from the basis of existing knowledge, based on the vegetational, hydrological, physical, chemical and microbiological analysis of peatlands in intervention and not intervention. To achieve this, a methodological scheme of 5 stages is proposed. The first pretends to give environmental fundament of the problem at national and international level, specifically referring to the ecological dimension by means of an exhaustive national and international bibliographic analysis. The second stage is directed to identify, describe and analyze the existing regulations and institutionality both national and internationallevel. The third stage concerns the analysis of the specific case of the Magallanes peatlands, so as to refer to the practical approach concerning the problem. Seven peatlands are analized and classified according to their degree of intervention:pristine peatlands, without intervention; peatlands now being harvested; and highly harvested and deserted. They have been characterized and compared from the vegetational, hydrological, physical, chemical and microbiological pint of view. As a result of all these studies, the basis for a environmental management model, adapted specifically in the case of the Magallanes peatlands was proposed, to facilitate their management and wise use, called "Magallanes Geosystemic Premodel".

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I	15
Las turberas	
1.1 Humedales	19
1.2 Turberas	20
1.2.1 Generalidades y conceptos	20
1.2.2 Distribución de las turberas	24
1.2.3 Características de las turberas	26
1.2.4 Formación de las turberas	29
1.2.5 Clasificación de las turberas	35
1.2.6 Ecología de turberas	41
1.3 Situación actual de las turberas a nivel internacional	45
1.4 Turberas en el globo	46
1.5 Bibliografía específica	47
Capítulo II	51
Valoración y funciones de las turberas	
2.1 Beneficios de los ecosistemas de turberas	54
2.2 Funciones de regulación o servicios ecosistémicos	56
2.2.1 Las turberas en la regulación del clima global	56
2.2.2 Las turberas en la regulación del clima local	57
2.2.3 Las turberas en la regulación del ciclo hidrológico	58
2.2.4 Las turberas en la regulación de la hidroquímica de la cuenca	59
2.2.5 Las turberas en la regulación de las condiciones de suelo del ecosistema	59
2.3 Funciones productivas	60
2.3.1 Usos de la turba	60
2.3.2 Extracción de turba	65
2.3.3 El recurso turba	71
2.4 Funciones trasmisoras	76
2.5 Funciones de información	77
2.5.1 Contribución de las turberas a la biodiversidad	77
2.5.2 Las turberas y sus registros históricos, culturales y ambientales ..	77
2.5.3 Las turberas y los valores espirituales, culturales, artísticos y estéticos	78
2.5.4 Las turberas en el ecoturismo y recreación	78
2.6 Las turberas y el cambio climático	79
2.6.1 Efectos del clima en las turberas	79

2.6.2	Efectos de las turberas en el cambio climático	80
2.7	Las turberas y la biodiversidad	88
2.8	Impacto del ser humano sobre las turberas	92
2.9	Uso racional de las turberas	97
2.10	Un ecosistema óptimo	102
2.11	Bibliografía específica	103

Capítulo III 107

Las turberas nacionales

3.1	Humedales en Chile	110
3.1.1	Tipos de humedales	112
3.2	Distribución de las turberas en Chile	115
3.3	Formación de las turberas	120
3.4	El género <i>Sphagnum</i> en Chile	123
3.5	Situación actual de las turberas a nivel nacional	124
3.5.1	Extracción del musgo <i>Sphagnum</i>	125
3.5.2	Extracción de turba	128
3.5.3	Drenaje y forestación de pomponales y turberas	133
3.6	Las turberas chilenas	134
3.7	Bibliografía específica	136

Capítulo IV 141

Restauración de las turberas

4.1	Aspectos sobre conservación de las turberas	144
4.2	Restauración ambiental	144
4.2.1	Ecosistemas degradados y sus causas	145
4.2.2	Conceptos sobre restauración ambiental	146
4.2.3	La integración de la restauración ecológica en un programa más amplio	152
4.2.4	Aspectos a considerar para realizar una restauración	153
4.2.5	Etapas a seguir en un proceso de restauración	153
4.2.6	Atributos de los ecosistemas restaurados	156
4.2.7	El análisis del paisaje como base para la restauración	157
4.3	Restauración de turberas degradadas	159
4.3.1	Grados de restauración de turberas	160
4.3.2	Factores claves para la restauración	164
4.3.3	Planificación de la restauración	165
4.3.4	Propuesta de restauración canadiense	166
4.3.5	Propuesta de restauración alemana	172
4.4	Experiencias internacionales sobre restauración de turberas	177
4.4.1	Experiencias de restauración de turberas en Irlanda	177
4.4.2	Experiencias de restauración de turberas en Canadá	184
4.4.3	Experiencias de restauración de turberas en Australia	185
4.4.4	Experiencias de restauración de turberas en Nueva Zelanda	185

4.5	Economía y ambiente de las turberas	187
4.6	Bibliografía específica	191

Capítulo V 195

Objetivos e Hipótesis

5.1	Objetivo general	197
5.2	Objetivos específicos	197
5.3	Hipótesis	198

Capítulo VI 199

Propuesta metodológica

6.1	Etapa metodológica I: Dimensión ecológica del problema	202
6.1.1	Antecedentes sobre turberas	202
6.1.2	Valoración y funciones de las turberas	204
6.1.3	Las turberas a nivel nacional	204
6.1.4	Restauración de turberas degradadas	204
6.2	Etapa metodológica II: Regulaciones del problema	205
6.3	Etapa metodológica III: Análisis de los componentes e interacciones	205
6.3.1	Selección de los sitios	206
6.3.2	Descripción de las unidades de estudio	207
6.3.3	Caracterización vegetacional de las turberas	209
6.3.4	Reconocimiento de las características hidrológicas	209
6.3.5	Descripción de las propiedades físico químicas	211
6.3.6	Determinación de las propiedades microbiológicas	213
6.3.7	Identificación de potenciales usos derivados de turba	217
6.4	Etapa metodológica IV: Diagnóstico	218
6.5	Etapa metodológica V: Pronóstico	218
6.5.1	El premodelo geosistémico magallánico	218
6.6	Bibliografía específica	220

Capítulo VII 221

Aspectos normativos e institucionales para el uso racional de las turberas a nivel nacional e internacional

7.1	Convenios internacionales relacionados con las turberas	224
7.1.1	Convención sobre Humedales de Ramsar	224
7.1.2	Convenio sobre Diversidad Biológica	228
7.1.3	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	229
7.1.4	Protocolo Kioto	229

7.1.5	Convención para la protección de la flora y fauna y las bellezas escénicas de América	230
7.1.6	Otros acuerdos internacionales relacionados con las turberas	231
7.2	Acuerdos suscritos entre Chile y otros países	231
7.2.1	Tratado entre Chile y Argentina sobre Medio Ambiente	231
7.2.2	Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile – Canadá (1997) y Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de la República de Chile y el Gobierno de los EEUU	232
7.3.	Instituciones y organismos internacionales relacionados con las turberas	232
7.3.1	International Peat Society (IPS)	232
7.3.2	International Mire Conservation Group (IMCG)	233
7.3.3	Wetlands International	233
7.4	Legislación nacional relacionada con las turberas	233
7.4.1	Constitución Política de la República de Chile	233
7.4.2	Ley N° 19.300 / 94 de Bases Generales del Medio Ambiente y D. S. 95 / 2001 del Reglamento el SEIA	234
7.4.3	Ley N° 18.248 / 83. Modificada Ley N° 19.719 Código de Minería..	236
7.4.4	Ley N° 18.097 / 82. Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras	237
7.4.5	Ley N° 20.283 de Bosque Nativo y Fomento Forestal	237
7.4.6	Ley 18.755, Mod. Ley 19.283, Ley Orgánica del SAG	238
7.4.7	DL. 3.557/80 Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola....	238
7.4.8	Ley 18.450 Mod. Ley 19.604, Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje	239
7.4.9	D.L. 701. Mod. Ley 19.561, Ley Sobre Fomento Forestal	239
7.4.10	Situación de Chile frente a las Resoluciones y Recomendaciones establecidas por la Convención Ramsar	240
7.4.11	Situación de Chile frente al Convenio de Diversidad Biológica	241
7.4.12	Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile	241
7.4.13	Decreto N° 82 / 2011 Reglamento de suelo, agua y humedales	242
7.4.14	Otras normativas relacionadas con la conservación de humedales en Chile	242
7.4.15	Normativa que se muestra contraria a los intereses de la conservación de los humedales	243
7.5	Institucionalidad nacional relacionada con las turberas	243
7.5.1	Ministerio del Medio Ambiente	244
7.5.2	Servicio de Evaluación Ambiental	244
7.5.3	Superintendencia del Medio Ambiente	245
7.5.4	Tribunales Ambientales	245
7.5.5	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas	245
7.5.6	Otras instituciones con competencia en el ámbito de las turberas ...	246
7.6	Síntesis de los aspectos normativos e institucionales	246
7.7	Bibliografía específica	249

Capítulo VIII	251
----------------------------	-----

Valoración de las turberas de Magallanes

8.1	Problemas de la aplicación metodológica propuesta	253
8.2	Contexto de la región en estudio	254
8.2.1	Contexto geológico y geomorfológico	254
8.2.2	Contexto climático	261
8.2.3	Contexto edáfico	264
8.3	Descripción de las unidades de estudio	264
8.3.1	Turbera Grazzia San Juan	266
8.3.2	Turbera Camino al Cerro Andino	271
8.3.3	Turbera Plinius	274
8.3.4	Turbera Río Rubens	277
8.3.5	Turbera Maynard	279
8.3.6	Turbera Cameron, Tierra del Fuego	281
8.3.7	Turbera Estancia Vicuña, Parque Karukinka	282
8.4	Caracterización de la vegetación	285
8.4.1	Análisis vegetacional y florístico	291
8.5	Reconocimiento de las características hidrológicas	292
8.6	Descripción de las propiedades físico químicas	296
8.6.1	Estratigrafía de las unidades de estudio	296
8.6.2	Características físico químicas	299
8.7	Determinación de las propiedades microbiológicas	306
8.7.1	Cuantificación y diferenciación de siembras de muestras de turba en aerobiosis	306
8.7.2	Cuantificación y diferenciación de las colonias en anaerobiosis.....	310
8.7.3	Efecto antimicrobiano del extracto de turba diluida	310
8.8	Análisis de potenciales usos derivados de turba	312
8.9	Conclusiones de la valoración	315
8.10	Bibliografía específica	318

Capítulo IX	321
--------------------------	-----

Resultados preliminares

9.1	Resultados sobre la dimensión ecológica del problema	323
9.1.1	Antecedentes sobre las turberas	323
9.1.2	Las turberas a nivel nacional y su problemática	325
9.1.3	Valoración y funciones de las turberas	328
9.1.4	Restauración de turberas	333
9.2	Resultados sobre los aspectos normativos e institucionales	336
9.3	Resultados específicos del estado real de las turberas de Magallanes	342

Capítulo X	349
-------------------------	-----

Propuesta de plan de gestión ambiental para las turberas en Magallanes

10.1	El Plan de Gestión	351
------	--------------------------	-----

10.2	Diferentes enfoques en un plan de gestión ambiental	355
10.2.1	Enfoque ecosistémico	355
10.2.2	Enfoque socio - ambiental o participativo	359
10.2.3	Enfoque de manejo integrado de cuencas	360
10.3	Diseño de un plan de gestión ambiental tipo	362
10.3.1	Ejemplo: Plan Integral de Gestión Ambiental del humedal del río Cruce	370
10.4	El enfoque de uso racional en las turberas	372
10.4.1	Esquema para el uso racional de las turberas	373
10.4.2	Enfoque ecosistémico de las turberas	377
10.4.3	El caso de la aplicación de uso racional de las turberas de la provincia de Tierra del Fuego, Argentina	380
10.4.4	Propuesta de contenidos para formular un plan de manejo de extracción de turba en Chile	383
10.5	Propuesta de Plan de Gestión Ambiental Integral para las turberas de Magallanes	386
10.5.1	Enfoques seleccionados	386
10.5.2	Diseño del modelo geosistémico magallánico	386
10.6	Hacia la gestión integrada de las turberas	392
10.7	Bibliografía específica	394

Capítulo XI	397
--------------------------	------------

Tesis final y Conclusiones

11.1	Sobre los objetivos	399
11.2	Sobre la hipótesis	408
11.3	Conclusiones	409
11.3.1	Aporte científico	409
11.3.2	Por qué conocer las turberas	410
11.3.3	Aporte práctico y gestión eficiente	410
11.3.4	Significación personal	411

ANEXOS

Anexo I	Ecofisiología del género <i>Sphagnum</i>	413
1.1	Briófitas	
1.1.1	Estructuras reproductivas	
1.1.2	Ciclo de vida	
1.1.3	Morfología de los musgos	
1.2	El género <i>Sphagnum</i>	
1.3	Bibliografía específica	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1.	Perfil de una turbera	21
Figura N° 1.2.	Relación entre términos y conceptos relativos a turberas.....	23
Figura N° 1.3.	Distribución de las turberas a nivel mundial	25
Figura N° 1.4.	Proceso de formación y perfil general de una turbera	32
Figura N° 1.5.	Tipos de turberas según su disposición en el terreno	36
Figura N° 1.6.	Clásica diferencia entre bog (turberas ombrotáficas) y fens (turberas minerotáficas)	37
Figura N° 1.7.	Interrelaciones en una turbera	41
Figura N° 1.8.	Estratos de una turbera	43
Figura N° 2.1.	Perfil de una turbera en el que se diferencia el acrotelmo y el catotelmo	72
Figura N° 2.2.	Evolución de la turba a carbón mineral	81
Figura N° 2.3.	Ciclo del carbono en una turbera con fase aeróbica y anaeróbica	82
Figura N° 2.4.	División microtopográfica de una turbera según su gradiente hidrológico	90
Figura N° 2.5.	Marco conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas de Ramsar (Manuales de Uso Racional)	100
Figura N° 3.1.	Flora de vegas y bofedales de la zona altiplánica Chilena	113
Figura N° 3.2.	Distribución de las turberas patagónicas	119
Figura N° 4.1.	Esquema del proceso de rehabilitación de un ecosistema degradado	148
Figura N° 4.2.	Representación de las distintas estrategias para controlar los procesos de degradación en los ecosistemas y su relación con la recuperación del ecosistema	150
Figura N° 4.3.	Conceptos asociados a la Restauración Ecológica	151
Figura N° 4.4.	Modelo guía para la realización de una restauración ecológica	155
Figura N° 4.5.	Planificación del proyecto de restauración ecológica	156
Figura N° 6.1.	Distribución de las unidades de estudio	208
Figura N° 6.2.	Modelo de gestión ambiental sistémico para las turberas de Magallanes.....	219
Figura N° 7.1.	Nueva Institucionalidad Ambiental de Chile	243
Figura N° 8.1.	Formaciones geológicas de las turberas en estudio	256
Figura N° 8.2.	Distribución de las turberas en Magallanes	258
Figura N° 8.3.	Distribución de turberas y pluviometría en el Archipiélago Fueguino	259
Figura N° 8.4.	Distribución de las unidades de estudio seleccionadas según los grupos climáticos de la Región de Magallanes	263
Figura N° 8.5.	Imagen satelital de las turberas en estudio	266
Figura N° 8.6.	Imagen satelital de la turbera San Juan	268
Figura N° 8.7.	Imagen satelital de la turbera Andino	271
Figura N° 8.8.	Imagen satelital de la turbera Plinius	275
Figura N° 8.9.	Imagen satelital de la turbera Rubens	278
Figura N° 8.10.	Imagen satelital de la turbera Maynard	279

Figura N° 8.11.	Imagen satelital de la turbera Cameron	282
Figura N° 8.12.	Imagen satelital de la turbera Vicuña	283
Figura N° 8.13.	Mapa del Parque Karukinka	284
Figura N° 8.14.	Precipitación, distribución de los tipos vegetacionales y principales turberas ombrotóficas	287
Figura N° 10.1.	Triángulo de objetivos: desarrollo equilibrado y sostenible del territorio	352
Figura N° 10.2.	Desarrollo equilibrado y sostenible	353
Figura N° 10.3.	Desarrollo basado en la competitividad y la economía	353
Figura N° 10.4.	Desarrollo basado en la conservación de los recursos naturales	354
Figura N° 10.5.	Pasos a seguir en el manejo de ecosistemas	366
Figura N° 10.6.	Esquema de la planificación de cuencas hidrográficas	369
Figura N° 10.7.	Esquema de organización estructural del Proyecto de formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental del humedal del río Cruces	371
Figura N° 10.8.	Esquema de relaciones entre conceptos y gestión del Plan	372
Figura N° 10.9	Simplificación del esquema para el uso racional de las turberas	374
Figura N° 10.10.	Diseño del modelo de gestión para las turberas de Magallanes	387

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2.1.	Carbono contenido en las turberas del mundo comparado con otros reservorios terrestres	83
Gráfico N° 2.2.	Tasa promedio de acumulación de carbono en turberas ombrotóficas en Finlandia y Suecia	83
Gráfico N° 2.3.	Cambios en el nivel de agua de la superficie de turberas en los pasados 4500 años	84
Gráfico N° 2.4.	Emisión de CO ₂ en función de la profundidad del nivel freático y el clima	86
Gráfico N° 8.1.	Emplazamiento de piezómetros y variabilidad de los niveles en turbera cercana al Lago Fagnano, Tierra del Fuego, Argentina	293
Gráfico N° 8.2.	Profundidad del nivel freático en función del tiempo y relación con las variables climáticas	293
Gráfico N° 8.3.	Niveles freáticos medidos a lo largo de dos transectos de la turbera	295
Gráfico N° 8.4.	Análisis químicos de unidades de estudio a distintas profundidades	303

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.1.	Beneficios de las turberas	24
Cuadro N° 1.2.	Distribución de turberas por continente	26
Cuadro N° 1.3	Plantas formadoras de turba en las diferentes zonas climáticas	34
Cuadro N° 1.4.	Criterios de clasificación de turberas	35
Cuadro N° 1.5.	Propiedades del Acrotelmo y Catotelmo	44
Cuadro N° 2.1.	Síntesis de las funciones ambientales y los valores de las turberas no alteradas	56
Cuadro N° 2.2.	Turberas usadas para agricultura a nivel mundial	61
Cuadro N° 2.3.	Clasificación de Von Post para la determinación del grado de descomposición de la turba	73
Cuadro N° 2.4.	Características de los distintos tipos de turba usada en horticultura, según la clasificación de Von Post	74
Cuadro N° 2.5.	Propiedades físicas y químicas de suelos minerales y orgánicos	75
Cuadro N° 2.6.	Características de algunos tipos de turba	75
Cuadro N° 2.7.	Valores de acumulación anual de carbono por unidad de superficie en turberas del Hemisferio Norte	84
Cuadro N° 2.8.	Listado de especies encontradas en turberas de Chile	91
Cuadro N° 2.9	Aplicación de los lineamientos de los Manuales para el Uso Racional de Ramsar a las distintas oportunidades de intervención	101
Cuadro N° 3.1.	Superficie estimada de humedales en las regiones VI a XII	110
Cuadro N° 3.2.	Clasificación de Humedales en Chile según Ecotipo	111
Cuadro N° 3.3.	Superficie cubierta de Sphagnum (ha) en la Región de Los Lagos por Provincia	117
Cuadro N° 3.4.	Superficie de turberas (ha) en la Región de Los Lagos por Provincia	117
Cuadro N° 3.5.	Resumen del Catastro de turbales realizado en Magallanes	118
Cuadro N° 3.6.	Clasificación de las turberas de Magallanes según su clase de manejo	118
Cuadro N° 4.1.	Niveles de degradación de turberas	161
Cuadro N° 4.2.	Sustentabilidad de las funciones de la turbera y sus requerimientos o calidad	162
Cuadro N° 4.3.	Componentes clave para estimar la condición de una turbera	173
Cuadro N° 6.1.	Esquema metodológico general	203
Cuadro N° 6.2.	Unidades de estudio clasificadas según su ubicación y grado de intervención	207
Cuadro N° 6.3.	Resumen de los procesos en las muestras para su análisis.....	214
Cuadro N° 8.1	Descripción de las unidades de estudio	265
Cuadro N° 8.2.	Emplazamiento de las turberas respecto de su cuenca y subcuenca	265
Cuadro N° 8.3.	Composición florística de las unidades de estudio	290
Cuadro N° 8.4.	Estratigrafía de la turbera San Juan	296
Cuadro N° 8.5.	Estratigrafía de la turbera Plinius	297
Cuadro N° 8.6.	Estratigrafía de la turbera Rubens	298
Cuadro N° 8.7.	Estratigrafía de la turbera Cameron	298
Cuadro N° 8.8.	Características físicas de algunas turberas magallánicas	

	según Hauser	300
Cuadro N° 8.9.	Características físicas de algunas turberas magallánicas según Kleinebecker	300
Cuadro N° 8.10.	Propiedades físico químicas de los sitios de estudio	301
Cuadro N° 8.11.	Detalle de los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de turba	302
Cuadro N° 8.12.	Análisis químico de 5 tipos de turberas en Canadá	304
Cuadro N° 8.13.	Resultado de Siembras en Diferentes Medios	306
Cuadro N° 8.14.	Resultados coloración Gram en los medios	307
Cuadro N° 8.15.	Resultados de siembras en los diferentes medios selectivos y diferenciales Gram negativos	309
Cuadro N° 8.16.	Resultados de siembras en los diferentes medios selectivos y diferenciales en anaerobiosis	310
Cuadro N° 8.17.	Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros Gram +	311
Cuadro N° 8.18.	Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros Gram -	311
Cuadro N° 8.19.	Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros de hongo levaduriforme	312
Cuadro N° 8.20.	Propuesta de potenciales usos para cada una de las turberas estudiadas	313
Cuadro N° 9.1.	Funciones de las turberas para el beneficio del ser humano	329
Cuadro N° 9.2.	Comparación entre los Protocolos de Restauración canadiense, alemán y la experiencia irlandesa	335
Cuadro N° 9.3.	Síntesis de las regulaciones sobre turberas	337
Cuadro N° 9.4.	Síntesis de la valoración de las turberas de la región de Magallanes	343
Cuadro N° 9.5.	Análisis comparativo de las turberas en estudio en la región de Magallanes	345
Cuadro N° 10.1.	Comparación entre los enfoques convencional y sistémico.....	359
Cuadro N° 10.2.	Principales etapas del plan de manejo integral de una cuenca hidrológica superficial	365
Cuadro N° 10.3.	Criterios y árbol de decisiones para evaluar la admisibilidad de la intervención en una turbera respecto de sus efectos en las funciones de la propia turbera	375
Cuadro N° 10.4.	Criterios y árbol de decisiones para evaluar la admisibilidad de la intervención en una turbera respecto de sus efectos en otras funciones	375
Cuadro N° 10.5.	Aplicación de los 12 principios del enfoque ecosistémico a las turberas	378
Cuadro N° 10.6.	Resumen de la Estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, Argentina	381
Cuadro N° 10.7.	Criterios para apoyar el desarrollo de la estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego	382
Cuadro N° 10.8.	Componentes y definiciones del ecosistema que deben ser estudiados y formulados para protocolos específicos de manejo	384
Cuadro N° 10.9.	Pauta de contenidos de un plan de manejo de turberas	385
Cuadro N° 10.10.	Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel regional	388
Cuadro N° 10.11.	Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a	

	nivel local. Etapa I. Inventario	389
Cuadro N° 10.12.	Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel local. Etapa II. Diagnóstico	390
Cuadro N° 10.13.	Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel local. Etapas III, IV y V	391

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 2.1.	Zanja de extracción cavada a mano en una turbera ubicada en la zona sur de Tierra del Fuego	66
Fotografía N° 2.2.	Extracción de turba en bloques en turbera Grazzia San Juan, Magallanes	67
Fotografía N° 2.3	Bloques de turba colocados en secaderos de madera, Turbera Valle Carbajal, Ushuaia	68
Fotografía N° 2.4.	Extracción de turba en Irlanda para generación de energía. Planta Eléctrica Edenderry	70
Fotografía N° 2.5.	Uso de helicóptero en el traslado de sacos de musgo en turberas de Nueva Zelanda	70
Fotografía N° 2.6.	Momias encontradas en Turberas de Irlanda Museo de Dublin, Irlanda	78
Fotografía N° 2.7.	Sucesión de cojines (hummocks), planos (lawns), depresiones (hollows) y lagunas (pools) en la turbera Mainar, Magallanes	90
Fotografía N° 2.8.	Musgos del género <i>Sphagnum</i> presentes en Chile	92
Fotografía N° 3.1	Ramitas (filidios y caulidios) de <i>Sphagnum</i> sp.	122
Fotografía N° 3.2.	Proceso productivo de <i>Sphagnum</i> en Puerto Montt, Chile ..	127
Fotografía N° 3.3.	Sitio intervenido para extraer turba de <i>Sphagnum</i> en Lecam, Isla Grande de Chiloé	128
Fotografía N° 3.4.	Extracción mecanizada de turba en bloques en Magallanes	130
Fotografía N° 3.5.	Sistema de drenaje en una turbera en producción	131
Fotografía N° 3.6	Parcelas sometidas a planes de forestación de suelos inundados en la Isla Grande de Chiloé	134
Fotografía N° 4.1.	Proceso de recolección e introducción de diásporas de <i>Sphagnum</i> en turberas de Canadá	169
Fotografía N° 4.2.	Proceso de esparcimiento de la paja en turberas de Canadá	169
Fotografía N° 4.3.	Efectos de la cubierta de paja en el crecimiento del musgo <i>Sphagnum</i> en turberas de Canadá	170
Fotografía N° 6.1.	Extracción de muestras con barreno de profundidad en la turbera San Juan	212
Fotografía N° 6.2.	Método de extracción de muestras de suelo desde un perfil de turbera para análisis físicoquímico	212
Fotografía N° 8.1.	Turbera San Juan. Sector sin intervenir	269
Fotografía N° 8.2.	Turbera San Juan. Sector en intervención	270
Fotografía N° 8.3.	Turbera Andino con colonización de gramíneas sobre superficie explotada	273
Fotografía N° 8.4.	Turbera Plinius	276
Fotografía N° 8.5.	Turbera Rubens	278
Fotografía N° 8.6.	Turbera Maynard	280
Fotografía N° 8.7.	Parque Karukinka Sector Estancia Vicuña	284
Fotografía N° 8.8.	Turbera en las cercanías del sector Estancia Vicuña	285
Fotografía N° 8.9.	Testigos de turba extraída a dos profundidades en la turbera San Juan	296

INTRODUCCIÓN

Las turberas representan entre el 50 - 70% de los humedales del mundo. Cubren más de 400 millones de hectáreas a nivel mundial y existen en todos los continentes, a diferentes latitudes y altitudes, abarcando sectores tropicales, boreales, árticos, alpinos, andinos y patagónicos, alcanzando el 3% de la superficie terrestre planetaria (Joosten y Clarke, 2002).

Estos ecosistemas únicos, formados en zonas con climas húmedos y baja evaporación, destacan por sus características excepcionales, principalmente basadas en la capacidad de acumular activamente y almacenar grandes cantidades de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica, llamada turba de *Sphagnum* y otras especies, bajo condiciones de alta saturación de agua permanente, durante largo tiempo (Maltby Edward 2008; Joosten y Clarke 2002; Roig y Roig, 2004; Díaz et al, 2005). En las turberas, el agua, la turba y la flora específica están fuertemente interconectadas. Si alguno de estos componentes es removido o el equilibrio entre ellos es alterado, la naturaleza de la turbera cambia drásticamente (Parish et al, 2007).

Existe gran diversidad de turberas, dependiendo de la región geográfica, altitud y vegetación. Si bien presentan una amplia distribución mundial, se concentran en zonas específicas, pues la formación de turba está fuertemente influenciada por las condiciones climáticas y la topografía.

En el Hemisferio Norte su importancia ha sido reconocida desde tiempos inmemoriales, pues proveen de funciones ecológicas, hidrológicas y otros servicios, vitales para el hombre, a escalas local, regional y global. En los últimos años se ha observado una tendencia a otorgarles cada vez mayor relevancia, principalmente debido a su reconocimiento como recursos claves desde el punto de vista ecológico, social, económico y cultural, ofreciendo importantes beneficios al hombre (Parish et al 2007, Joosten y Clarke, 2002), especialmente a partir de la Convención de Ramsar sobre Humedales de 1971.

Las turberas cumplen importantes funciones ecológicas sobre el entorno local y global. Una de las más relevantes es su rol en el ciclo hidrológico, regulando los flujos hídricos, constituyendo importantes reservorios de agua dulce e influyendo sobre la dinámica de bosques, pastizales, ríos y asentamientos humanos que se encuentren en el contexto de la correspondiente cuenca hídrica. Lo anterior se basa en las particulares características del principal componente de estos ecosistemas, el musgo *Sphagnum* sp., el cual presenta una alta capacidad de almacenar agua en sus tejidos. Según Joosten y Clarke (2002) representan un 10% de las reservas de agua dulce mundial.

Por otra parte, almacenan y secuestran carbono, resguardan la biodiversidad y contienen valiosos registros históricos paleo y geoquímicos. En relación al almacenamiento de carbono, las turberas representan la densidad más alta de carbón orgánico por unidad de área de paisaje de cualquier ecosistema contemporáneo. Esto se explica debido a la importante cantidad de materia orgánica presente en las turberas, la que es sometida a un proceso gradual y lento de descomposición, permitiendo la acumulación de turba desde el nivel freático hacia abajo (Catastro Sernageomin). En tales ecosistemas se ha encontrado un tercio de las reservas mundiales de carbono del suelo, incluso superando a la cantidad almacenada en los bosques. Sin embargo, la extracción indiscriminada de turba puede, por el contrario, liberar el carbono secuestrado (Joosten y Clarke, 2002).

Sobre la base de lo anterior, las turberas juegan un relevante rol en la regulación climática. Ellas constituyen un importante sumidero de carbono, con la implicancia en la atenuación del cambio climático global (Heijmans *et al.* 2002). Según Parish *et al* 2007, en los pasados 10.000 años, las turberas han absorbido 1,2 trillones de toneladas de dióxido de carbono. Sin embargo, debido a los últimos 100 años de explotación, drenaje y degradación de estos ecosistemas, muchas turberas se han transformado de almacenadoras a fuentes de emisión de carbono.

Desde el punto de vista de la biodiversidad, las turberas constituyen el hábitat óptimo para una rica variedad de especies de flora y fauna. Gracias a sus particulares características, la turbera es capaz de sostener especies adaptadas a condiciones extremas de bajo contenido de oxígeno y disponibilidad de nutrientes y pH normalmente ácidos a neutros. Algunas de estas especies son las inicializadoras de la acumulación de turba, otras no tienen ninguna relación genética con la formación de turba (Roig y Roig, 2004, Joosten y Clarke 2002).

Bajo la mirada económica, la turba tiene una amplia gama de usos, sin embargo, la mayoría de ellos implica la alteración de su estado natural. Por otra parte, las turberas también proporcionan numerosos servicios ecosistémicos, pocas veces valorados económicamente.

Las turberas satisfacen variadas necesidades humanas, tales como alimento, agua dulce, energía y empleo. El uso más tradicional ha sido el energético, puesto que la turba es considerada como un estado primario en la formación del carbón. En países de 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.

En Europa, Norte América y Asia, muchas turberas han sido drenadas y transformadas en cultivos agrícolas y forestales durante siglos, debido a la alta productividad obtenida. Destaca su utilización en horticultura y floricultura como medio de cultivo para la producción de plantas. Por otra parte, se pueden mencionar variadas aplicaciones industriales. Entre éstas, presenta relevancia su uso como absorbente de aceites, medio filtrante de contaminantes en afluentes, material aislante, literas para animales, producción de bebidas alcohólicas, embalaje, uso terapéutico y balneológico, absorbente estéril en productos de higiene, preservante, textil, entre otros.

En cuanto al uso “no extractivo” de la turba, destinado a su conservación, este permite el desarrollo de actividades turísticas, de recreación, educacionales, investigación científica y el desempeño de las funciones ecológicas que benefician a los seres humanos que viven en su entorno.

Desde el punto de vista de la investigación y la educación, es necesario mencionar que las turberas constituyen importantes archivos geoquímicos y paleoclimáticos. Las turberas son capaces de registrar en la turba acumulada por millones de años, su propia historia y la historia de los alrededores. Esto pone en evidencia la enorme importancia que tiene para la comunidad internacional su conservación con fines científicos, frente a la problemática del cambio climático. Además, esta relevante herencia cultural histórica ha generado un creciente interés por el turismo de carácter científico (Blanco y De la Balze, 2004).

A nivel social y cultural, las turberas son sistemas naturales que desempeñan funciones locales, regionales y a menudo globales. Ellas significan diferentes aspectos para diferentes comunidades, es decir, pueden ser consideradas como suelo, humedal, depósitos geológicos, cuerpo de agua, hábitat natural o bosque, en muchos casos, simultáneamente (Joosten y Clarke, 2002).

Han sido parte de la historia de la humanidad, incluso desde la prehistoria. Las turberas y la humanidad han estado conectadas por una larga trayectoria de desarrollo cultural. Cazadores, recolectores y agricultores han explotado las turberas a través de la cosecha, la caza, la pesca, forraje, combustible y otros productos. En las profundidades de las turberas han sido hallados cuerpos humanos, herramientas, armas, ornamentos y otros elementos arqueológicos (Parish et al 2007).

En épocas más recientes, las turberas han sido utilizadas y continúan utilizándose por muchos grupos de interés para la agricultura, la silvicultura, la producción de combustible, la industria, el control de contaminación, la recreación, el turismo, la conservación de naturaleza y la investigación científica. Han favorecido las necesidades y calidad de vida de comunidades locales y muchos pueblos indígenas.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, la presión antrópica sobre las turberas y su entorno, ha causado alteraciones a menudo irreversibles en su forma y funciones. El área mundial de turberas se ha reducido significativamente desde 1800, estimándose entre un 10 a 20%. Las principales causas de esta disminución son el cambio climático y la acción del hombre, particularmente el drenaje con fines de extracción de turba, la habilitación de tierras para la agricultura y la silvicultura, y el fuego. Es necesario mencionar que la turba es altamente sensible y vulnerable a cambios a menudo sutiles de la hidrología y otras condiciones ambientales.

La presión antrópica sobre las turberas es de dos tipos: directa e indirecta. Directa debido al drenaje, conversión de tierras, excavaciones, quemas, sobrepastoreo, inundaciones, presión de visitantes; e indirecta como resultado de la contaminación hídrica y atmosférica, contracción por extracción excesiva de agua, desarrollo de infraestructura y cambio climático.

Según Joosten y Clarke (2002), se podría definir a las turberas como recursos renovables. Sin embargo, al considerar su uso extractivo, la tasa de renovación o

recuperación ocurre a escala geológica, no temporal. Desde este punto de vista, muchos consideran la extracción de turba como una actividad no sustentable debido a que la turbera, después de su explotación, tarda miles de años en acumularse.

La degradación de las turberas, iniciada y/o acelerada por actividades humanas y/o por cambios ambientales naturales, causa la alteración de los patrones hidrológicos locales a nivel de cuenca, la reducción de la biodiversidad, la disminución de los beneficios para las comunidades locales y altas tasas de pérdida de carbono.

La degradación de las turberas a nivel mundial se debe a estrategias de desarrollo parciales o sectoriales, provocando conflictos entre los diferentes usuarios. A modo de ejemplo, el drenaje de una turbera altera su función de control del flujo hídrico de la cuenca respectiva, afectando a todos los usuarios de la cuenca. Hay quienes desean usar las turberas debido a sus funciones productivas, mientras que otros desean preservarlas y regularlas debido a sus funciones ambientales. Han surgido conflictos entre los distintos grupos de interés porque algunas funciones significativas de las turberas pueden ser obtenidas sólo de turberas prístinas, no intervenidas, mientras que otras necesitan la transformación total del ecosistema. Los conflictos surgen entre estos dos opuestos y competitivos puntos de vista.

En los últimos años, muchos expertos han enfatizado con preocupación el inadecuado reconocimiento mundial de las turberas como valiosos y específicos ecosistemas, principalmente en relación al cambio climático y a la biodiversidad.

En el marco de los acuerdos ambientales internacionales, en los últimos años ha crecido el interés por considerar las turberas en la discusión de convenciones mundiales tales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), y la Convención de los Humedales de Ramsar. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) se refiere fundamentalmente a las implicancias de la pérdida de turberas y su impacto en las emisiones globales de gases efecto invernadero, así como la posible mitigación y opciones de adaptación. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) y la Convención de los Humedales de Ramsar están enfocados hacia la importancia de las turberas en la conservación de la biodiversidad y el potencial uso sostenible de estos recursos biológicos. Al respecto, la CBD busca promover su restauración mientras que Ramsar pretende promover el concepto de uso racional o juicioso de las turberas, ya que está avanzando en la elaboración de instrumentos que sirvan como directrices para su conservación (Parish et al, 2007; Blanco y De la Balze, 2004).

Las Partes de la UNFCCC han puesto especial énfasis en la degradación de turberas de zonas áridas y la pérdida de los servicios ecosistémicos asociados, tales como el suministro de agua. Sin embargo, dado el carácter particular y único de estos ecosistemas, es importante que su manejo se lleve a cabo de manera integrada. El desafío será entonces encontrar nuevos métodos de manejo que combinen simultáneamente beneficios para la biodiversidad y el cambio climático, tanto como que satisfagan las necesidades de las comunidades locales.

Preocupados por esta situación, el Grupo Internacional de Conservación de Turberas (IMCG) y la Sociedad Internacional de Turba (IPS), en conjunto con otros interesados, han trabajado para promover el concepto de **uso racional** de las turberas, desde 1997. El uso racional exige la protección de las turberas respetando las posiciones de todos los grupos de interés (Parish et al, 2007).

El uso racional de turberas es esencial para asegurar la permanencia de estos ecosistemas en el planeta y, por tanto, la continuación de sus funciones como recurso natural vital, satisfaciendo las exigencias esenciales de generaciones presentes y futuras. Para cumplir tal objetivo, es necesario evaluar las funciones, usos, impactos de las turberas y, principalmente, considerar en su manejo y uso la mitigación de los daños acumulados (Joosten y Clarke, 2002).

Los intereses que existen tras el aprovechamiento de las turberas presentan tan alta diversidad, que ningún otro humedal puede reconciliar tal interdisciplinariedad y diferencias de perspectivas. Ellos varían de la ecología a la economía, la hidrología al manejo forestal, la producción de energía al secuestro de carbono y la mitigación de gas invernadero, la herencia y la cultura a la horticultura y la agricultura, productos de turba para medicinas y tratamientos terapéuticos al uso de turba para la protección de medio ambiente y su papel en el arte. Los intereses varían a escala mundial debido a la variada distribución de las turberas (turberas en altas latitudes, turbas oceánicas, turberas tropicales) (Maltby, 2008).

Esta gran variedad de disciplinas y perspectivas determina una extraordinaria oportunidad para desarrollar un acercamiento más holístico e integrado a su conservación y dirección por todo el mundo. Al respecto, Maltby (2008) propone manejar las turberas bajo la aplicación del **enfoque ecosistémico** como la estrategia que busca lograr un equilibrio entre los objetivos de conservación uso sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios obtenidos de los recursos genéticos, todos ellos discutidos en el del Convenio de Diversidad Biológica. Esto reviste un gran desafío para la metodología del enfoque ecosistémico.

Varios expertos coinciden con Maltby, señalando la urgencia de cambiar el enfoque tradicionalmente usado en el manejo de las turberas, basado en prioridades sectoriales y locales, hacia una estrategia de planificación integrada y holística, que considere a todos los grupos de interés. Este enfoque permite estudiar los potenciales impactos en la totalidad del ecosistema. Se propone así aplicar un **enfoque de evaluación de impacto ambiental integrada** previo a la aprobación de cualquier desarrollo que afecta turberas (Parish et al, 2007; Joosten y Clarke, 2002). Según Iturraspe (2010), cada vez más se reconoce a las cuencas hídricas como la unidad más apropiada de planificación y gestión de los ecosistemas y sus servicios. La gestión integrada de estos espacios apunta a optimizar el aprovechamiento simultáneo de los recursos ambientales, buscando un equilibrio óptimo que no comprometa la sostenibilidad de estos sistemas vitales. Por ello, la conservación de humedales se plantea como un nuevo y fundamental requisito a ser considerado en el manejo racional de los recursos hídricos y el uso del suelo. Para ello, es necesario contar con información que permita cuantificar sus servicios y funciones ecológicas.

Varios países, que en el pasado explotaron sus turberas en forma indiscriminada, hoy estudian cómo restaurarlas, definiendo planes de restauración, en

los cuales participan actores privados, centros de investigación, organismos públicos y organizaciones internacionales.

Importante productores de turba como Canadá e Irlanda, han llevado a cabo acciones tendientes a minimizar los impactos ambientales de la actividad extractiva. Gracias a ello, hoy se puede decir que la extracción de turba es una actividad viable siempre que se realice bajo una metodología adecuada, ligada a ámbitos técnicos y de planificación que permitan un desarrollo equilibrado de la actividad, integrando el desarrollo paralelo de otras actividades económicas y funciones ecológicas claves de estos ambientes.

En el caso del Hemisferio Sur, la distribución de las turberas ha sido menos estudiada. En América del Sur la mayor extensión se encuentra en Argentina y Chile, específicamente en la Patagonia.

La información sobre los turbales de la Patagonia se encuentra dispersa y, en general, difícilmente disponible para los organismos técnicos y otros profesionales involucrados con el manejo de los recursos naturales (Blanco y De la Balze, 2004).

El desarrollo y permanencia de las turberas, según Mitsch y Gosselink (2000), citados por Málvarez et al (2004), requieren dos procesos primarios fundamentales: un balance de agua positivo y la acumulación de turba. El primero significa que la precipitación supera a la evapotranspiración, por lo cual es de suma importancia la distribución anual de las lluvias y los períodos de exceso hídrico. En segundo lugar, para que exista acumulación de turba debe existir una mayor producción de materia orgánica o una mayor tasa de acumulación de la misma con respecto a la tasa de descomposición. Si bien en los climas fríos la tasa de producción primaria es baja, es aún más baja la descomposición por lo que es posible que la materia orgánica se acumule sin descomponerse.

Dado lo anteriormente señalado, la distribución de las turberas en la Patagonia está determinada en primera instancia por el régimen climático regional que, de acuerdo al emplazamiento geomorfológico, daría lugar a la acumulación de excesos de agua (Málvarez et al, 2004).

Según Schlatter y Schlatter (2004), a nivel nacional, las turberas chilenas son ambientes bastante desconocidos; incluso los textos oficiales de geografía no hacen mención o tratamiento de ellas, salvo los de geografía agrícola que hacen una mención puntual (Rodríguez 1990).

En Chile las turberas se distribuyen entre la X y XII región, sin embargo alcanzan su máximo desarrollo en las regiones XI y XII, siendo Magallanes la región con mayor abundancia del recurso, estimándose en 2.270.000 ha, abarcando un 17% del territorio regional (Ruiz y Doberti, 2005). Sin embargo, según datos no publicados, existen alrededor de 4 millones de hectáreas en esa Región, lo que implica un gran potencial de uso.

Hauser (1996), citado por Schlatter y Schlatter (2004), señala que 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 como combustible y energía para dragas auríferas y para la esquila de ovejas. El descubrimiento del petróleo en 1945 resultó en el abandono de la actividad y sólo hace dos décadas, en 1980, se reavivó la atracción por la turba como alternativa energética, pero también para uso agrícola.

En la región de Magallanes la extracción de turba ha despertado mayor interés en los últimos 10 años, diversificándose sus aplicaciones en horticultura, como fertilizante y retenedor de nutrientes en viveros de diversos tipos, incluyendo champiñones. En la actualidad existen solo tres explotaciones activas, cuyo producto es la turba molida que es enviada principalmente a la zona central para ser utilizada en horticultura y también como medio de transporte para productos vegetales, los cuales requieren mantener su humedad. Se estima que estas actividades corresponden sólo a un 0,003% de la superficie total de turberas de la región. Esto indicaría que aún constituye una actividad de bajo impacto e incipiente desarrollo que, sin embargo, presenta muy buenas perspectivas económicas, tanto por la demanda y precios transados, como por la abundancia y calidad del recurso (SEREMI, 2008).

Aunque todavía existen problemas para el acceso a los depósitos de turba en la región, debido a su distribución en áreas con escasas redes viales, el mejoramiento de estas y la apertura de nuevos caminos en la última década ha favorecido dicho acceso. Esto ha llevado a aumentar el interés de empresarios por extraer este recurso. Desde sus inicios, la extracción comercial de turba en la Región se ha desarrollado con métodos artesanales, poniendo en riesgo su sustentabilidad y el de las comunidades vegetales vecinas. Dado lo anterior, es urgente avanzar hacia el manejo adecuado de este recurso natural renovable, reducir los impactos de las faenas de extracción y diseñar planes de conservación.

En relación al marco regulatorio de la turba, en Chile no existe una normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas, por el contrario, la normativa actual promueve la extracción de turba en desmedro de la conservación, ya que la turba al ser considerada como recurso minero se encuentra disponible a concesión. Desde el punto de vista legal, la turba corresponde a una sustancia fósil concesible, de acuerdo al Código de Minería (Ley N°18.248, Art. 5°), por lo tanto se rige bajo la administración del Ministerio de Minería (Pérez, 2007).

Por otra parte la única instancia de regulación ambiental de la actividad a nivel nacional, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), ha aprobado escasas declaraciones de impacto ambiental en el transcurso de la historia, sin embargo es sabido que han existido varias explotaciones no ingresadas, lo cual indica que la normativa ambiental no ha sido plenamente efectiva (Pérez, 2007).

Además, existe una presión creciente por parte de empresas foráneas que ven en el recurso turba y en la debilidad normativa que rige su explotación, una gran oportunidad de negocio, de carácter extractivo y sin resguardos ambientales, que en el mediano plazo podría producir una fuga importante de divisas desde la región, el aborto total de la actividad por parte de empresarios regionales y un daño ambiental relevante.

Actualmente, el recurso turba en los principales países productores (Canadá, Holanda, Alemania, Irlanda, entre otros), se encuentra degradado y limitado por una normativa muy rígida que implica altos costos de inversión para los empresarios. Es por ello que las empresas extranjeras productoras de turba, visualizan a Chile como un buen lugar para desarrollar su actividad, existiendo pedimentos mineros en la región. Por otra parte, debido a la actual coyuntura político-económica mundial y nacional, existe una presión sobre las fuentes energéticas no convencionales, como es el caso de la turba, vislumbrándose por parte de las empresas ligadas al rubro energético buenas perspectivas económicas para la explotación minera de las turberas (SEREMI, 2008).

La agricultura constituye una de las principales actividades económicas del país, demostrando durante el último decenio un sostenido crecimiento. Esta actividad, en la fase de viverización de las especies comerciales, demanda como principal insumo la turba, 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 interesante que podría reducir sus costos, siendo la región de Magallanes la zona que presenta las mejores características para estos fines (SEREMI, 2008).

Es necesario mencionar que durante los años 2004 y 2005 se llevó a cabo un estudio denominado "Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes" liderado por la Seremi de Minería como unidad técnica (Ruiz y Doberti, 2005). Este estudio entrega información sobre la superficie y el volumen del recurso en la región, y presenta una propuesta de zonificación, estableciendo áreas de protección y áreas destinadas al uso extractivo. Sin embargo, debe ser complementado. Por otra parte, dicha zonificación no tiene reconocimiento oficial puesto que constituye sólo un acuerdo regional.

Si bien la región cuenta con un gran potencial de uso económico del recurso turba, surge el problema que la extracción de turba *per se* es considerada una actividad no sustentable, tema ya discutido anteriormente. Al respecto, en el país no existe investigación ni tampoco experiencias en el **uso racional** de las turberas. Sin embargo la amplia experiencia de países del hemisferio norte puede servir de referencia para la toma de decisiones del sector público, centros de investigación y el sector privado.

Según Saavedra (2010), las turberas enfrentan una paradoja crítica para su conservación: en su calidad de ecosistemas vegetales dominados por *Sphagnum* podrían en teoría llegar a ser manejados de manera sustentable. En su calidad de ecosistemas acumuladores de materia orgánica muerta y responsable de la integridad hídrica de las cuencas, su explotación minera determina la degradación irreversible con la consecuente pérdida de los servicios ambientales asociados. El desarrollo de una estrategia de conservación y manejo, que considere el adecuado manejo del componente biótico *Sphagnum*, 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 y Argentina, a la vez que es una oportunidad extraordinaria para desarrollar nuevos modelos de integración de conservación con uso sustentable.

Se identifica que la explotación de las turberas de la región de Magallanes representa tanto una oportunidad de desarrollo, como un complejo problema creciente, que requiere del trabajo conjunto de los sectores público y privado para abordar las líneas estratégicas que favorezcan el desarrollo equilibrado de las distintas actividades económicas ligadas al uso de ellas en la región (SEREMI, 2008).

La presente investigación cuenta con el apoyo del Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, financiado por el Fondo para el Desarrollo de Magallanes, FONDEMA, del Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena. La unidad técnica del proyecto es la Seremi de Agricultura de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. El ente ejecutor es INIA – Kampenaike y su período de ejecución es 2009 - 2012. El programa considera la entrega de financiamiento parcial para la realización de esta tesis doctoral.

El objetivo general de dicho programa es generar las bases (científico-ambientales) para la elaboración y puesta en marcha de una propuesta política y de legislación para el desarrollo sustentable de las turberas de la Región de Magallanes. Tal iniciativa busca apoyar al Gobierno Regional de Magallanes, mediante el uso de investigación de avanzada, en la generación de un protocolo de restauración que constituya una propuesta jurídica susceptible de transformarse en política pública que regule el uso y conservación de las turberas en la región. Así, la finalidad del programa es asegurar que esta actividad constituya un polo de desarrollo sustentable en el largo plazo. A su vez, y en conjunto con el sector privado regional ligado a la actividad, busca transferir las capacidades y conocimientos técnicos para la creación de productos derivados de la turba con valor agregado. Además pretende poner en valor las turberas de la región, como un producto ligado a la actividad turística, logrando de esta forma un aprovechamiento del recurso que incremente el PIB regional en el mediano plazo y que permita su conservación para generaciones futuras.

El mencionado programa fue concebido y formulado durante 2008 por un equipo de trabajo encabezado por la Seremi de Agricultura Magallanes en conjunto con profesionales de Wildlife Conservation Society (WCS), Centro de Estudios del Cuaternario Fuego-Patagonia y Antártica Chile (Cequa), Universidad de Magallanes, Universidad Andrés Bello y Universidad Santo Tomás, institución en la que se desempeñaba la suscrita hasta 2011. Al respecto, el equipo de investigadores de Universidad Santo Tomás fue convocado a esta iniciativa gracias a su experiencia en *Sphagnum* y turberas, basada en proyectos relacionados, tanto en Chile como en el extranjero (Canadá, Irlanda), además de la participación y/o organización de seminarios, conferencias y estudios en terreno sobre esta temática. A continuación se describen tales proyectos y estudios.

El equipo de investigadores de la Universidad Santo Tomás (UST), en el que ha participado la suscrita, ha desarrollado una línea de investigación, en el área de *Sphagnum* y turberas, a partir del año 2005. El primer estudio, desarrollado durante el período 2005 – 2008, consistió en un Proyecto Interno UST denominado “Generación de bases técnicas para el desarrollo de sustratos agroforestales basados en *Sphagnum magellanicum*”. Contó con una primera etapa de diagnóstico, que

permitió conocer la problemática de las turberas en la Región de Los Lagos y una segunda etapa de generación tecnológica, en la que se formularon y evaluaron sustratos hortícolas y forestales basados en el musgo *Sphagnum*.

Como resultado de este proyecto, se generaron otras dos iniciativas lideradas por el equipo de investigación de UST, las cuales contaron con financiamiento externo. Ellas son: Proyecto CORFO INNOVA PDT 207 6569 “Prospección y difusión tecnológica para la extracción sustentable de musgo (*Sphagnum sp.*) en Chile” y el Proyecto CORFO INNOVA 208-7115 “Misión tecnológica del sector productivo de turba a Irlanda del Sur”.

El Proyecto CORFO INNOVA PDT 207 6569 “Prospección y difusión tecnológica para la extracción sustentable de musgo (*Sphagnum sp.*) en Chile”, desarrollado durante el período 2007 – 2008, tuvo como objetivo prospectar y difundir soluciones tecnológicas para el manejo sustentable de musgo *Sphagnum* en Chile.

Consideró una primera etapa de prospección nacional e internacional, en la se realizó una gira tecnológica a Canadá. Se asistió al 8° Taller de turberas (8th Knowledge Transfer Workshop on the Canadian approach to peatland restoration) y visitas a diversas experiencias de restauración de turberas. La prospección nacional consideró entrevistas y encuestas a empresas, entidades de investigación, servicios públicos y productores de *Sphagnum*. En la segunda etapa de difusión, se realizaron talleres de trabajo, un simposio nacional y un seminario internacional, visitas de expertos internacionales, cursos de capacitación y días de campo, edición de una guía de terreno para el manejo sustentable de *Sphagnum*.

El segundo Proyecto INNOVA CORFO 208-7115 “Misión tecnológica del sector productivo de turba a Irlanda del Sur”, se desarrolló durante el año 2008. El objetivo de dicha misión fue llevar a un grupo de productores nacionales de turba a Irlanda y participar en el 13° Congreso Internacional de Turba en Tullamore, pequeña ciudad ubicada en el corazón de las tierras con presencia de turberas en ese país. Este Congreso, que convocó a más de 800 científicos y profesionales internacionales relativos a las turberas, permitió adquirir avanzados y novedosos conocimientos en todos los temas de interés relativos a la turba y turberas.

La Misión Tecnológica fue altamente provechosa para todas las entidades participantes. La información a la que se accedió fue abundante, novedosa en la mayoría de los temas, de vanguardia y relevante. En cuanto a los diversos contactos realizados por todas las instituciones participantes, estos permitirán en algunos casos desarrollar líneas de investigación, o generar intercambio tecnológico o comercial.

Durante el Congreso, todos los científicos, de distintos ámbitos coincidieron en la conclusión que es aún válido y necesario aplicar el concepto del “uso sabio o racional” (wise use) de las turberas y turba. Este concepto implica avanzar en instrumentos claves como el análisis de ciclo de vida y procedimientos de certificación.

Considerando la amplia extensión de turberas prístinas en la Patagonia, el paisaje que constituyen y la importancia que la comunidad otorga a las mismas en el plano social, cultural, ambiental, científico y económico, resulta indispensable su

protección en beneficio de las generaciones presentes y futuras. Por otra parte, variados acuerdos internacionales, mencionados anteriormente, avalan y justifican avanzar en el concepto del uso racional.

Así, se puede afirmar que las turberas emplazadas en la región constituyen ecosistemas de alto valor económico - ambiental y resultan 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 establezca cómo realizar las labores de extracción y las medidas específicas de mitigación, como también cuáles serán las áreas destinadas a la actividad extractiva y de conservación.

Dado el potencial del recurso y la posibilidad cierta de que la actividad productiva en torno a las turberas pueda desarrollarse en forma sustentable, y en consecuencia, aportar a la diversificación de la matriz económica regional, se hace necesario la implementación de las instancias tendientes a fomentar e incentivar el desarrollo de esta actividad productiva, estudiando todas las dinámicas biológicas y funciones ecológicas de tales ecosistemas para establecer protocolos de explotación, manejo y conservación que permitan la permanencia del recurso para futuras generaciones.

Dada la complejidad de factores que se relacionan 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 relaciones con el manejo de estos ecosistemas, y su aplicación a las diferentes escalas relevantes para la mantención de las turberas y los servicios ecosistémicos que ellas brindan (Saavedra, 2010).

Sobre la base de lo expuesto, este estudio pretende enriquecer la escasa e incompleta información existente sobre las turberas de la región de Magallanes, de manera de avanzar hacia su uso racional, mediante la proposición de un plan de gestión ambiental de dichas turberas, elaborado a partir del conocimiento existente, fundamentado en el análisis vegetacional, hidrológico, físico, químico y microbiológico de turberas en intervención y no intervenidas de la región de Magallanes.

Para tal efecto, se propone un esquema metodológico estructurado en cinco etapas. La primera etapa, pretende entregar los fundamentos ambientales del problema a nivel nacional e internacional, específicamente e lo que respecta a su dimensión ecológica, mediante un exhaustivo análisis bibliográfico internacional y nacional. Este análisis está constituido por cuatro apartados: antecedentes sobre las turberas, las turberas a nivel nacional, la valoración y funciones de las turberas y aspectos sobre la restauración de turberas degradadas, todos ellos tratados en detalle entre los capítulos I y IV, respectivamente.

La segunda etapa, desarrollada en el capítulo VII, está orientada a identificar, describir y analizar todas las regulaciones e institucionalidad existentes a nivel internacional y nacional sobre turberas que delimitan el problema.

La tercera etapa, tratada en el capítulo VIII, corresponde al análisis del caso específico de las turberas de Magallanes, a modo de aplicación práctica del problema. En este apartado se analiza 7 turberas, clasificadas según su grado de intervención como: turberas naturales sin intervención, en explotación actual intervenidas y explotadas – abandonadas. Se caracterizan desde el punto de vista geográfico, vegetacional, hidrológico, físico químico y microbiológico.

Sobre la base del trabajo teórico y aplicado desarrollado en las etapas anteriores, en la cuarta etapa (Capítulo IX) se presentan los resultados preliminares del estudio, mediante la realización de un diagnóstico de la problemática relativa a las turberas de Magallanes.

En la quinta y última etapa, descrita en el capítulo X, pretende analizar comparativamente los distintos enfoques de manejo propuestos por diversos autores: enfoque ecosistémico, manejo integrado de cuencas, enfoque de uso racional de las turberas, considerando los aspectos establecidos en la gestión adaptativa y gestión estratégica. También se ha incluido, debido a su similitud y cercanía con la Región de Magallanes, los avances logrados en el caso del uso racional en las turberas de la provincia de Tierra del Fuego, Argentina. Finalmente, se proponen las bases para un modelo de gestión ambiental adaptado específicamente al caso de las turberas de Magallanes, que facilite su manejo y uso racional, llamado “El Premodelo Geosistémico Magallánico”.

CAPÍTULO I

LAS TURBERAS

Los humedales constituyen uno de los ecosistemas más productivos del planeta, brindando al mismo tiempo valiosos beneficios económicos, ecológicos y sociales al hombre (De la Balze *et al.*, 2004). Se trata de sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos, que muestran una enorme diversidad de acuerdo a su origen, localización geográfica, su régimen acuático y químico, características del suelo o sedimento y vegetación dominante (Hauenstein *et al.*, 1999, citados por Hauenstein *et al.*, 2002). En efecto, la Convención de Ramsar los define como “extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Muñoz-Pedreros & Möller, 1997, citados por Hauenstein *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista edáfico se consideran como humedales a los ambientes que no son estrictamente terrestres ni tampoco acuáticos. Estos pueden definirse como suelos que están saturados de agua hasta cerca de la superficie por prolongados períodos de tiempo y donde la temperatura del suelo es suficientemente alta como para permitir la actividad anaeróbica. Las condiciones señaladas determinan el tipo de suelo, las plantas y animales característicos para dichos sitios (Schlatter y Schlatter, 2004).

Las turberas representan entre el 50 - 70% de los humedales del mundo. Están distribuidas en los cinco continentes, sin embargo se concentran en las zonas frías del hemisferio norte (Convención de Ramsar, 2004), en concordancia con lugares poblados desde la prehistoria y por ello están incorporadas a la cultura popular de estas regiones. Por el contrario, en el Hemisferio Sur se localizan generalmente lejos de los asentamientos humanos (Iturraspe, 2010). Se encuentran en zonas donde las temperaturas son bajas y la precipitación es abundante (sobre 2.000 mm anuales) durante todo el año. Sin embargo, también existe un grupo excepcional de turberas (bofedales) de alta montaña situados en la estepa árida de los Andes centrales, donde las Juncaceae son las principales formadoras de turba y se abastecen de agua subterránea asociada al derretimiento de nieve (Squeo *et al.*, 2006).

Este tipo de humedales se caracteriza por presentar un estrato superficial biológicamente activo en forma de matriz continua, constituido por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas hidrófilas con gran capacidad de retener humedad. Destaca entre ellas, el género *Sphagnum* sp. Bajo esta capa, se acumula gran cantidad de turba, alcanzando varios metros de profundidad. Las capas de turba están constituidas por estratos subyacentes originados por acumulación de gran cantidad de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación

anaeróbica, bajo condiciones de saturación de agua permanente (Iturraspe y Roig, 2000).

El principal componente de estas asociaciones es el musgo *Sphagnum*, el cual forma un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío (Schlatter & Schlatter, 2004). Esto ayuda a prevenir la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto, permitiendo que se forme la turba. Tiene una gran capacidad de absorción de agua (hasta 20 veces su peso seco en agua), y por lo tanto, también tiene significancia en la hidrología del área donde se encuentra y en la dinámica de los bosques y paisajes (Roig & Roig 2004). Son sistemas cuya única fuente de agua proviene de los ríos y/o de la lluvia. El resultado es un ecosistema de humedal con una flora y fauna única y especializada (Parish *et al*, 2007, Van Breemen, 1995).

Contribuyen a la diversidad biológica, al ciclo hídrico y al almacenamiento mundial de carbono. Desempeñan una función global fundamental al regular la hidrología, manteniendo la calidad del agua dulce y la integridad de los ciclos hidrológicos, constituyendo verdaderos reservorios hídricos (Bullock & Acreman, 2003). Otro aspecto que ha cobrado importancia en la actualidad, es su papel en la regulación de la química atmosférica del planeta, actuando como fuente y sumidero de carbono, incluso superando al de los bosques, y por lo tanto la relevancia actual de preservarlas para prevenir el aumento de las emisiones de gases con efecto invernadero y el calentamiento global (Clymo & Hayward 1982, Clymo *et al.* 1998, Gorham 1991, Moore *et al.* 1998). Los depósitos de turba son también relevantes desde el punto de vista de la conservación del patrimonio arqueológico y cultural. Constituyen un archivo paleoambiental irremplazable, que contiene información sobre los cambios bio-climáticos que ha sufrido en planeta, durante el correr de los siglos (Joosten y Clarke 2002, De la Balze y Blanco, 2004).

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. Sin embargo, posee una multiplicidad de usos, los cuales han ido remplazando paulatinamente, al energético. Los más importantes son el uso en agricultura como sustrato para la horticultura, como también en las aplicaciones industriales. Entre éstas destacan su uso como absorbente de aceites, medio filtrante de contaminantes en afluentes mineros, materia aislante y para embalaje, uso terapéutico, absorbente estéril en productos de higiene, textil, entre otros. También existe un uso “no extractivo” o de conservación, el cual permite el desarrollo de actividades turísticas, de recreación, educacionales, investigación científica y el normal desempeño de las funciones ecológicas que cumplen las turberas y que benefician a los seres humanos que viven en su entorno.

Las actividades antrópicas que amenazan las múltiples funciones de los humedales en general incluyen, entre otras, la extracción de agua para usos mineros, la contaminación por vertido de residuos domiciliarios e industriales, y el drenaje para la agricultura, todas las cuáles han hecho desaparecer los humedales, en altas tasas, en todo el mundo (CONAMA-CEA, 2006). Dado lo anterior, ha existido una presión mundial sobre las turberas, la que ha provocado la significativa disminución del área mundial cubierta por turberas desde 1800 (entre un 10 - 20%). Las principales causas de esta disminución son el cambio climático y la acción del hombre, particularmente el drenaje con fines de extracción de turba y para la habilitación de tierras para la agricultura y forestación.

La extracción de turba *per se*, es considerada una actividad no sustentable debido a que la turbera no se recupera en forma natural después de su explotación. Varios países que en el pasado explotaron sus turberas en forma indiscriminada, hoy estudian el cómo restaurarlas, contando con planes de restauración, en los cuales participan los actores privados, centros de investigación, organismos públicos y organizaciones internacionales (Zegers et al, 2006). Es así que el desarrollo económico sin un conocimiento de los posibles impactos que este genera, tratándose de la explotación de un recurso no renovable, podría generar problemáticas sociales, ambientales, así como también económicas en el futuro.

Las turberas en particular constituyen ecosistemas frágiles, vulnerables a la intervención humana. De allí que a nivel mundial han sido objeto de la preocupación conservacionista; especialmente en Europa, donde la intervención también ha sido de mayor impacto. Recién se está comenzando a evaluar su importancia para la biodiversidad, sobre todo en cuanto a la composición botánica, el hábitat de fauna invertebrada y vertebrada, así como sus potenciales usos (Schlatter y Schlatter, 2004).

Joosten y Clarke (2002) señalan que se podría definir a las turberas como *recursos renovables*, aunque si consideramos un uso extractivo la escala temporal de renovación / recuperación es geológica. Por lo tanto, el “**uso racional**” de los turbales es esencial para asegurar las funciones vitales del ecosistema, satisfaciendo al mismo tiempo los requerimientos de las comunidades locales. El uso racional de los turbales involucra la evaluación de sus funciones, usos, impactos y limitaciones, de forma tal que sea posible identificar las prioridades para su manejo y uso.

1.1 HUMEDALES

La Convención de Ramsar, define a los humedales como extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Convención de Ramsar, 2006).

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas.

La Convención de Ramsar, reconocen cinco tipos de humedales principales:

- marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral);
- estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares);
- lacustres (humedales asociados con lagos);
- ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos); y
- palustres (es decir, "pantanosos" - marismas, pantanos y ciénagas) (Ramsar, 2006).

Hay humedales en todas partes, desde la tundra hasta el trópico. No se sabe con exactitud qué porcentaje de la superficie terrestre se compone actualmente de humedales. Según la estimación del Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación del PNUMA sería de unos 570 millones de hectáreas (5,7 millones de km²) – aproximadamente el 6% de la superficie de la Tierra – de los cuales 2% son lagos, 30% **turberas arbustivas o abiertas** (“bogs”), 26% **turberas de gramíneas o carrizo** (“fens”), 20% pantanos y 15% llanuras aluviales.

Entre los ecosistemas del planeta, los humedales destacan por su gran productividad y biodiversidad. Además son sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos, que muestran una enorme diversidad de acuerdo a su origen, localización geográfica, su régimen acuático y químico, características del suelo o sedimento y vegetación dominante (Hauenstein *et al*, 2002).

Los humedales son decisivos para el cumplimiento de los ciclos de vida de plantas y animales, constituyen el hábitat de una gran diversidad de animales, especialmente sirven de refugio temporal a las aves migratorias. Aquellos de gran extensión tienen una función global contribuyendo a moderar los cambios climáticos, actuando como sumideros de CO₂, el gas principal del efecto invernadero, como es el caso de las turberas del norte de Canadá, Alaska y Eurasia. Asimismo, las zonas húmedas amortiguan el efecto de las olas y almacenan las aguas de inundación, retienen el sedimento y reducen la contaminación (Kusler *et al*. 1994, citado por Hauenstein *et al*, 2002). También son importantes en la producción de alimentos por ser fuente de cultivos lucrativos (ejemplos: berries, arroz silvestre), de animales de los cuales se aprovechan sus pieles, plumas y carne, de peces y mariscos, y también como fuente de forraje para los animales domésticos y silvestres.

A nivel mundial, es cada vez más clara la necesidad de conservar los humedales, debido a que constituyen ecosistemas muy diversos que representan gran valor tanto para la conservación de la diversidad biológica como para el desarrollo de las comunidades humanas asociadas a ellos (Hauenstein *et al*, 2002). Ha sido la Convención de Ramsar, realizada en 1971 en la India, la que ha abordado la protección mundial de los humedales, junto con la formulación de planes nacionales que permitan su correcta utilización (Convención de Ramsar, 2002).

1.2 TURBERAS

1.2.1 Generalidades y Conceptos

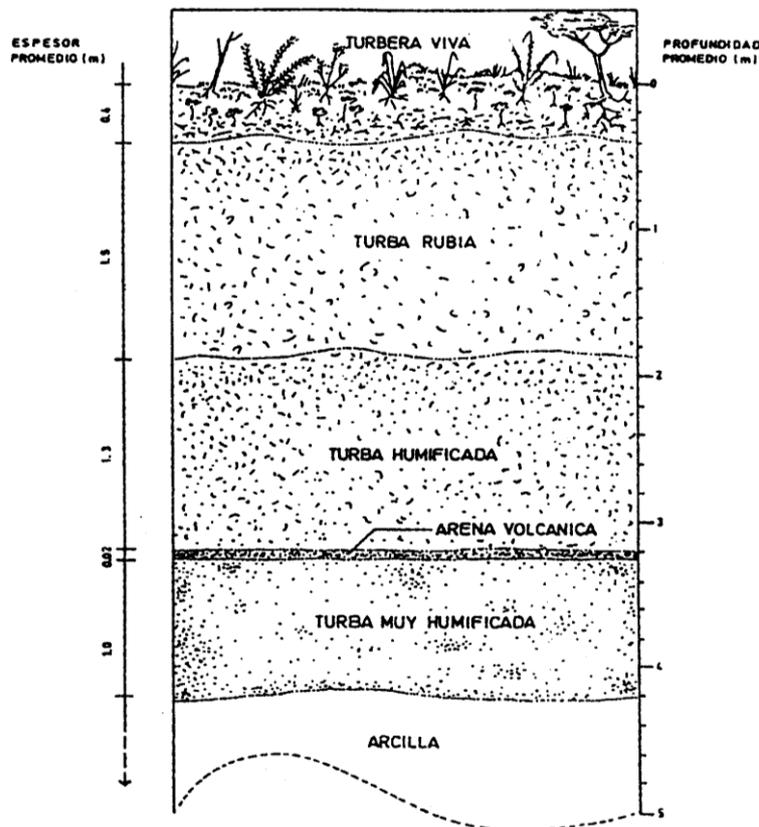
Las turberas son depósitos orgánicos de espesor mayor a 30 cm, con un sustrato rocoso o un subsuelo con características de reducción. Se forman en depresiones del terreno o sobre sustratos rocosos oligotróficos, donde se acumula agua o ésta fluye lentamente bajo un régimen pluvial permanente. En estos lugares, se acumula materia orgánica que se deposita desde la vegetación terrestre que crece a sus orillas, o de la vegetación inicialmente acuática que se desarrolla sobre ellos, y va acumulándose lentamente, dando origen a un estrato de más de 30% de materia orgánica. Una vez relleno de material vegetal, en general con poca participación de suelo mineral, puede sobresalir del nivel freático, comenzando así el dominio de los

musgos sobre las especies acuáticas. La descomposición de la materia orgánica muerta es lenta e incompleta por la falta de oxígeno, las bajas temperaturas y la débil oferta nutritiva, limitándose así la actividad biológica (Schlatter y Schlatter, 2004).

Según Crum (1988), citado por Roig y Roig (2004), se considera turbera al ecosistema donde existe una acumulación natural de turba con un espesor mínimo de 30 cm, depositada a partir de la muerte de gramíneas, musgos, árboles y arbustos, siendo los dos primeros componentes los principales restos vegetales formadores de turba. Una turbera evoluciona de forma continua entre procesos de acumulación y descomposición, reemplazando los niveles de turba más antiguos por niveles más recientes. Las turberas son un tipo de humedal frecuente en depresiones topográficas o sobre planos donde el agua subterránea se encuentra en superficie o muy cercana a ella.

Según Iturraspe y Roig (2000), estos ecosistemas se conforman por estratos subyacentes originados por acumulación de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica (sin la presencia de oxígeno) y un estrato superficial biológicamente activo, conformado por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas hidrófilas con gran capacidad de retener humedad, en especial los musgos del género *Sphagnum*. Tal acumulación y almacenamiento de materia orgánica en descomposición (muerta) de *Sphagnum* y otras especies, ocurre en condiciones de saturación casi permanente de agua (Strack, 2008). Debido a la carencia de oxígeno, se hallan en un proceso de carbonización lenta, por lo que conservan largo tiempo su estructura anatómica (Strasburger, 2004).

Figura N° 1.1. Perfil de una turbera



Fuente: Green (2001)

Strack (2008) señala que las turberas se adaptan a condiciones extremas de agua alta y bajo contenido de oxígeno, bajas temperaturas, elementos tóxicos y baja disponibilidad de sustancias nutritivas para la planta. Su química de agua varía de alcalino a ácido. El principal componente biológico capaz de soportar estas condiciones es el musgo *Sphagnum*.

En las turberas, existe una fuerte interconexión entre los componentes agua, turba y vegetación específica. Si alguno es removido, el balance entre ellos se verá significativamente alterado. En consecuencia, el ecosistema sufrirá cambios fundamentales (Parish et al, 2007).

Roig y Roig (2004) destacan que el amplio desarrollo de actividades humanas sobre turberas en el hemisferio norte ha propiciado un importante número de expresiones propias de unidades y subunidades del paisaje que muchas veces no poseen equivalentes castellanos. Los mismos autores afirman que la terminología no-hispana presenta ciertas complejidades que dificultan la definición precisa, completa y no ambigua de términos que puedan ser usados universalmente en este tema. Joosten y Clarke (2002) coinciden con los anteriores e incluso proponen, al alero de dos importantes organizaciones internacionales, el Grupo Internacional de Conservación de Turberas (IMCG) y la Sociedad Internacional de Turba (IPS), un glosario de términos, presentado a continuación, el cual ha sido complementado con la propuesta de Roig y Roig (2004).

Humedal (wetland): conjunto de ambientes muy diversos que integran áreas que son inundadas o saturadas por aguas superficiales o subterráneas, con una frecuencia y duración suficiente para soportar y hacer de sostén, bajo condiciones normales, a vegetación predominantemente adaptada a una vida en condiciones de suelos saturados.

Turba (peat): acumulación de materia orgánica formada en el mismo lugar, es decir, no ha sido transportada después de su muerte (acumulación sedentaria). La cantidad de materia orgánica que debe poseer dicha acumulación es variable, considerándose mínima del 5% y aun mayor del 50%, siempre medida en peso seco.

Turbal (peatland): ecosistemas con capacidad para acumular y almacenar materia orgánica muerta, turba, derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación permanente, reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes. El espesor de la capa de turba que debe existir para denominar turbal a un ecosistema varía según la clasificación que adoptemos (mayor de 20, 30, 45, 50 ó 70 cm).

Vega: se conoce por **mallín** en mapundungum, **bofedal** en el altiplano de Argentina, Chile, Bolivia y Perú y **suo** en finés. Corresponde a un área temporaria o permanentemente saturada, con vegetación herbácea e higrofitica formada por gramíneas y ciperáceas que forman molisoles, suelos minerales con abundante materia orgánica. En determinadas circunstancias ambientales la vegetación puede dar lugar a la formación de una capa de turba, histosoiles, interpretándose en ese caso como turbales.

Turbera (mire): corresponde a las áreas donde la turba está siendo producida y acumulada progresivamente, incrementando la potencia del depósito

orgánico. El espesor es variable pero siempre mayor a 50 cm (Roig y Roig, 2004; Joosten y Clarke, 2002).

Según la Convención de Ramsar (2011), el término "turbera" se refiere al tipo de turbera activa que en inglés se denomina "**mire**". Este término designa a una turbera activa en la que la turba se encuentra aún en proceso de formación y acumulación. Todas las "mires" son turberas activas, pero las turberas en las que ya no se acumula turba se denominan **peatlands** y no se consideran "mires".

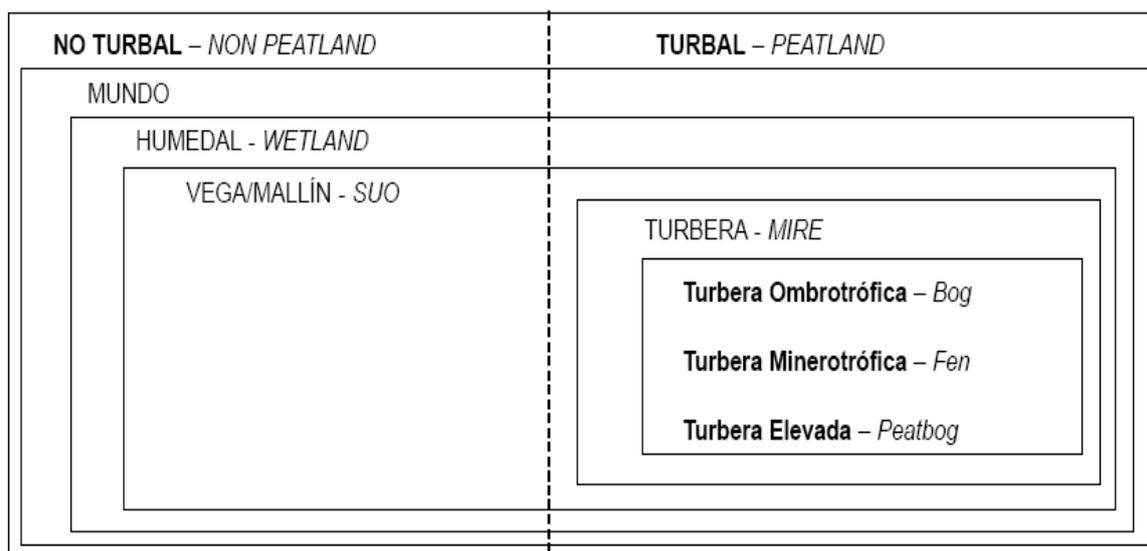
Existen otros términos asociados, de carácter más específico, que se emplean para diferenciar ecosistemas de turberas basados en aspectos tales como: componentes botánicos, origen y cantidad de nutrientes, hidrología, topografía, entre otros. A saber:

Fen: turbera minerotrófica.

Bog: turbera ombrotrofica.

Peat bog o Raised bog: turbera de cobertor o manto, ombrotrofica elevadas (estos conceptos serán explicados en subcapítulo 1.2.5.1).

Figura N° 1.2. Relación entre términos y conceptos relativos a turberas



Fuente: Roig y Roig, 2004; Joosten y Clarke, 2002.

Las turberas proveen de funciones vitales para el hombre a escala local, regional y global (De la Balze *et al.* 2004). Muchos autores coinciden en considerar a las turberas como ecosistemas únicos y fundamentales para el hombre, por las siguientes razones:

- Soportan gran diversidad biológica y especies en peligro
- Favorecen la calidad del agua dulce y son responsables de la integridad hidrológica del ecosistema
- Almacenan y secuestran carbono
- Son fuente de registros paleo geoquímicos, importantes desde el punto de vista ambiental, climático y cultural.
- Además, están inextricablemente unidas a valores sociales, económicos y culturales importantes para variadas comunidades humanas a nivel mundial.

Cuadro N° 1.1. Beneficios de las turberas

Ecosistemas de turberas		
Recursos	Funciones	Atributos
<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de turba (para múltiples usos) • Agua potable • Plantas silvestres 	<ul style="list-style-type: none"> • Reservas de agua • Campo de pastoreo • Regulación climática (sumidero de carbono) • Regulación del ciclo hidrológico • Regulación de las condiciones edáficas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sitios históricos • Sitios de alto valor escénico y estético • Fuente de información paleo ambiental

Fuente: Joosten y Clarke, 2002.

Si bien las turberas son sistemas naturales que realizan funciones locales, regionales y a menudo globales, significan cosas diferentes para gente diferente. Ellos pueden ser considerados como suelo, humedal, depósito geológico, cuerpo de agua, hábitat natural o soporte forestal. Dado lo anterior, son utilizadas para distintos fines: agricultura, silvicultura, producción de combustible, industria, control de contaminación, recreación, turismo, conservación de naturaleza e investigación científica, también para apoyar el desarrollo comunidades locales y pueblos indígenas (Joosten y Clarke, 2002).

A la fecha, muchos grupos de interés, han propuesto el **uso racional** de las turberas como esencial para asegurar la permanencia de estos ecosistemas en el planeta, y, por lo tanto, la realización de sus funciones vitales, satisfaciendo las exigencias esenciales de generaciones presentes y futuras. Esto implica la evaluación de sus funciones, empleos, impactos y restricciones.

1.2.2 Distribución de las turberas

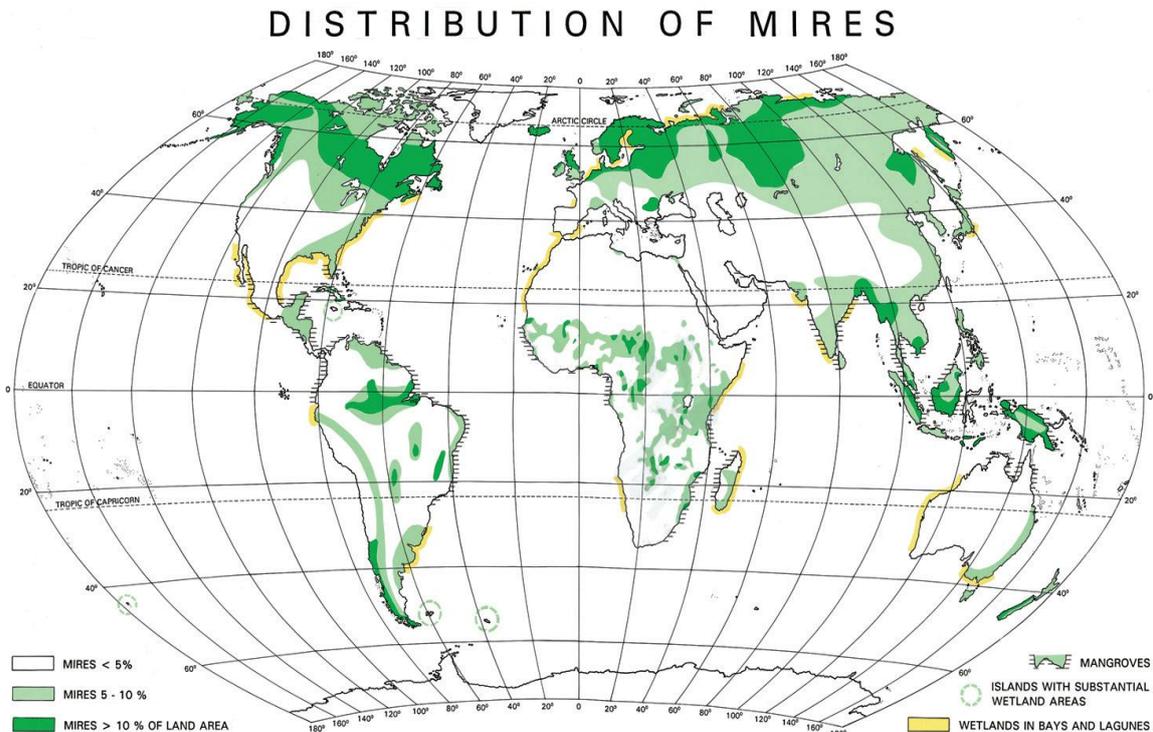
Las turberas representan entre 50 y 70% de los humedales a nivel mundial. Su superficie, que fluctúa entre los 3,8 y 4,1 millones de hectáreas, corresponde al 3% de la superficie de la tierra (Gunnarsson, 2005). Gran parte de ellas se ubican en el Hemisferio Norte (cerca de 3,5 millones de ha). Las concentraciones conocidas más grandes se encuentran en Canadá y Alaska, Europa del Norte y Siberia Occidental,

Sudeste Asia, y partes del Amazonas. En estos ecosistemas se encuentra un tercio del carbono del suelo y el diez por ciento de los recursos globales de agua dulce (Strack, 2008).

Las turberas se encuentran en todos los continentes, a diferentes latitudes y altitudes, en casi todas las áreas geográficas, están presentes en más de 170 países. Sin embargo su distribución se concentra en zonas específicas, debido a que la formación de turberas está fuertemente influenciada por las condiciones climáticas y topográficas, presentándose una gran variedad de tipos de turberas. De hecho, el clima determina la cantidad de agua disponible por precipitación, mientras que la temperatura afecta la producción y descomposición de la materia orgánica. La acumulación y permanencia de la turba en el ecosistema ocurre sólo cuando el balance entre producción y descomposición es positivo (Parish et al, 2007). Así, las turberas se distribuyen principalmente en áreas frías (regiones boreales y subárticas), y en regiones húmedas (áreas oceánicas y trópicos húmedos) (Schumann y Joosten, 2006). Además, las turberas prevalecen en superficies planas, pues la acumulación de agua requiere esta condición (Parish et al, 2007).

Como se observa en la figura 1.3, los países con las mayores extensiones de turberas son Rusia, Canada, EEUU e Indonesia. Sin embargo, el estado del inventario mundial de turberas es aún incompleto (Parish et al, 2007). En algunas regiones se desconoce la presencia y distribución de las turberas, entre ellas se puede mencionar algunos sectores de Africa, Sud América y la parte central de Asia. El 80 % de las turberas a nivel mundial son aún prístinas y se concentran en las zonas subárticas y boreales (Joosten & Clarke 2002).

Figura N° 1.3. Distribución de las turberas a nivel mundial



Fuente: Strack, 2008

Cuadro N° 1.2. Distribución de turberas por continente.

Continente	Área total en 10 ⁶ (km ²)	% del área total del globo	Turberas en km ²	% del territorio	% del área global de turberas
Africa	30,37	20,3	58.534	1,9	1,4
Antártica	13,72	9,2	1	0,0	0,0
Asia	43,81	29,3	1.523.287	3,5	36,7
Oceanía	9,01	6,0	8.009	0,1	0,2
Europa	10,40	7,0	514.882	5,0	12,4
Norteamérica	24,49	16,4	1.884.493	7,7	45,3
Sudamérica	17,84	11,9	166.253	0,9	4
Total	149,64	100	4.155.459	2,8	100

Fuente: Parish et al, 2007

1.2.3 Características de las turberas

Las principales características de las turberas son la permanente presencia de agua, la formación y acumulación de turba en profundidad y el continuo crecimiento sobre el nivel del agua de la especie principal, generalmente *Sphagnum*. Estas características determinan los particulares bienes, servicios y funciones asociadas a las turberas, y las distinguen de otros ecosistemas (Parish et al, 2007).

Su principal característica es su capacidad para almacenar y regular el agua dulce. Las turberas consisten principalmente en agua, por consiguiente, las características hidrológicas juegan un rol central. Ellas contienen el 10% de las reservas mundiales de agua dulce. Una turba no drenada contiene entre 85 y 95% de agua, por lo que es posible afirmar que constituye una “masa de agua envuelta en materia orgánica (Schuman y Joosten, 2008).

Roig y Roig (2004) agregan que existen numerosas variaciones que reflejan la amplia variedad de contextos ambientales en los que se puede formar una turbera, pero uno de las características comunes es el bajo contenido de nutrientes. La colonización del ambiente por parte de diferentes especies acuáticas altamente especializadas, aumenta la velocidad de acumulación de materia orgánica funcionando como un elemento catalítico en la sucesión ecológica.

Las turberas son ecosistemas productores de turba (“peat-forming ecosystems”). Se consideran turberas a los paisajes con superávit de carbón, mayor productividad que descomposición, y donde el carbón excedente se acumula como turba, dando lugar a depósitos biogénicos en donde es posible observar una estratificación muy marcada. El comportamiento físico del material en los estratos está en relación con el grado de humificación de la materia orgánica (Gore (1983) y Joosten y Couwenberg (1998), ambos citados por Roig y Roig (2004)).

Joosten y Clarke (2002) analizan a cuatro aspectos claves que son la base de los problemas ambientales que han surgido en torno a las turberas.

1. La existencia de las turberas está condicionada al nivel del agua, el cual debe estar cercano a la superficie. Esto permite la acumulación de turba. Cualquier alteración del nivel del agua, alterará significativamente el ecosistema.
2. Los procesos de oxidación cambian las propiedades físicas, químicas hidráulicas y biológicas de la turba y del suelo. Estos cambios son frecuentemente irreversibles. El drenaje de las turberas altera su funcionamiento y las propiedades de la turba.
3. Existe una fuerte interrelación entre la vegetación, la turba acumulada en superficie y las propiedades hidrológicas del sitio (niveles de agua, fluctuaciones del nivel de agua y calidad del agua). Cambios en alguno de estos componentes, resultan en la alteración de las propiedades de los otros.
4. El flujo de agua de la turbera está conectado al área de captación de la cuenca. Esta interconexión puede extenderse por varios kilómetros.

Otra importante característica se refiere a su capacidad para almacenar carbono en el suelo, el cual ha sido acumulado por milenios. Las turberas representan el mayor almacenamiento de carbono en el suelo a nivel mundial. Según Strack (2008), las turberas del Hemisferio Norte almacenan cerca de 500 billones de toneladas métricas, correspondiendo a un tercio del carbono en el suelo a nivel global. La cantidad de CO₂ acumulada en una turbera resulta de la diferencia entre el CO₂ tomado por el proceso fotosintético bruto de la turbera y el CO₂ liberado por la respiración del ecosistema. La productividad de la vegetación está relacionada con la comunidad vegetal presente en el sector, que a su vez depende del nivel de nutrientes y las condiciones hidrológicas del sector (ver capítulo 2) (Strack 2008).

La permanente presencia de agua y el continuo crecimiento sobre el nivel del agua de la especie principal, determinan las particulares y extremas condiciones del sitio. Tales condiciones son:

- Escasez de oxígeno.
- Presencia de iones tóxicos (Fe²⁺, Mn²⁺, S²⁻) en el estrato radical.
- Nivel de agua superficial que puede asfixiar plantas perennes.
- Suelo esponjoso que puede desestabilizar árboles.
- Escasez de nutrientes. Esto ocurre como resultado de la acumulación de turba (puesto que ellos son fijados en la turba) y un escaso suministro de nutrientes.
- Enfriamiento y condiciones climáticas adversas en el suelo mineral circundante, con fuertes fluctuaciones de temperatura.
- Ambiente ácido causado por ácidos orgánicos y cationes de intercambio
- Presencia de sustancias orgánicas tóxicas producidas durante la descomposición (Parish et al, 2007).

Como resultado de estas condiciones extremas, las turberas generalmente no son abundantes en cantidad de especies, sin embargo, las especies que se han adaptado a estas condiciones son fuertemente especializadas y no existen en otros hábitats. Esto realza el valor de estos ecosistemas desde el punto de vista de la biodiversidad.

Debe mencionarse también que las turberas son productoras de metano. Este es producido en la zona saturada del sustrato turba debido a las bacterias metanogénicas. Una vez producida es transportada a la atmósfera vía difusión, ebullición o a través de las plantas vasculares (Strack, 2008).

1.2.3.1 Características del hábitat de turberas

Las turberas se caracterizan por presentar condiciones extremas tales como un nivel de agua superficial y la consecuente falta de oxígeno, las cuales obligan a las especies que las habitan a desarrollar especiales adaptaciones fisiológicas, anatómicas y morfológicas (Joosten y Clarke, 2002).

Por otra parte, las plantas de turberas desarrollan diferentes mecanismos de adaptación frente a la escasez de nutrientes presente en las turberas. Entre ellos:

- Los musgos presentan un eficiente mecanismo de intercambio catiónico, principalmente *Sphagnum*
- Árboles muestran crecimiento achaparrado o enano (coníferas, *Nothofagus*).
- Plantas desarrollan grandes sistemas radicales o rizomas.
- Arbustos enanos presentan hojas perennes o xeromórfitas (pequeñas y gruesas) para reducir sus necesidades de nutrientes (*Ericaceae*, *Empetraceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae*, *Myrtaceae*).
- Hierbas monocotiledoneas tienen hojas perennes o delgadas.
- Algunas plantas dicotiledonias de turberas son parásitas y han desarrollado órganos especializados para extraer nutrientes de otras plantas.
- Otras hierbas son carnívoras, como *Droseraceae*, *Lentibulariaceae*.
- Varias plantas mayores en turberas viven en simbiosis con hongos o bacterias que les ayudan a captar nutrientes.
- El crecimiento de grandes árboles en turberas se ve limitado debido a la inestabilidad del sustrato turba. Ellos pueden caer fácilmente.

En resumen, las turberas constituyen un cuerpo natural excepcional del sistema terrestre. Las particulares características de la turba le confieren un carácter único. Al respecto, a continuación se enumera una serie de características excepcionales de las turberas, elaborado por Maltby (2008):

- La acumulación activa de turba ha continuado durante un largo tiempo geológico, extendiéndose a fechas prehistóricas.
- Las capas de acumulación superficial de turba están expuestas a la atmósfera y a los procesos a nivel del suelo.
- La turba es un excelente preservante de materia orgánica y otros materiales resistentes a la acidez.
- La formación, desarrollo y estabilidad de la turba es mantenida gracias a condiciones ambientales específicas a escala local o regional.
- La degradación de *Sphagnum* es parte de un proceso lento y gradual en el que se acumula desde el nivel freático hacia abajo.
- Si bien la turba tiene una amplia gama de usos económicos, la mayoría de ellos implica la alteración de su estado natural.
- Por otra parte las turberas también proporcionan numerosos servicios ecosistémicos, pocas veces valorados económicamente.
- Las turberas representan la densidad más alta de carbón orgánico por unidad de área de paisaje de cualquier ecosistema contemporáneo.
- La turba es altamente sensible y vulnerable a cambios a menudo sutiles de la hidrología y otras condiciones ambientales, causando alteraciones a menudo irreversibles.
- La turba sostiene raras especies con adaptaciones excepcionales al ecosistema. Algunas de ellas poseen valiosas propiedades farmacéuticas. Algunas de estas especies son las inicializadoras de la acumulación de turba, otras no tienen ninguna relación genética con la formación de turba.
- La composición de la vegetación de las turberas cambia con el tiempo, por procesos naturales o inducidos por el hombre.
- La degradación de las turberas puede ser iniciada y/o acelerada por ambas actividades: humanas y por cambios naturales. La degradación generalmente causa altas tasas de pérdida de carbono.

1.2.4 Formación de las turberas

El origen de las turberas se remonta a la aparición de las primeras plantas en los humedales. La turba más antigua ha sido hallada en las turberas tropicales y data del Período Bajo Carbonífero (320 a 290 millones de años atrás), correspondiente a la Era Paleozoica o Primaria. Grandes extensiones del planeta estaban cubiertas por abundante vegetación que habitaba zonas pantanosas. Al morir estos bosques de helechos y equisetos de grandes dimensiones, quedaron sumergidos en el agua, provocándose una lenta descomposición, debido a las condiciones del terreno, mezcla de agua y barro muy pobre en oxígeno. A medida que se producía esa descomposición, la materia vegetal perdía átomos de oxígeno e hidrógeno, con lo que quedaba un depósito con un elevado porcentaje de carbono, lo que originó las turberas. Con el paso del tiempo, sedimentos fueron acumulándose sobre algunas de estas turberas. La presión de las capas superiores, así como los movimientos de la

corteza terrestre y, en ocasiones, el calor volcánico, comprimieron y endurecieron los depósitos hasta formar turba, lignito, hulla y antracita (Torres, 2007).

Las turberas subtropicales son un poco más recientes y se originaron en el Terciario (65 a 3 millones de años atrás). Ellas presentan carbón y lignito. Sin embargo, la gran mayoría de las turberas presentes en la actualidad se originaron en los últimos 15.000 años. Tienen su origen en el periodo post-glacial, (10.000 a 15.000 años atrás) (Joosten y Clarke, 2002), aunque por supuesto existen unidades más recientes.

Parish et al (2007) señalan que la alta acumulación de CO₂ en la atmósfera fue probablemente la responsable de la gran acumulación de turba, carbón y lignito en los periodos Carbonífero y Terciario.

Durante las eras glaciales del Pleistoceno (desde hace 1.6 millones hasta 10 mil años antes del presente), gran parte del planeta fue afectado por una intensa actividad glacial. En el último ciclo glacial, hace 18 a 20 mil años, los hielos cubrieron este tipo de ambientes. Los glaciares formaron un paisaje caracterizado por numerosas depresiones, que fueron rellenadas por el hielo y/o material sedimentario. El descenso de la actividad glacial, hace unos 13.000 años, hizo que se formaran numerosos humedales y lagunas someras (Villagrán, 1988; Crignola y Ordóñez, 2002)

Estas lagunas someras post-glaciales, se fueron paulatinamente colmatando con sedimentos poco permeables (limo-arcillas) y sobre ellos comenzó el desarrollo de plantas especialmente adaptadas a estas condiciones, tales como el musgo *Sphagnum*, entre otras. La acumulación de turba en profundidad alcanza en la actualidad espesores muy variables, que en muchos casos llegan a 10 m o más. Frecuentemente pequeñas unidades, en principio aisladas, se confundieron posteriormente en un solo cuerpo de mayor dimensión (Iturraspe y Roig, 2000).

El clima y la topografía son factores determinantes para el desarrollo y subsistencia de las turberas. El régimen de lluvias de la zona de cordillera y transición, caracterizado por precipitaciones no muy intensas pero muy frecuentes, facilita una apropiada alimentación. Según Sernageomin – Gore Los Lagos (2008), las turberas en la mayor parte del mundo se desarrollan en cuencas endorreicas en las que la preexistencia de un horizonte superficial impermeable a semipermeable, formado por la roca del basamento o por acumulación de limos, impide la percolación de aguas superficiales. Estas condiciones se observan en latitudes altas de ambos hemisferios (por ejemplo Canadá y Magallanes), donde domina un clima húmedo templado a templado frío.

Las turberas han soportado en su existencia cambios climáticos de significación a partir del período post-glacial. Las plantas dominantes en estos ecosistemas han ido cambiando en el tiempo debido a las condiciones ambientales. Dado lo anterior, en la sucesión ecológica, un mismo sitio pudo haber sido ocupado sucesivamente por turba de diferentes especies, bosque, eventualmente un cauce que ha migrado temporalmente y nuevamente turba. Esto puede observarse en perfiles verticales en los que se aprecian capas de turba alternadas con estratos de sedimentos fluviales, y en forma más frecuente, gran cantidad de madera en estado fósil cubierta por turba (Iturraspe y Roig, 2000).

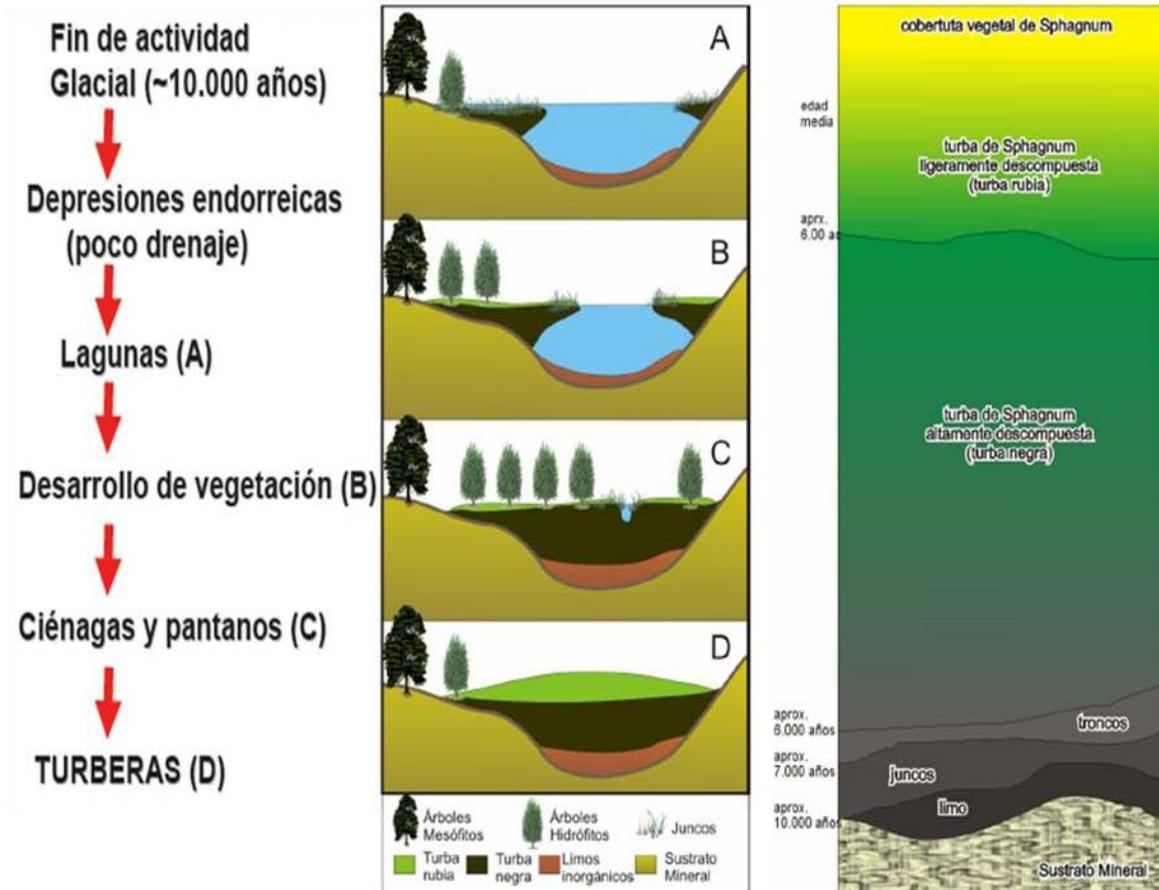
Al respecto, Roig y Roig (2004) explican el concepto de sucesión ecológica. Los ambientes acuáticos, en cuencas endorreicas, bajo determinadas condiciones ambientales, comienzan a ser colonizados por vegetación que cubre inicialmente sus márgenes. Esto reduce las corrientes, actúa como trampa de sedimentación y progresivamente la misma vegetación estrangula las zonas de agua libre. El metabolismo de bacterias y hongos generó ácidos húmicos y carbónicos a una mayor velocidad que la necesaria para combinarse con las bases contenidas en el sustrato mineral. En consecuencia, en la medida que aumenta la materia orgánica acumulada, aumenta también, la acidez del agua hasta concentraciones que, sumadas a la pobreza en oxígeno, detienen, primero la actividad bacteriana, y más tarde, todo el proceso de putrefacción y descomposición biológica.

Este es el inicio de una serie de etapas de sucesión vegetal que llega a su clímax con el desarrollo de un tapiz sobre toda la superficie. Las primeras plantas que colonizan el sistema acuático viven gracias a sus sistemas de flotabilidad, cuando la profundidad del agua disminuye comienzan a colonizar plantas “convencionales” con sistemas de raíces en los barros minero-orgánicos. La muerte de estas plantas da lugar a la formación de “detritos vegetales” que se incorporan al depósito aumentando progresivamente su espesor y por ende disminuyendo la profundidad de los cuerpos de agua. A medida que la vegetación cubre las márgenes, distintos tipos de vegetación van siendo reemplazados hacia las zonas profundas, por lo cual se produce una zona donde la vegetación de aguas libres cubre las zonas más alejadas de las márgenes. En el caso de ambientes lacustres se considera que una causa frecuente en la colonización de vegetación es el descenso del nivel freático, el cual favorece el rápido desarrollo de la vegetación con estructuras radicales sobre el lecho (Roig y Rog, 2004).

Al aumentar la acumulación de musgos del género *Sphagnum*, el sustrato sobre el cual se establecen las nuevas plantas continua elevándose gracias a la continua acumulación de restos vegetales, hasta que la superficie se eleva lo suficiente sobrepasando el nivel freático. De este modo, se originaron turberas ombrotáficas, que mantiene plantas cuya principal fuente de abastecimiento hídrico es el agua aportada por las precipitaciones, prácticamente libre de iones minerales. En términos edafológicos, la turbera implica un suelo subacuático productor de turba, generalmente pobre en nutrientes. Sernageomin - Gore Los Lagos (2008) señala que existe una amplia variedad de factores ambientales en los que se puede formar un turbal, pero uno de los componentes comunes es el bajo contenido de nutrientes.

La topografía colabora en la formación de turberas cuando sus características impiden el drenaje y mantienen condiciones húmedas por largos períodos, siendo en todos los casos cuencas con drenaje obturado por barreras naturales.

Figura N° 1.4. Proceso de formación y perfil general de una turbera



A) Etapa inicial de relleno por sedimentos lacustres y comienzo de la colonización de plantas acuáticas y árboles hidrófilos desde los bordes al centro. B) Aumento del sustrato vegetal parcialmente descompuesto (eutrofización), aumento de la acidez, colonización del musgo *Sphagnum*. C) Colmatación de la cuenca, colonización de árboles hidrófilos y musgo *Sphagnum*. D)

Turba ombrotónica y aumento de la acidez, muerte de árboles. A la derecha se expone un perfil esquemático de turberas de Magallanes.

Fuente: Modificado de Ruiz y Doberti (2005)

1.2.4.1 *Formación de la turba*

Las turberas están caracterizadas por ciclos biogeoquímicos incompletos los que resultan en un balance de carbono positivo. La acumulación de material turboso resulta cuando la tasa de adición de materia excede la tasa de descomposición (Clymo, 1983). Como la producción de biomasa excede a la descomposición, se produce un superávit de carbono, acumulado en forma de turba. Un factor determinante en la acumulación de turba es la composición química y estructura la materia orgánica. Es decir, algunas plantas son más propensas que otras a acumular turba. Entre ellas se puede mencionar juncos (Cyperaceae), pastos (Poaceae), en regiones más templadas, y musgos (briófitas), en regiones más extremas (Joosten y Clarke, 2002).

El material se va adicionando a través del crecimiento anual de las plantas principalmente en la superficie, aunque las raíces de las plantas más grandes pueden ocasionalmente penetrar más en profundidad. La mayor parte de la descomposición tiene lugar en el acrotelmo donde los microorganismos comienzan su proceso de desintegración tan pronto como las plantas mueren al final de la estación de crecimiento. Este proceso se mantiene todo el tiempo que el material muerto permanece en el acrotelmo. Con el transcurso del tiempo el material muerto va siendo enterrado más profundo en la turbera debido a que las plantas vivas de la superficie continúan creciendo. Finalmente aquellos restos de plantas, que una vez estuvieron vivos en la superficie, penetran en el catotelmo saturado de agua. En este estado aun se conserva cerca del 10-20% de la materia seca. La desintegración no se detiene en el catotelmo aunque se hace más lenta y cambia desde un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos a un proceso netamente químico. La tasa de desintegración permanece constante en toda la profundidad del catotelmo. Esto significa que la cantidad total de descomposición depende del espesor del estrato saturado de agua. Por lo tanto la tasa de acumulación de turba (= producción primaria – descomposición) es mucho más alta en las turberas jóvenes las cuales tienen un catotelmo mucho más delgado que aquellas turberas de más edad con un catotelmo más grueso. La acumulación de turba se detiene cuando la turbera se hace tan gruesa que la tasa de descomposición iguala a la producción anual primaria de la vegetación de la superficie. Algunos estudios recientes indican que las turberas templadas post glaciales en el hemisferio norte aun continúan acumulando turba y continuarán así por miles de años. Este es también el caso más probable en el hemisferio sur (VAPO OY, 1996).

El agua es el factor externo que limita la descomposición. Por una parte, su gran capacidad calórica induce bajas temperaturas ambientales y por otra, provoca una baja disponibilidad de oxígeno debido a la limitada tasa de difusión de gases en el agua. Ambos factores generan condiciones frías y anaeróbicas, las cuales inhiben las actividades de los organismos descomponedores, favoreciendo la acumulación de turba (Parish et al, 2007).

Si el nivel del agua es muy bajo, las plantas se descomponen rápidamente, evitando la acumulación. Por otra parte, si el nivel del agua es muy alto, se obstruye el crecimiento de las plantas. En consecuencia, la acumulación de turba sólo ocurre en un rango de disponibilidad de agua determinado por un nivel de agua "óptimo". Al respecto, los musgos constituyen el modelo central del desarrollo de las turberas.

Cuadro N° 1.3. Plantas formadoras de turba en las diferentes zonas climáticas

Zona climática	Planta formadora de turba (nombre común)	Planta formadora de turba (taxonomía)
Ártico Boreal Oceánico	Musgos	Sphagnaceae Hypnales
Templado Subtropical	Juncos	Poaceae Cyperaceae Equisetaceae
Tropical	Arboles	Angiospermas Dicotyledoneae

Fuente: Praeger et al., 2006, citado por Parish et al, 2007.

La acumulación de turba en promedio se ha estimado en 0,5 a 1 mm por año y 10 a 40 toneladas de carbono/km²/año. Estas tasas varían enormemente dependiendo de las condiciones climáticas e hidrológicas (Parish et al, 2007).

- *Fosilización y metamorfismo de los carbones*

Se entiende por fosilización al proceso geoquímico mediante el cual restos de plantas y animales, que han permanecido enterrados en condiciones anaeróbicas bajo espesores considerables de sedimentos minerales por períodos de millones de años, experimentan cambios físicos y químicos que remplazan total o parcialmente al carbono de sus compuestos orgánicos por moléculas minerales simples como sílice, calcita, sulfatos ferrosos, etc., las que también rellenan espacios intra e intercelulares de sus tejidos. La turba es el combustible fósil más nuevo desde el punto de vista geológico, y por lo tanto, el de menor poder calorífico. La formación de turba constituye la primera etapa del proceso por el que la vegetación se transforma en carbón. Las turbas que han estado sumergidas bajo lechos sedimentarios y sujetas a temperatura y presión, sufren una transformación física y química hacia el carbón (Cárdenas, 1996, citado por Ruiz y Doberti, 2005).

A pesar de que las turbas no son clasificadas dentro de los carbones, corresponde de hecho a la fase inicial de formación de carbón a partir de la materia vegetal. Por su capacidad como combustible, la turba se clasifica entre la biomasa y el lignito nuevo, en el grupo de combustibles de llama larga (CNE, 1980, citado por Ruiz y Doberti, 2005).

La fosilización es en sí un proceso lentísimo que comienza con la muerte. Los microorganismos encargados de la descomposición del resto muerto pueden ver impedida su acción si estos restos se impregnan de agua o son depositados bajo la superficie del agua o bajo sedimentos que se acumulan rápidamente, produciendo condiciones de acidez y anaerobismo, bajo ciertas condiciones de suelo y clima. El proceso de descomposición y putrefacción pierde así su continuidad perpetuándose el material en forma de turba. La descomposición aquí producida, principalmente por microorganismos

anaeróbicos, origina una combustión interna que produce un aumento en la cantidad relativa del carbono, que pasa a constituir carbono fijo o carbono sin combinar, el que en el estado de la turba, cuando aun son reconocibles la morfología de los tejidos, alcanza a un 55%, en comparación con el 50% de la madera; de ello se deriva el mayor poder calorífico de la turba.

Para que esta turba continúe su evolución geoquímica hasta transformarse en lignito es necesario un enterramiento a centenares o miles de metros de profundidad que otorgue la presión y temperaturas necesarias, en un lapso de tiempo medible en millones de años para que culmine el proceso de lignificación. En comparación con la turba, que se encuentra en depósitos geológicamente recientes, las lignitas se encuentran generalmente en terrenos del Terciario, de alrededor de 63 a 12 millones de años atrás (Ruiz y Doberti, 2005).

1.2.5 Clasificación de las turberas

A nivel global, las turberas son altamente diversas entre ellas, especialmente en relación a las comunidades vegetales, sin embargo, tienen mucho en común desde el punto de vista de su funcionamiento ec hidrológico. Existen varias formas de clasificar a las turberas, de acuerdo a diferentes criterios. Roig y Roig (2004), proponen agrupar a las turberas en clasificaciones que contemplan características superficiales, profundas, ambas u otros elementos.

Cuadro N° 1.4. Criterios de clasificación de turberas

Características superficiales	Características profundas	Otros elementos
<p>1. Flora: Especies y comunidades que indican factores ambientales. Fitosociología.</p> <p>2. Hidrología: fuente de abastecimiento de aguas, por precipitación o escurrimiento superficial</p> <p>3. Química de las aguas: acidez, contenido y origen de nutrientes.</p>	<p>4. Morfología: forma tridimensional del depósito de turba.</p> <p>5. Hidrogeología: régimen de aguas subterráneas, manantiales y surgencias.</p> <p>6. Hidrogenética: de acuerdo con los procesos hidrológicos responsables de la formación de la turba y su papel hidrológico.</p> <p>7. Estratigrafía: naturaleza y composición de los diferentes estratos.</p> <p>8. Química y física de la turba: contenido de nutrientes y ácidos húmicos, grado de descomposición, color, densidad, etc.</p>	<p>9. Geomorfología: origen, desarrollo y forma del paisaje sobre el que evoluciona un turbal.</p> <p>10. Hidrogeomórfico: combina aspectos de paisaje, hidrología y estatus de nutrientes.</p> <p>11. Actividades antrópicas: en función de él o los usos asignados.</p>

Fuente: Roig y Roig, 2004

A continuación se presenta una clasificación ampliada y detallada, basada en diferentes autores.

Desde el punto de vista histórico, la primera clasificación de las turberas se basó en su situación, disposición en el terreno y el paisaje remanente después de la extracción, identificándose dos tipos de turberas:

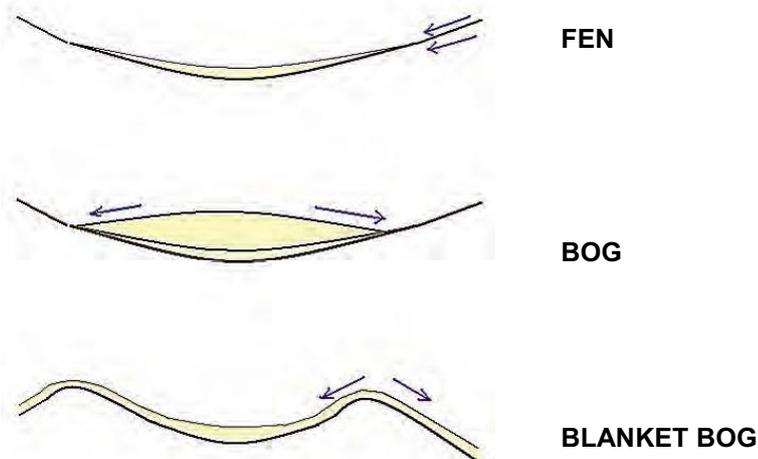
1.2.5.1 Según su disposición en el terreno.

Bogs. En estas turberas, la vegetación crece sobre el nivel superficial, presentando una superficie convexa, elevada. También llamadas turberas altas, éstas coinciden con las turberas ombrotáficas, explicadas en el punto siguiente. Son pobre en nutrientes y muy ácidas, generalmente dominada por *Sphagnum magellanicum* (Iturraspe, 2010). En estas turberas el suministro de agua es exclusivamente derivado de precipitación, no existen aportes subterráneos. La cantidad total de precipitación excede a la cantidad de evaporación potencial, durante todo el año, están generalmente restringidas a climas húmedos (Van der Schaaf, 2002). Posterior a la extracción de turba, la que es realizada bajo condiciones secas mediante drenaje, generalmente se genera un suelo mineral apto para la agricultura.

Fens. Este tipo de turberas se sitúan en depresiones, presentando una superficie cóncava o plana. Ellas no dependen de las condiciones climáticas, sino de aportes de agua superficiales o subterráneos, por consiguiente se encuentran en diversos climas. Turbera geogénica o minerotráfica rica en nutrientes, de acidez moderada, dominada por ciperáceas. Estas turberas, también llamadas turberas bajas, coinciden con las turberas minerotráficas, explicadas en el punto siguiente (Joosten y Clarke, 2007; Iturraspe, 2010). Posterior a la extracción de turba, realizada mediante dragado, grandes cantidades de agua aparecen en superficie

Blanket bog. Iturraspe (2010) ha traducido este término como “turberas de cobertor”. Presentan alimentación hídrica por precipitación y condiciones ombrotáficas. Se trata de turberas mixtas, dominadas por *Sphagnum*, ciperáceas y *Marsippospermum*, entre otras especies.

Figura N° 1.5. Tipos de turbera según su disposición en el terreno



Fuente: Iturraspe, 2010

1.2.5.2 Según las condiciones hidroquímicas y el contenido y origen de los nutrientes

El criterio de clasificación más ampliamente difundido se refiere al que involucra el tipo de nutrición en las turberas, el cual coincide con el punto anterior. Según el **origen de los nutrientes**, se distinguen:

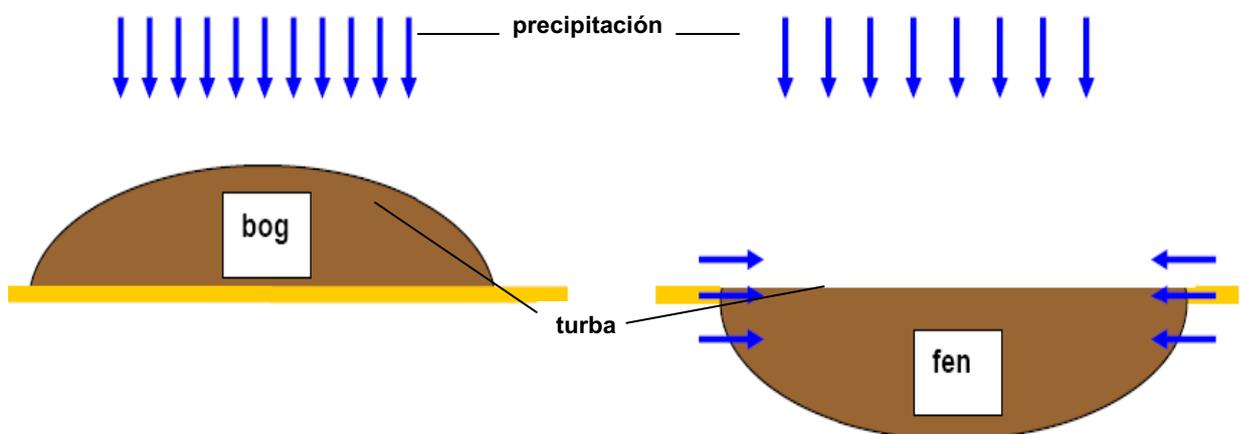
Turberas ombrotróficas, cuya única fuente de nutrientes corresponde a la atmósfera y no poseen vinculación alguna con el aporte por aguas subterráneas, por lo tanto sus aportes de nutrientes dependen exclusivamente de los arrastrados desde la atmósfera por el agua de precipitación. El agua de precipitación es pobre en nutrientes y levemente ácida (pH cercano a 4). Son típicas de los valles de cordillera (Iturraspe, 2010).

Turberas minerotróficas o geogénicas, cuya fuente de nutrientes proviene de las aguas superficiales, subterráneas o ambas, las que han estado en contacto con el suelo mineral. Este contacto determina más diversidad florística, acidez moderada (pH cercano a 6) y nivel freático muy cercano a la superficie y estable. Cuando la precipitación no compensa el balance hídrico, el aporte de aguas subterráneas es un requisito para el desarrollo de turberas (Iturraspe, 2010).

Turberas de transición. Turberas que poseen características compartidas entre minerotróficas y ombrotróficas, se denominan (Roig y Roig 2004).

El gradiente de ombrotrófico a minerotrófico parece ser el factor más importante en la limitación de la vegetación de turberas. Este gradiente está basado en la fuente de abastecimiento de iones y elementos a la turbera (Sjörs 1963, citado por Fraile, 2007). Contrastes en disponibilidad de nutrientes entre ambos tipos son detectables por valores de conductividad. Mediciones en turberas locales varían de menos de 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ombrogénicas a más de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en vegas turbosas geogénicas al Norte de Río Grande (Grootjans, 2009, citado por Iturraspe, 2010).

Figura N° 1.6. Clásica diferencia entre bog (turberas ombrotróficas) y fens (turberas minerotróficas)



Fuente: Parish et al, 2007

1.2.5.3 Según la acidez y la disponibilidad de los nutrientes

La acidez y disponibilidad de nutrientes determina la diversidad de plantas en las turberas. El agua de precipitación es pobre en nutrientes y un tanto ácida. Mediante el contacto con el suelo mineral las propiedades químicas del agua pueden cambiar. En base a la acidez y al contenido de nutrientes se distinguen las **turberas eutróficas**, de reacción neutra (pH 6 ó 7) y un alto contenido de mineralización, principalmente carbonato de calcio; **turberas oligotróficas**, con un pH bajo (3 ó 4) y baja disponibilidad de nutrientes; **turberas mesotróficas**, situaciones intermedias y **turberas disotróficas** con alto contenido de ácidos húmicos (Roig y Roig, 2004; Parish et al, 2007).

1.2.5.4 Según su formación de origen

De acuerdo a su origen, existen dos tipos de turberas: las **turberas naturales** y las turberas generadas por el ser humano, llamadas **antropogénicas o pomponales**. Este último nombre sólo se refiere a turberas secundarias, muy jóvenes, presentes en nuestro país, específicamente en la Región de Los Lagos. Estos dos tipos de turberas pueden parecer similares paisajísticamente hablando, ya que el componente principal es el musgo *Sphagnum* (Díaz *et al*, 2005 a), sin embargo, la formación de estos dos tipos de turberas, difiere en el origen mismo de cada turbera y en el período en el cual se formaron.

Los pomponales, por tratarse de sitios relativamente nuevos, originados por la deforestación en suelos mal drenados, no presentan una capa profunda de turba (Díaz *et al*, 2005).

1.2.5.5 Clasificación hidrogenética

Según Joosten y Clarke (2002), debido a la fuerte relación entre la vegetación, el agua y la turba, las características hidrológicas constituyen una de las bases más apropiadas para clasificar turberas. Estos autores proponen una clasificación basada en los procesos hidrológicos responsables de la formación de la turba, específicamente las fluctuaciones del nivel de agua y el flujo del agua. El nivel de agua influye, mediante procesos de óxido-reducción, en la transferencia y solubilidad de las sustancias químicas (tanto nutrientes como sustancias tóxicas), por consiguiente, determina la vegetación y la composición de los depósitos de turba. Las fluctuaciones del nivel de agua condicionan las tasas de descomposición oxidante de la materia orgánica, disminuyendo paulatinamente la porosidad de la turba. Consecuentemente, la turba se hace menos permeable, decreciendo el flujo de agua. Desde el punto de vista hidrogénético, tales autores han distinguido las siguientes turberas:

1. **Turberas sin flujo de agua horizontal sustancial.** El movimiento de agua es principalmente vertical. Este tipo de turberas se subdividen en:

Turberas con ascenso de aguas: se forman en zonas donde el nivel del agua subterránea se encuentra ligeramente por encima de la superficie seca del suelo mineral. Tales ascensos pueden ser causados por un incremento en el abastecimiento del agua o por una disminución en el escurrimiento.

Turberas de inundación. Se forman en zonas que son periódicamente inundadas por ríos, lagos o mares. Aquellas con un espesor importante de turba sólo existen bajo condiciones de un continuo aumento del nivel del agua. cursos de agua

Según Roig y Roig (2004), estas turberas son pasivas, es decir yacen horizontalmente en el paisaje, colmatan sus cuencas gradualmente con turba pero afectan fuertemente la hidrología del sector por sus desagües.

- 2. Turberas con flujo de agua horizontal sustancial.** Estas cumplen un papel fundamental en la conductividad horizontal de la turba. En ellas existe una pendiente superficial (turberas inclinadas) y se pierde una cantidad importante de agua mediante flujo lateral. Este flujo es retardado por la vegetación y la turba. Son llamadas comúnmente turberas de escurrimiento. Se distinguen tres tipos: turberas de percolación, turberas de escurrimiento superficial y turberas de acrotelmo.

Las turberas de percolación: se encuentran en paisajes en los que hay un gran aporte de agua y muy uniformemente distribuido a lo largo del año. Como consecuencia, el nivel de agua en la turbera es casi constante. El material muerto de las plantas alcanza rápidamente la zona permanentemente anegada y es, en consecuencia, sujeto a una rápida descomposición aeróbica en un corto tiempo, y la turba permanece débilmente descompuesta y elástica. A causa de la gran conductividad hidráulica, se produce un escurrimiento sustancial a través del conjunto del cuerpo de turba (Roig y Roig, 2004).

Las turberas de escurrimiento: al caer el nivel del agua de la turbera periódicamente, el oxígeno penetra en la turba. Esto produce una fuerte descomposición de la turba, obligando al agua a inundar la turba, originando las turberas de escurrimiento superficial. Estas turberas se encuentran en zonas con un abastecimiento de agua casi continuo, o con escasas pérdidas por evapotranspiración (Roig y Roig, 2004).

Las turberas de acrotelmo: acumulan material orgánico con poca y lenta descomposición y poseen un gran coeficiente de almacenamiento (grandes poros y en cantidad). Los primeros 10 cm de la turbera están escasamente descompuestos, por consiguiente son abiertos y permeables. Las capas profundas de turba están continuamente saturadas, incluso bajo fluctuaciones del abastecimiento de agua. El flujo de agua está confinado, entonces, a esta capa superior, llamada acrotelmo, altamente eficiente como reguladora del nivel del agua (Parish et al, 2007).

A nivel mundial, las turberas de acrotelmo más importantes son las dominadas por *Sphagnum*, y clasificadas como turberas elevadas (ombrotérmicas, raised bog). Demuestran una amplia distribución mundial y destacan las turberas de este tipo presentes en la Patagonia meridional, caracterizadas por una sola especie: *Sphagnum magellanicum*. La amplia distribución de turberas elevadas demuestra la efectividad de su estrategia (Parish et al, 2007).

1.2.5.6 Según las comunidades vegetales dominantes

Las clasificaciones de turberas basadas en las comunidades vegetales que las habitan o más precisamente según la composición botánica de los principales estratos de las comunidades vegetales que los forman son siempre de importancia regional o local. Resultan así localmente, turberas de *Carex* (generalmente “fens”), de *Sphagnum magellanicum* (generalmente “bogs”), de *Astelia*, de *Marsippospermum*, mixtas, etc. Cada región tiene sus propias categorías (Iturraspe, 2010). Se clasifican en:

1. Turberas de musgos, subdivididas de acuerdo con la naturaleza de los musgos que las forman en:
 - 1.1 Turbales de Bryales (no esfagnoso)
 - 1.2 Turbales de Sphagnum (esfagnosos)
2. Turbales graminoídeos (formados por gramíneas, juncáceas y/o ciperáceas)
3. Turbales de arbustos enanos o reptantes.
4. Turbales arbustivos.
5. Turbales arbóreos con árboles ralos
6. Turbales boscosos y bosques turbosos, subdividiéndose de acuerdo con las especies de árboles dominantes.

A modo de ejemplo, Roig (2000) realizó una aproximación sobre las comunidades vegetales productoras de turba, con especial énfasis en Tierra del Fuego. En el marco del catastro de turberas de Magallanes realizado por Ruiz y Doberti (2005), fueron clasificadas variadas turberas de la región según las comunidades vegetales. A continuación sólo se detallarán las turberas de *Sphagnum*, relevantes en el marco de este estudio.

Turberas de *Sphagnum*. Son ambientes naturales inundados característicos de regiones climáticas templadas y frías, las que se desarrollan sobre terrenos con restricción de drenaje (Teneb y Dollenz, 2004), en lugares donde la precipitación es alta y la evaporación es baja, donde rara vez hay sequías de verano. Se forman en los fondos de valles, bordeando los meandros de los cursos de aguas tranquilas que escurren dentro de ella, otras veces colmatando depresiones o cubetas en contacto con bosques o bien con terrazas (Roig y Roig, 2004), y están caracterizadas por depósitos esponjosos de turba, el crecimiento de árboles y arbustos, y un suelo cubierto por una alfombra gruesa de musgo *Sphagnum*. Se caracterizan también por presentar altos niveles freáticos (Díaz *et al* 2005).

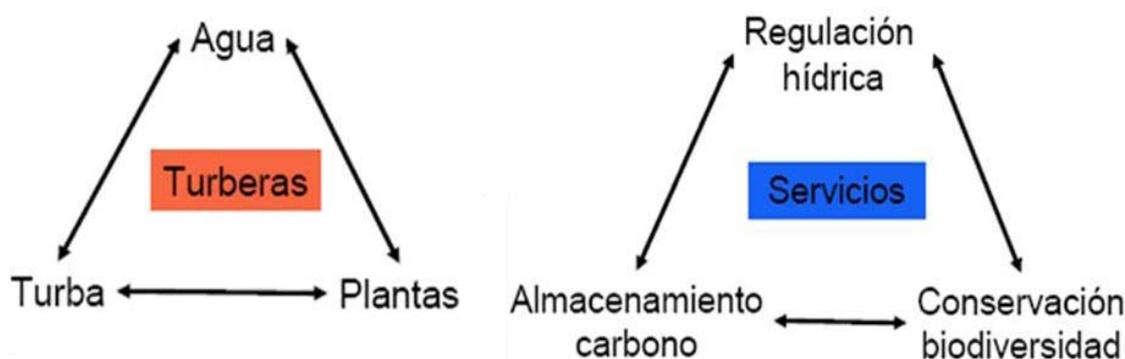
Desde el punto de vista edáfico, o sea referido a la naturaleza del suelo y considerando que los turbales oligotróficos tienen suelos característicamente orgánicos, éstos se incluyen en el orden Histosols de la 7^a Aproximación para la Clasificación de Suelos del U.S. Department of Agriculture (Clymo y Hayward, 1982).

1.2.6 Ecología de turberas

En una turbera existe una mutua y fuerte interdependencia entre las plantas, agua y turba. Esta estrecha relación determina la vulnerabilidad de las turberas frente a la interferencia humana (Parish *et al*, 2007).

Las plantas determinan el tipo de turba y las propiedades hidráulicas. El agua determina cuáles plantas crecerán, cuáles acumularán turba y cuánta descomposición habrá. La estructura de la turba determina cómo será el movimiento del agua y las fluctuaciones del nivel del agua. Estas estrechas interacciones implican que si alguno de estos elementos es alterado, todos los otros componentes se verán afectados. Sin duda, tales cambios a nivel ecológico alterarán los servicios que la turbera puede ofrecer (Figura 1.6) (Parish *et al*, 2007).

Figura N° 1.7. Interrelaciones en una turbera



Fuente: Parish *et al*, 2007

El flujo de agua conecta la gran zona de captación de la cuenca con la turbera. Un cambio en el flujo de agua de la zona de captación de la cuenca alterará significativamente a la turbera.

La estructura de una turbera define su comportamiento hidrológico, los procesos que regulan el ciclo de carbono y sus efectos en la mitigación y adaptación al cambio climático. El tipo de vegetación y las características del desarrollo de turba dependen en gran medida de la naturaleza del agua que abastece este ecosistema. La topografía colabora en la formación de los ambientes turbosos cuando sus características impiden el drenaje y mantienen condiciones húmedas por largos periodos, siendo en todos los casos cuencas con drenaje obturado por barreras naturales (Ruiz y Doberti, 2005).

Los suelos de turba generalmente se conocen como suelos orgánicos (histosoles), sin embargo su componente principal es el agua. Según Ivanov (1981), citado por Van der Schaaf (2002), el volumen de agua en una turbera prístina varía en un rango de 88 a 97%.

Una turbera y su cuenca están interconectadas mediante el flujo de agua superficial subterráneo. El sistema completo es alimentado por precipitaciones. Parte

de ellas infiltran al suelo y las remanentes escurren como agua superficial. La distribución del agua entre ambos procesos depende de la morfología del paisaje y de las propiedades hidráulicas del suelo. Durante estos procesos, los compuestos disueltos cambian debido al intercambio iónico, y su cantidad aumenta como resultado de las condiciones climáticas y de la disolución de los componentes del suelo.

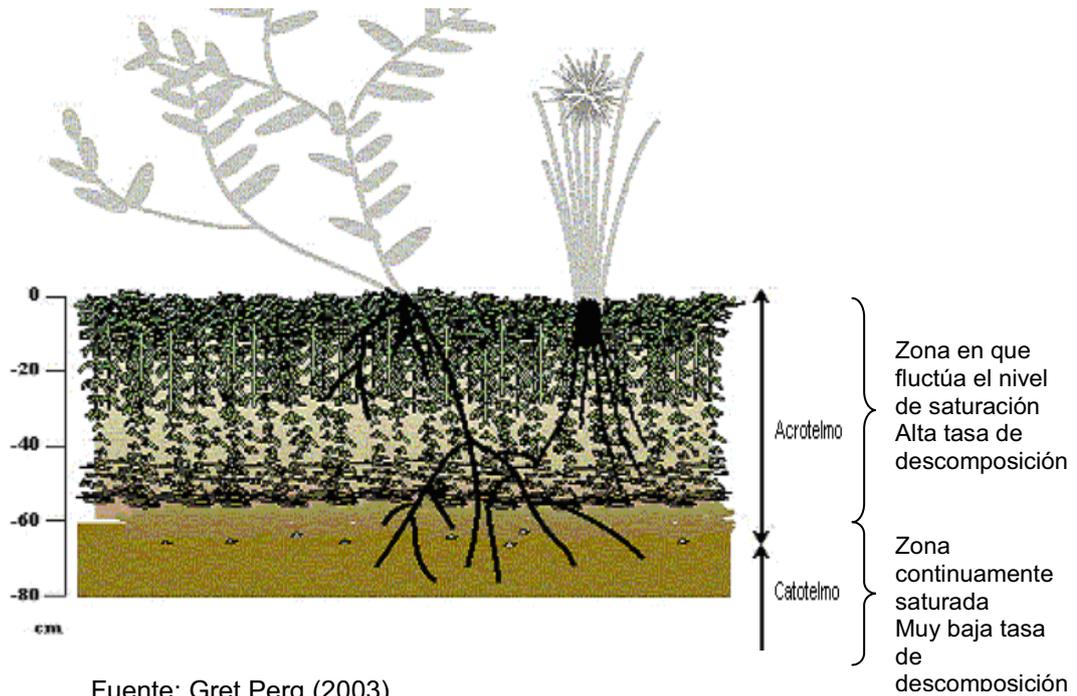
Sobre la base de lo anterior, Shouten (2002), destaca los siguientes aspectos claves:

- La hidrología de la turbera y su diferenciación espacial determinan significativamente el desarrollo y especialización de la vegetación.
- Las condiciones hidrológicas de la turbera dependen del sistema hidrológico circundante, en términos de cantidad y calidad de agua.
- El potencial hidrológico determina la posibilidad de conservar y/o restaurar una turbera.

Desde el punto de vista ecofisiológico, las turberas están formadas por una estructura compuesta por dos estratos funcionales, llamada diplotélmica: el acrotelmo y el catotelmo. El **acrotelmo** es la capa activa superior, oxigenada y porosa, de espesor generalmente de 0,3-0,5 m, en donde las condiciones de humedad varían en forma muy dinámica, pues en ella fluctúa el nivel de agua del ecosistema. Se caracteriza por ser superficial, poseer alta cantidad de materia orgánica, viva o en proceso de descomposición inicial, con importante actividad microbana. Debajo de ella se encuentra la capa inerte inferior, denominada **catotelmo**, humificada y permanentemente saturada de agua, anóxica, rica en materia orgánica altamente descompuesta, que alcanza mayor espesor, pero con mucho menor capacidad de intercambio de humedad, menos porosa, poco permeable. Puede llegar a medir varios metros. La base del acrotelmo se asume que se encuentra en la misma posición del nivel freático (Strack, 2008; Iturraspe y Roig, 2000) (Malmer y Wallen, 1993, citados por Tapia, 2008). La capa de *Sphagnum* vivo se encuentra en el estrato superior superficial, acrotelmo, desarrollado sobre capas de fibras muertas, cuyo estado de degradación o grado de humificación se incrementa en profundidad (catotelmo) (Iturraspe y Roig 2000) (Figura 1.7). Según Van der Schaaf (2002), turberas elevadas con presencia de ambas capas, acrotelmo y catotelmo, forman el diplotelmo.

En turberas elevadas la parte superior funciona como una verdadera esponja o como la mecha de una vela absorbiendo los excesos de humedad, previniendo grandes escorrentías en épocas de lluvia y aportando aguas del propio reservorio en tiempos de déficit de precipitaciones, mientras que los niveles inferiores, más densos y humificados funcionan como base de la acumulación de agua libre. Las turberas elevadas de *Sphagnum* son consideradas habitats clímax en una sucesión hídrica desde comunidades lacustres de agua abierta a turberas alcalinas y finalmente a turberas elevadas ácidas (Ruiz y Doberti, 2005).

Figura N° 1.8. Estratos de una turbera



Fuente: Gret Perg (2003).

Según Iturraspe (2010), las propiedades hidrológicas y el comportamiento ante el ciclo de carbono varían notablemente en cada uno. Esta estructura “diplotélmica”, es evidente en las turberas elevadas ombrogénicas y menos definida en las geogénicas. Debido a la alta capacidad de almacenamiento de agua del acrotelmo y su habilidad para hincharse y encogerse, este actúa como un regulador que minimiza la fluctuación del nivel del agua, manteniéndolo cercano a la superficie, en condiciones naturales (Strack, 2008). Prácticamente toda la actividad biológica, los procesos de acumulación y descomposición de la materia orgánica y la mayor parte de los movimientos de agua ocurren en el acrotelmo. En el catotelmo, sólo ocurre una lenta descomposición de la materia orgánica y un lentísimo movimiento de agua. Así, Strack (2008) sugiere que la función hidrológica de la turbera está controlada por la estructura y carácter deformable de la “matriz de turba” (subsistencia).

En el catotelmo se acumula la turba, que está formada por restos de plantas muertas y parcialmente descompuestas que se han acumulado *in situ* en terrenos anegados. El depósito de turba puede estar o no cubierto por vegetación que se esté transformando en turba, o pueden carecer completamente de vegetación. La presencia de turba o de vegetación en condiciones de transformarse en turba es la característica principal de las turberas (Malmer y Wallen, 1993, citados por Tapia, 2008).

En el catotelmo el flujo de agua puede ser en dos direcciones: lateral o hacia abajo (capas de suelo mineral). Los procesos del nivel freático y la gradiente hidráulica son inseparables. El nivel freático coincide con la parte superior (superficial) del catotelmo. En el Cuadro 1.5 se detallan las propiedades de cada capa en la turbera (acrotelmo y catotelmo).

Cuadro N° 1.5. Propiedades del Acrotelmo y Catotelmo

Acrotelmo	Catotelmo
<ul style="list-style-type: none"> • Activo intercambio de humedad con la atmósfera y el área periférica. • Frecuentes fluctuaciones del nivel de agua libre y variabilidad del contenido de humedad. • Elevada conductividad hidráulica, que decrece rápidamente con la profundidad. • Acceso de aire a los poros en forma periódica al descender el nivel freático. • Presencia de bacterias aeróbicas y microorganismos que facilitan la descomposición y transformación de la vegetación. • Presencia de una cubierta de vegetales vivos en el nivel superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad constante en el tiempo, o sujeto a muy pequeñas modificaciones. • Muy reducido intercambio de flujo con el estrato mineral subyacente y con la periferia. • Muy baja conductividad hidráulica, inferior al acrotelmo en 3 a 5 órdenes de magnitud. • No hay acceso de oxígeno atmosférico a los poros. • No hay microorganismos aeróbicos. Otros tipos de microorganismos se presentan en una cantidad muy reducida en comparación con el acrotelmo.

Fuente: Iturraspe y Roig (2004).

Otro aspecto interesante de analizar es el **mecanismo de autoregulación** que poseen las turberas elevadas (raised bog). Para garantizar el continuo suministro de agua en el depósito de turba bajo condiciones de extrema variación de suministro y pérdidas de agua, una turbera elevada presenta variados mecanismos regulatorios:

- *Sphagnum* se torna blanco bajo condiciones de sequedad para reflejar la radiación solar.
- El acrotelmo detiene el flujo de agua bajo condiciones de sequedad.
- La superficie de la turbera se mueve hacia arriba y hacia abajo dependiendo de condiciones de abastecimiento o pérdidas de agua.
- Los musgos se tornan menos permeables con menor aporte de agua y más permeables con mayor aporte de agua.

La extensión y disposición de la vegetación de la turbera cambia según las condiciones hidrológicas imperantes (Parish et al, 2007).

Tales mecanismos de autorregulación hacen que las turberas elevadas sean menos sensibles al cambio climático que otros ecosistemas.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TURBERAS A NIVEL INTERNACIONAL

A partir de 1800, el área global de turberas se ha visto reducida entre un 20% y 30%, siendo la actividad humana la principal causa de dicha reducción, tanto a escala local como global. Según Joosten y Clarke (2002), a nivel global las turberas se destruyen a una tasa de 4.000 hectáreas por año, mientras que el volumen de turba global disminuye en 20 km³ por año. Estas pérdidas ocurren en mayor cantidad en las zonas templadas y tropicales. Sin embargo, debe mencionarse que el 80% del área global de turberas es aún prístina (Parish et al, 2007). La concentración de turberas en algunos países industrializados del norte de Europa ha significado que entre el siglo XVI y el presente, vastas áreas en las que se presenta este ecosistema hayan desaparecido como producto de los avances tecnológicos y el desarrollo. Estos cambios sin duda han ayudado a impulsar y transformar las economías de ciertas regiones, sin embargo han pagado un alto costo ambiental (Ruiz y Doberti, 2005).

Las principales amenazas que afectan a los ecosistemas de turberas se originan tanto dentro como fuera de estos ambientes y pueden ser de dos tipos: a) directas como el drenaje y la conversión de tierras, las excavaciones, las quemas, el exceso de pastoreo, el abandono de la agricultura, la presión de los visitantes y la explotación comercial; e indirectas, como la contaminación atmosférica e hídrica, la extracción excesiva de agua, desarrollo de infraestructura, la reducción de la extensión y calidad de las zonas tampón y el cambio climático (De la Balze, Blanco y Loekemeyer, 2004).

La agricultura, la forestación y la extracción de turba para fines energéticos y hortícolas representan las mayores causas de la alteración de las turberas a nivel mundial. Según Joosten y Clarke (2002), el 50% de la pérdida de turberas a nivel mundial es atribuible a la agricultura, un 30% al sector forestal y un 10% a la extracción de turba. Tales cambios en el uso de la tierra afectan significativamente el ecosistema completo al remover su vegetación y modificar la hidrología de las turberas, provocando la oxidación de la turba y la alteración del balance gases efecto invernadero de las turberas (Strack, 2008).

Aproximadamente entre 14 y 20 % de las turberas en el mundo actualmente es usado para la agricultura, y la gran mayoría de ellas son utilizadas como prados y pastos. Para tal uso, deben ser drenadas para regular las condiciones de aire y agua en el suelo para lograr las exigencias del cultivo o de los pastos. La pérdida del agua de la turba superior por el drenaje, seguido de la oxidación, conduce a la compactación y el hundimiento de la superficie. El drenaje de turba aumenta las emisiones de CO₂ y N₂O, pero disminuye la emisión de CH₄. Las tasas de emisión dependen de la temperatura de turba, el nivel de aguas subterráneas del contenido humedad. Se debe realizar el adecuado manejo del agua para minimizar emisión es de GEI (Strack, 2008).

La utilización de turberas para la silvicultura se concentra en países nórdicos (Noruega, Suecia, y Finlandia) y Rusia, donde más de 10 millones de hectáreas de turberas han sido agotados por esta razón. Finlandia, Irlanda, Rusia, Bielorusia y Suecia acumulan más del 90% de la producción mundial de turba para energía. La turba es también muy usada en horticultura, como medio de crecimiento, pero este uso es menor a los anteriores. Alemania y Canadá lideran la producción de turba para

estos fines. Este tema será desarrollado en profundidad en el Capítulo II (Strack, 2008).

1.4 LAS TURBERAS EN EL GLOBO

En síntesis, se puede afirmar que una turbera es un área que presenta sucesivas capas de materia orgánica en descomposición acumulada desde la superficie hacia abajo, denominada turba. Las principales características de las turberas son la acumulación y almacenamiento de turba, su permanente presencia de agua a nivel superficial y el continuo crecimiento en superficie. Es reconocida a nivel mundial su importancia como un gran sumidero de carbono en la turba y reservorio de agua. Por otra parte, las turberas presentan características claves para la conservación de la biodiversidad. Estas características las convierten en ecosistemas únicos, singulares y altamente valiosos, los cuales proporcionan particulares bienes y servicios, razón por la cual requieren mayor atención.

También es relevante destacar que la distribución de las turberas y la formación y acumulación de turba es función principalmente del clima. Como resultado de las grandes variaciones climáticas y biogeográficas, existe gran diversidad en los tipos de turberas presentes en el planeta. Las turberas cubren 4 millones de hectáreas y se encuentran en todos los continentes, concentrándose en las regiones boreales, subárticas y tropicales. Sin embargo, su inventario es insuficiente y debe ser completado.

En cuanto a los aspectos ecológicos, en este tipo de ecosistemas existe una alta interdependencia entre los factores vegetación – agua – turba. Esto las convierte en vulnerables frente a la intervención humana.

A partir de 1800, el área global de turberas se ha visto reducida entre un 20% y 30%, siendo la actividad humana la principal causa de dicha reducción, tanto a escala local como global. Estas pérdidas ocurren en mayor cantidad en las zonas templadas y tropicales, siendo la agricultura, la forestación y la extracción de turba para fines energéticos y hortícolas las mayores causas de alteración de las turberas a nivel mundial. Sin embargo, debe mencionarse que el 80% del área global de turberas se mantiene aún prístina.

1.5 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

BULLOCK, A. y ACREMAN, M. 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences* 7: 358-389.

CLYMO, R.S. y HAYWARD, P.M. 1982. The ecology of *Sphagnum*. En: Smith AJE (ed) *Bryophyte Ecology*: 229-289. Chapman and Hall, London, United Kingdom.

CLYMO, R.S., TURUNEN, J. y TOLONEN K. 1998. Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81:368-388.

CONAMA - CEA. 2006. Protección y Manejo de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Informe Final. Contrato CONAMA N°31-22-001/05. 207 p. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/articles-41303_recurso_1.pdf. Fecha de consulta: 10/08/2010.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2002 a. Resolución VIII.11: Tipos de humedales insuficientemente representados. 8va Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar, Valencia, España.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2002 b. Resolución VIII.17: Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. 8va Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar, Valencia, España.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2011. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Disponible en: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-guidelines-guidelines-for-global/main/ramsar/1-31-105%5E20867_4000_2. Fecha de consulta: 02/03/2011

CRIGNOLA, P. Y ORDÓÑEZ, A. 2002. Perspectivas de utilización de los depósitos de turba de la Isla de Chiloé, Décima Región de Los Lagos, Chile. Simposio de Geología Ambiental para Planificación del Uso de Territorio, Puerto Varas.

DE LA BALZE, V. M. Y BLANCO, D. E. 2004. Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

DE LA BALZE, V., BLANCO, D. y LOEKEMEYER, N. 2004. Aspectos sobre usos y conservación de los turbales Patagónicos. En: Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina, pp. 129-140.

DÍAZ, M.F., ZEGERS, G. y LARRAÍN, J. 2005 a. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. 33 p. [En línea]. Disponible en: www.sendadarwin.cl

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J. y ZEGERS, G. 2005 b. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. 38 p. [En línea]. Disponible en: www.sendadarwin.cl Díaz *et al.* (2005)

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 81(4): 455-468.

- FRAILE, ALEJANDRO. 2007. Descripción ecofisiológica del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomás. 69 p.
- GORHAM, E. 1991. Northern Peatlands - Role in the Carbon-Cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1: 182-195.
- GRANIZO, T. 1997. Uso sostenible de humedales en América del Sur: una aproximación. UICN-Sur. Ecuador. 126 pp.
- GREEN, DANIEL. 2001. Estudio del mercado de la turba en Chile. Tesis (Ing. Forestal). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 163 p.
- GRET PERG. 2003. The peatland ecosystem. Consultado el 3 de septiembre de 2006. [En línea]. Disponible en: www.gret-perg.ulaval.ca/en_tourbiere.html
- GUNNARSSON, U. 2005. Global patterns of *Sphagnum* productivity. *Journal of Briology* 27: 269-279.
- HAUENSTEIN, E., GONZALEZ, M., LEIVA, L. & FALCÓN, L. 1999. Flora de Macrófitos y Bioindicadores del Lago Budi (IX Región, Chile). *Gayana Botánica* 56(1): 53-62.
- HAUENSTEIN, E., GONZALEZ, M., PEÑA, F. & MUÑOZ, A. 2002. Clasificación y Caracterización de la Flora y Vegetación de la Costa de Toltén (IX Región, Chile). *Gayana Botánica* 59 (2): 87-100.
- ITURRASPE, R. Y ROIG C. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego. En: Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y Conclusiones. Coronato y Roig Editores. Ushuaia, Argentina. Pp. 85-93.
- ITURRASPE, RODOLFO. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. 1ª Ed. Buenos Aires. Fundación para la Conservación y el uso de los humedales. Wetlands International. 32 p.
- JOOSTEN, HANS & CLARKE, DONALD. 2002. Wise Use of mires and Peatlands. International Mire Conservation Group, Internatyional Peat Society.
- MALTBY, EDWARD. 2008. Resolving peatland management and conservation dilemmas through implementation of the Ecosystem Approach. In: 13th International Peat Congress. Tullamore, Ireland.
- MOORE TR, N.T., ROULET y WADDINGTON, J.M. 1998. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbón cycling of Canadian peatlands. *Climatic Change* 40: 229-245.
- PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.
- PISANO, E. 1983. The magellanic tundra complex. In: Mires, swamp, bog, fen and moor. Gore, A.J.P. (Ed.). Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 295-329.
- RAMIREZ, C. 1997. Informe elaborado en el marco del proyecto: "Explotación comercial del *Sphagnum* moss", ejecutado por la empresa Los Volcanes S.A. y financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico FONTEC. pp 5-8.
- RUIZ y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0 Informe Final. Punta Arenas.

- ROIG, F.A., 2000. Comunidades vegetales productoras de turba en Tierra del Fuego. 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: 33-54. Ushuaia, Tierra del Fuego.
- ROIG, C. y ROIG, F. 2004. Consideraciones Generales. En: BLANCO, D. y V.M de la BALZE (eds). Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. pp. 5-21.
- SCHUMANN MARTIN Y JOOSTEN, HANS. 2008. Global Peatland Restoration Manual. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.
- SERNAGEOMIN - GORE Los Lagos. 2008. Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de Los Lagos. Informe Final. Servicio Nacional de Geología y Minería-Gobierno Regional de Los Lagos. 292 p. Puerto Varas.
- SHOUTEN, M. G.C. 2002. Conservation and restoration of raised bogs. Geological, hydrological and ecological studies. Duchas-Department of the Environmental and Local Government, Ireland; staatsbosbeheer, The Netherlands; Geological Survey of Ireland.
- STRACK, MARIA. 2008. Peatlands and Climate Change. International Peat Society. 223 p.
- SCHLATTER, R. y SCHLATTER J. 2004. Los turbales en Chile (En línea). Consultado el 08 de febrero del 2008. Disponible en: <http://www.benthos.cl/ltdlp/cap-05.pdf>
- SQUEO F.A., IBACACHE E., WARNER B., ESPINOZA D., ARAVENA, R. & GUTIÉRREZ J.R. 2006. Productividad y diversidad florística de la vega Tambo. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes Desérticos: La Alta Montaña del Valle del Elqui: 325-351. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. Chile.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENK, H., SCHIMPER, A. 2004. Tratado de Botánica. Traducido por María Jesús Fortes. 35ª ed, Barcelona, España. 1134 p.
- TAPIA, CAROLINA. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. En turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- TENEB, E. y DOLLENZ, O. 2004. Distribución espacial de la flora vascular, la humedad y el pH en un turbal de esfagno (*Sphagnum magellanicum* Brid.), Magallanes, Chile. Anales Instituto de la Patagonia, Chile, 32: 5-12.
- TORRES, H.A. 2007. Energía y Medio Ambiente. Energías convencionales y sus impactos. Gobierno Regional de Tacna. Fecha de consulta: 20/11/2010. Disponible en: 200.48.189.45/paginabk030111/naturales/.../energias_medio_ambiente.pdf.
- VAN BREEMEN, N. 1995. How *Sphagnum* bogs down other plants. Trends in Ecology and Evolution 10: 270-275.
- VAN DER SCHAAF, S. 2002. Acrotelm transmissivity asa paramenter to asses ecological conditions and ecological potential in the Irish Midlands raised bogs. Land Reclamation N° 33: 49-56.
- VAPO OY LTD. 1996. Viability Study of using Punta Arenas and Tierra del Fuego Peat Resources for Energy and Horticultural Purposes. Prepared for ENAP by VAPO OY, Jyväskylä, Finland.

VILLAGRAN, C. 1988. Expansion of Magellanic Moorland during the Late Pleistocene: Palynological Evidence from Northern Isla Grande de Chiloé, Chile. *Quaternary Research* 30:304-314.

ZEGERS, G., LARRAÍN J., DÍAZ, F., ARMESTO, J. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo*. CIPMA 22(1): 28-34.

CAPÍTULO II

VALORACIÓN Y FUNCIONES DE LAS TURBERAS

Las turberas juegan un rol fundamental y único en el mantenimiento de la calidad del agua y de la regulación e integridad hidrológica del ecosistema. También cumplen un papel muy importante en la atenuación del cambio climático global, actuando como sumideros de carbono. Según Joosten (2002) albergan 1/3 del carbono existente en el suelo y el 10% del agua dulce disponible. Tiene buena resiliencia a cambios ambientales naturales pero son muy sensibles a la actividad antrópica (Iturraspe, 2010). Los beneficios que las turberas brindan al hombre se manifiestan también en los variados usos que éste hace de sus recursos. La extracción de turba para su uso ex situ es una actividad común a muchos de los ecosistemas de turberas. Ésta es utilizada como humus y fertilizante orgánico en agricultura, sustrato en horticultura, para la generación de energía, como cama para animales de establo, como material de filtro y absorción, como material de construcción y aislante, para balneología, terapia, medicina y cuidados del cuerpo y también para resaltar sabores (De la Balze, Blanco y Loekemeyer, 2004). En muchas zonas, las turberas constituyen hermosos paisajes, presentando una biodiversidad única.

Principalmente en el Hemisferio Norte, el hombre ha utilizado las turberas por miles de años, provocando diversos grados de impacto, conflictos y contradicciones en el uso de la tierra. Existen evidencias que permiten afirmar que el hombre explotó las turberas desde la prehistoria, mediante la cosecha de plantas, pesca, caza, forraje y combustible, entre otros usos. El hallazgo de cuerpos, herramientas, ornamentos, armas y otros vestigios arqueológicos en abundancia en turberas del Hemisferio Norte, testifica la íntima relación entre el hombre y las turberas desde el Holoceno (Parish et al, 2007).

En el pasado, los paisajes dominados por turberas eran considerados tierras salvajes, en consecuencia eran respetados y vinculados a tradiciones culturales, rituales y adoraciones. Sin embargo, hasta hace muy poco, se desconocía por completo los servicios ecosistémicos que proporcionan las turberas y las características únicas de la turba. Generalmente se consideraban tierras inhóspitas, de difícil acceso, lo que provocó su drenaje para usar esas tierras para otros fines. Tales interacciones entre el hombre y las turberas han llevado a la degradación de grandes extensiones de turberas, generando graves impactos ambientales, sociales y económicos, incidentes en el cambio climático (Parish et al, 2007).

2.1 BENEFICIOS DE LAS TURBERAS

Las turberas son altamente valiosas para la sociedad debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel global, regional como local. Según Joosten y Clarke (2002), tales beneficios se desglosan en cuatro aspectos:

- Funciones de regulación o servicios ecosistémicos
- Funciones productivas
- Funciones trasmisoras (“carrier”)
- Funciones de información

A continuación se resumen las funciones de las turberas para el beneficio del ser humano.

I. Funciones de regulación o servicios ecosistémicos

- 1.1 Regulación del clima global
- 1.2 Regulación del clima global y regional
- 1.3 Regulación de la hidrología de la cuenca
- 1.4 Regulación de la hidroquímica de la cuenca
- 1.5 Regulación de las condiciones de suelo del ecosistema

II. Funciones productivas

2.1 Extracción de la turba y su uso ex situ como:

- Humus y fertilizante orgánico en agricultura
- Sustrato para horticultura
- Generación de energía
- Materia prima para la industria química
- Cama para animales de establo
- Filtros y material absorbente
- Textiles
- Material aislante y para embalajes
- Balneología, terapias, medicina y cuidado corporal
- Resaltador de sabores

2.2 Agua potable

2.3 Algunas plantas silvestres que crecen en turberas son usadas para:

- Alimentos
- Materia prima para productos industriales
- Medicina

2.4 Animales silvestres para alimentación, pieles y medicina

2.5 La turbera utilizada como sustrato in situ para:

- Cultivos agrícolas u hortícolas
- Forestación

III. Funciones trasmisoras o “carrier”

- 3.1 Reserva de agua para hidroelectricidad, riego, agua potable y recreación
- 3.2 Estanques o lagunas para la pesca
- 3.3 Uso urbano, industrial o desarrollo de infraestructura
- 3.4 Depósito de desechos (vertederos)
- 3.5 Ejercicios militares o de defensa
- 3.6 Prisiones
- 3.7 Transporte y pastoreo

IV. Funciones de información

- 4.1 Mantenimiento de la biodiversidad
- 4.2 Funciones históricas, culturales y sociales
- 4.3 Funciones estéticas y artísticas (ecoturismo y recreación)
- 4.4 Funciones de espiritualidad y simbolismos

(Fuente: Joosten y Clarke, 2002)

Según De la Balze, Blanco y Loekemeyer (2004), los beneficios de los ecosistemas de turberas señalados anteriormente, también se podrían clasificar según los recursos que proporcionan, sus funciones y atributos, como se indica a continuación:

Recursos

- Extracción de turba para múltiples usos ex situ
- Agua potable
- Plantas silvestres que crecen en turberas usadas para alimento, materia prima para usos industriales, etc)
- Animales silvestres usados como alimento, piel y medicina
- Turbera utilizada como sustrato in situ para agricultura, forestación.

Funciones

- Reservas de agua (hidroelectricidad riego, agua potable)
- Recreación
- Campos de pastoreo
- Regulación del ciclo hidrológico
- Regulación de las condiciones del suelo

Atributos

- Sitios históricos
- Sitios de alto valor escénico y estético
- Fuente de información paleoambiental
- Educación ambiental

Recientemente, Iturraspe (2010) ha propuesto una síntesis de las funciones ambientales y los valores de las turberas no alteradas, en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.1. Síntesis de las funciones ambientales y los valores de las turberas no alteradas

FUNCIONES		VALORES		
REGULACIÓN	CLIMÁTICAS	Mitigación del Cambio Climático Global Control del clima local	DESARROLLO	Agua potable y para otros usos
	HIDROLÓGICAS	Mitigación de crecidas	ADAPTACIÓN AL C. CLIMÁTICO	Instrumentos para la adaptación al Cambio Climático
		Aporte de agua en sequías		
		Calidad del agua		
Morfología del drenaje	ECOLOGÍA	Biodiversidad		
Aguas subterráneas	CIENCIA	Reservorios paleoclimáticos		
EDÁFICAS	Control de erosión	MEDICINA	Plantas y musgos con potencial medicinal aún no estudiado	
ESPACIO SOPORTE	HÁBITAT ECOLÓGICO	Sostén de biodiversidad Garantía de diversidad genética y procesos evolutivos	PAISAJE	Rareza- Singularidad-Identidad
	RECREACIÓN Y TURISMO	Deportes invernales	TURISMO	Turismo de naturaleza- Actividades invernales
	EDUCACIÓN AMBIENTAL	Un laboratorio natural accesible	PRODUCTIVIDAD POTENCIAL	Todos los valores productivos intactos y disponibles a futuro
	POTENCIALIDAD FUTURA			

Fuente: Iturraspe, 2010

2.2 FUNCIONES DE REGULACIÓN O SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Bajo el concepto “funciones de regulación” se reúnen todos los procesos en ecosistemas naturales que contribuyen al mantenimiento del equilibrio ambiental, mediante el suministro de aire, agua y suelo. Las turberas poseen funciones de regulación en procesos ambientales fundamentales, a nivel climático, hídrico, edáfico, ecológico y genético (Joosten y Clarke, 2002).

2.2.1 Las turberas en la regulación del clima global

Las turberas juegan un rol histórico fundamental en la regulación del clima global, pues tiene alta incidencia en el balance de gases efecto invernadero. Se caracterizan por secuestrar o capturar dióxido de carbono atmosférico, transformarlo en biomasa vegetal y luego turba. Presentan una de las mayores reservas de carbono en el suelo, constituyen un importante sumidero de dióxido de carbono atmosférico y también son fuente de emisión de metano (Joosten y Clarke, 2002).

Diferentes tipos de turberas emiten diferentes cantidades y tipos de gases efecto invernadero, según su estado. En el caso de las turberas prístinas o rehidratadas, ellas emiten metano. Casi todas las formas de utilización de las turberas requieren su drenaje, el cual resulta en una oxidación de la turba y la consecuente liberación del carbono almacenado en forma de CO₂ atmosférico. También provocan el mismo efecto los incendios de turberas, bastante frecuentes en el caso de Indonesia. Las emisiones de óxido nitroso son reducidas en turberas naturales, sin embargo aumentan significativamente en las turberas destinadas a la agricultura. Como cada uno de estos gases efecto invernadero presenta una fuerza radiativa diferente, su efecto en el balance climático. En consecuencia, la forma en la que el hombre hace uso de las turberas es altamente incidente en la regulación del clima global (Parish et al, 2007; Strack, 2008).

Para comprender los efectos integrados de las turberas en el clima, es necesario considerar, por una parte los diferentes tipos, volúmenes y proporciones de gases efecto invernadero intercambiadas en ellas y, por otra parte, el carbono almacenado en las turberas (Joosten y Clarke, 2002). A continuación se explica este proceso.

2.2.1.1 Almacenamiento de carbono en las turberas

El proceso de acumulación de turba en las turberas involucra el secuestro y almacenaje de carbono proveniente de la atmósfera. La cantidad de carbono almacenada por ellas equivale aproximadamente a un tercio de todo el carbono global en el suelo y al 75% del total de carbono atmosférico (CO₂) en el mundo (Strack, 2008). A pesar de que sólo cubren entre un 3 y 4% de la superficie terrestre, las turberas contienen 550 Gtons de carbono. De esta manera, constituyen el ecosistema terrestre más eficiente en lo que respecta a la acumulación de carbono (Parish et al, 2007). Este tema será desarrollado en mayor profundidad en el capítulo 2.6.

2.2.2 Las turberas en la regulación del clima local

Las turberas presentan un microclima específico, que frecuentemente difiere de sus alrededores. Este microclima se caracteriza por grandes variaciones en temperatura, alta humedad relativa, alta frecuencia de niebla y heladas nocturnas, en comparación con suelos minerales. Además, las turberas se encuentran generalmente en depresiones, con presencia de importantes masas de aire frío, provocando bajas temperaturas. Este enfriamiento ocurre debido a la evapotranspiración de las turberas, principalmente en climas cálidos y secos. Al drenar las turberas de zonas climáticas más frías aumenta el enfriamiento. En consecuencia, en regiones con grandes extensiones de turberas, el clima regional es más frío y húmedo (Joosten y Clarke, 2002).

2.2.3 Las turberas en la regulación del ciclo hidrológico

Las turberas, en general, corresponden al principal componente del sistema hidrológico local o regional, a nivel de cuenca. El agua es el principal componente de este tipo de ecosistemas y la hidrología es una de las ciencias que explica su funcionalidad y los servicios ambientales que ellos proporcionan. Según Ivanov (1981), citado por Van der Schaaf (2002), el volumen de agua en una turbera prístina varía en un rango de 88 a 97%. Joosten y Clarke (2002) afirman que las turberas tienen la habilidad de purificar el agua mediante la remoción de los contaminantes. Turberas de grandes extensiones regulan el régimen hídrico en superficie y son capaces de mitigar sequías e inundaciones. Iturraspe (2010) complementa, señalando que aportan a los sistemas de escurrimiento cuando el agua es escasa, depuran el agua superficial o subterránea que ingresa, mejorando la calidad de la descarga y brindan protección de la erosión hídrica.

Las turberas, al poseer alta acumulación de *Sphagnum*, controlan el escurrimiento en cuencas, reteniendo las lluvias intensas y liberando humedad en forma muy gradual. En consecuencia son, desde el punto de vista hidrológico, acuíferos superficiales de carácter libre que influyen en aspectos hidrológicos de las zonas cercanas. Este impacto se acentúa donde la recarga de acuíferos presentan una dependencia directa con la pluviometría (Sernageomin, 2008). Sólo prosperan en medios que aseguren disponibilidad de agua sostenida en el tiempo, y al desarrollarse generan, a partir de su estructura y morfología, capacidades para retener humedad e interactuar con el medio circundante (Iturraspe, 2010)

Una turbera y su sistema regional están interconectados mediante el flujo de agua superficial subterráneo. El sistema completo es alimentado por precipitaciones. Parte de ellas infiltran al suelo y las remanentes escurren como agua superficial. La distribución del agua entre ambos procesos depende de la morfología del paisaje y de las propiedades hidráulicas del suelo (Shouten, 2004).

Lo anterior es posible en turberas mínimamente o moderadamente intervenidas, donde la turba puede aumentar o disminuir de volumen de acuerdo al aporte de agua, ejerciendo un efecto buffer sobre la hidrología de la cuenca. Una vez que una turbera ha sido drenada, la carga y descarga máxima son severamente reducidas (Joosten y Clarke, 2002).

Al respecto, es necesario mencionar que, desde el punto de vista hidrológico, la reserva de agua de una turbera consta de dos componentes, uno estático y uno dinámico:

- El componente estático es el agua que se encuentra en las capas de turba permanentemente saturada (catotelmo), el cual constituye entre el 85 y 95% del agua total de la turbera y no se mueve o su movimiento es muy lento. Este componente participa poco en la regulación del agua regional.
- El componente dinámico consiste en los volúmenes de agua rápidamente intercambiables sobre la capa de turba, en las capas de vegetación, llamado acrotelmo. Está compuesto por: agua en los poros del suelo, bolsones de agua bajo la superficie, agua en piscinas y agua de inundación (Joosten y Clarke, 2002).

Shouten (2004) resume algunas importantes características hidrológicas de las turberas:

1. El nivel del agua se encuentra muy cercano a la superficie y con leves fluctuaciones temporales (0,2 a 0,3 m), comparados con suelos minerales (Van der Schaaf, 2002). El drenaje tiene un considerable efecto en la fluctuación del nivel del agua.
2. Existe una elevada oscilación vertical del nivel de agua en superficie debido a la estación seca (evapotranspiración) y húmeda (precipitación).
3. Este proceso y su diferenciación espacial determinan significativamente el desarrollo y especialización de la vegetación.
4. El potencial hidrológico determina la posibilidad de conservar y/o restaurar una turbera.

2.2.4 Las turberas en la regulación de la hidroquímica de la cuenca

Los ecosistemas están relacionados con sus sistemas vecinos mediante un constante intercambio de materia, energía e información. Ellos regulan el ingreso y salida de sustancias, mediante su transformación, amortiguamiento o almacenaje, lo que origina un cambio en las concentraciones de sustancias químicas de desagüe (Joosten y Clarke, 2002).

En el caso de las turberas acumulan carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes cuando la producción de biomasa excede la descomposición microbiana aeróbica en el acrotelmo y anaeróbica en el catotelmo. La vegetación transforma sustancias inorgánicas (CO₂, NO₃, NH₄) mediante procesos biogeoquímicos en compuestos orgánicos (C orgánico, N orgánico). El material vegetal muerto, sometido a procesos de humificación, origina la turba (Joosten y Clarke, 2002).

Las turberas presentan diversos efectos en la hidroquímica de la cuenca, pues reciben agua de diferentes calidades y orígenes: precipitación, aguas subterráneas, aguas fluviales. Así, en turberas ombrotáficas (bogs), donde el agua proviene de precipitación, se caracterizan por presentar bajo pH, alta concentración de sustancias húmicas y amonio. Por otra parte, turberas minerotáficas presentan un alto potencial de transporte de sustancias, mejorando la calidad hidroquímica de la cuenca.

2.2.5 Regulación de las condiciones del suelo del ecosistema

Al ofrecer cobertura vegetal completa, las turberas protegen a la capa de suelo de la erosión. La estructura física de la turba difiere de la de los suelos minerales, y define propiedades hidrológicas especiales. Sin duda, las condiciones edáficas en una turbera están íntimamente ligadas con los aspectos hidrológicos, pues más del 80%

de este ecosistema es agua, y en los niveles superiores, su proporción puede alcanzar 95% a 98% (porosidad total) en *Sphagnum* saturado. Sin embargo, gran parte se presenta en microporos e incorporada a las fibras vegetales y sólo se libera por desecación. Las turberas protegen los suelos de la erosión y contribuyen a la conservación de cuencas, al mejoramiento de la calidad del agua y a la mitigación de procesos sedimentarios desfavorables, como la colmatación de lagos y embalses (Iturraspe, 2010).

2.3 FUNCIONES PRODUCTIVAS DE LAS TURBERAS

2.3.1 Usos de la turba

Las turberas, a lo largo de la historia, han sido utilizadas para gran cantidad de actividades y áreas, tales como: energía, horticultura, metalurgia, aislación, filtrado, medicina, investigación, turismo y finalmente conservación y preservación del Medio Ambiente.

Los dos principales usos históricos y actuales de la turba son aquellos destinados para energía, como combustible sólido, y para fines hortícolas. Es muy común utilizar los horizontes superficiales como materia prima para fines hortícolas y los horizontes subyacentes para energía. Sin embargo la turba tiene muchos otros usos (Ruiz y Doberti, 2005). Hilli (2008) clasifica sus usos en dos grupos: in situ y ex situ.

2.3.1.1 Usos de las turberas In Situ para agricultura, forestación, protección, ecoturismo.

Usos de las turberas para agricultura

Gran cantidad de turberas han sido drenadas para establecer cultivos agrícolas y forestales. En su estado natural las turberas poseen una capacidad de uso agrícola marginal. Las principales características que inhiben su uso en agricultura son: Alto nivel freático, alta acidez, baja densidad aparente, baja capacidad de sujeción, baja disponibilidad de nutrientes, mal drenaje, bajas temperaturas. Por lo tanto, el establecimiento de la agricultura convencional en las turberas requiere su drenaje, fertilización, labranza (Parish et al, 2007).

Cuadro N° 2.2. Turberas usadas para agricultura a nivel mundial

País / Región	Superficie de turberas usadas para agricultura (Km2)	Porcentaje del total de turberas del país/región (%)
USA	21000	10
Indonesia	60000	25
Malasia	11000	45
Europa	124490	14
Rusia	70400	12
Alemania	12000	85
Polonia	7620	70
Bielorusia	9631	40
Hungria	975	98
Holanda	2000	85

Fuente: Parish et al, 2007

En Europa, las turberas usadas para agricultura han sido destinadas principalmente a praderas y pastoreo. En Norte América han sido además cultivadas con caña de azúcar, arroz, vegetales y pastos. Últimamente ha adquirido importancia el cultivo de cranberries. En Asia se ha cultivado aceite de palma y coco (Joosten y Clarke, 2002).

Uso de las turberas para forestación

En varios países del Hemisferio Norte, las turberas han sido utilizadas para el cultivo de bosques comerciales. En algunos casos, como Escandinavia y Canadá, el bosque nativo desarrollado naturalmente sobre las turberas es manejado con fines comerciales. Las especies dominantes son en su mayoría coníferas: *Picea mariana*, *Pinus sylvestris*, sin embargo su crecimiento se ve limitado por el nivel freático. Tanto en el Hemisferio Norte como en las turberas tropicales, muchas turberas han sido drenadas para permitir su forestación, provocando la alteración de las condiciones físicas, hidrológicas y vegetacionales del ecosistema. En Malasia e Indonesia los bosques pantanosos de turberas juegan un rol fundamental en la economía local. Se estima que casi 150000 km² de las turberas líderes mundiales ha sido agotado para la silvicultura comercial (Joosten y Clarke, 2002; Parish et al, 2007).

2.3.1.2 Uso Ex Situ: Extracción de turba, de carácter multifuncional.

La turba es extraída y procesada para múltiples propósitos, descritos a continuación.

Uso de turba como sustrato para el cultivo vegetal

La turba de *Sphagnum* es considerada a nivel mundial el medio de cultivo o sustrato más importante para el crecimiento de plantines hortícolas, plantas en contenedor, cultivos intensivos, invernaderos, floricultura (cultivo de azaleas, orquídeas, bulbos), hidroponía, jardinería, cultivo de hongos. También es ampliamente usado como cobertura y mejorador de suelos. En Europa, la turba constituye casi un 95% del mercado de los sustratos usados en agricultura (Parish et al, 2007).

Su valor fundamental como sustrato reside en la combinación única de propiedades físicas, químicas y biológicas que le permiten retener grandes cantidades de agua, grandes volúmenes de aire y retiene los nutrientes, dejándolos disponibles para el desarrollo de las plantas (De la Balze et al, 2004). Ofrece un medio de crecimiento ideal para las plantas, dada su estabilidad, uniformidad, disponibilidad, facilidad para ser procesado, alto rendimiento y rentabilidad (Joosten y Clarke, 2002).

En resumen, las ventajas de la turba de *Sphagnum* frente a otros sustratos usados en horticultura son:

- Su gran capacidad de absorción y retención de agua, permite a los cultivos resistir muy bien períodos prolongados de sequía, o hacer más eficiente el uso del agua de riego donde ésta es escasa.
- Al incorporarla a mezclas de tierra, mejora ostensiblemente la textura del suelo y oxigenación de las raíces.
- Su bajo pH y contenido de nutrientes permite ajustar fácilmente dosis de fertilizantes y cal específicas para cada cultivo.
- Es penetrado fácilmente por raíces jóvenes de semillas y plantas pequeñas, lo que facilita el transplante de almácigos.
- Está libre de patógenos, pestes y malezas.
- Es fácil de manejar, procesar, mezclar (Joosten y Clarke, 2002; Pérez, 2007; Vivanco, 2011).

En el año 1999, la producción total global de turba destinada a sustratos correspondió a 40 millones de m³/año. La industria mundial de sustratos actualmente se encuentra investigando y desarrollando sustratos alternativos a la turba, sin embargo no existe aún un sustrato equivalente en cantidad ni calidad que pueda competir con ella (Joosten y Clarke, 2002).

Uso de turba como humus y fertilizante orgánico en agricultura

La turba ha sido utilizada como materia prima para la elaboración de fertilizantes orgánicos. La ventaja del uso de turba en este caso se debe a su alto contenido de materia orgánica que contiene sustancias biológicamente activas en distinto grado de humificación. Sirve como vehículo para la aplicación de abonos solubles, impidiendo que los nutrientes colocados en el suelo sean arrastrados por las aguas de drenaje, además, impide el cambio brusco por temperatura, evitando así, daños por heladas. Incluso estudios sugieren que la turba pueda ser relevante en la remediación de suelos degradados por minería u otras causas (Joosten y Clarke, 2002).

Uso de la turba en la generación de energía

En varios países, la turba es extraída y utilizada como fuente de energía desde hace al menos dos mil años, dado su elevado poder calorífico (7.200 BTU) y la ausencia de otros combustibles. Actualmente sólo contribuye marginalmente a la producción mundial de energía. Sin embargo, a escala local y regional, es una importante fuente de energía particularmente en Finlandia, Irlanda y Suecia, destinada a la generación energética industrial y calefacción doméstica. También presenta cierta importancia en los Países Bálticos, Bielorusia y Rusia (Parish et al, 2007).

Según Joosten y Clarke (2002), el consumo de turba para energía a nivel mundial fluctúa entre 5 y 6 millones de toneladas/año. Probablemente, en la actualidad, debido a los problemas de oferta y demanda de combustibles fósiles, las plantas energéticas deberán adquirir la capacidad técnica para procesar diferentes tipos de combustibles.

Dado que la turba es más cara y presenta mayores emisiones de CO₂ por unidad de energía que otros combustibles fósiles, sólo resulta relevante por razones socioeconómicas locales y/o domésticas. En Finlandia e Irlanda, el empleo en áreas rurales está dado en mayor medida por la generación de energía a partir de turba (Parish et al, 2007).

Uso de turba como materia prima en química

La turba es utilizada en menor escala como materia prima en la industria química para la obtención de algunos compuestos orgánicos específicos. Su procesamiento químico comprende las etapas de hidrólisis, pirolisis, extracción y modificación química.

Algunos ejemplos de estas aplicaciones químicas implican:

- Soluciones húmicas derivadas de la turba para la purificación de superficies metálicas de sustancias radioactivas.
- Preparaciones húmicas solubles en ácido para la extracción de metales valiosos.
- Carbón activado derivado de la turba es efectivo en la descontaminación de suelos y agua contaminados.
- Turba usada como inhibidor de corrosión (Joosten y Clarke, 2002).

Usos de la turba como material absorbente y filtrante

Gracias a la combinación de sus particulares propiedades tales como su alta capacidad de intercambio catiónica, alta porosidad y gran capacidad absorbente, la turba puede cumplir funciones como material filtrante y absorbente tanto in situ como ex situ. Esto determina las capacidades de descontaminación de la turba, reteniendo y degradando metales pesados y sustancias tóxicas, por ejemplo, ha sido utilizada en el derrame de hidrocarburos. Los procesos de descontaminación que utiliza la turba

consisten en la filtración física, la absorción química y la transformación biológica.

Usos en balneología, terapias, medicina y cuidado corporal

En varios países con larga tradición en el uso de lodos para fines terapéuticos, se ha utilizado la turba en reemplazo del lodo. Alemania, República Checa, Estonia, Polonia, Ucrania, entre otros países, cuentan con importantes centros balneológicos especializados en terapias basadas en baños de turba. Dado su alto contenido de sustancias biológicamente activas, lideradas por los ácidos húmicos y fúlvicos, la turba ejercería efectos positivos sobre el sistema inmune, combatiendo bacterias, virus e inflamaciones, de allí sus propiedades fungicidas y antibióticas. El material usado en balneología es generalmente turba negra, más humificada que la rubia, y consiste en la aplicación directa a la piel de lodos a base de turba, en un baño a temperaturas de 38 a 44°C (Szajdak y Hladón, 2009). El uso de la turba en balneología provoca efectos físicos, mediante la alteración de la temperatura y efectos bioquímicos a través de sustancias biológicamente activas como los ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales mejoran el sistema inmunológico y músculos atrofiados (Orru y Orru, 2008; Szajdak y Hladón, 2009). Según Joosten y Clarke (2002), se utiliza para el tratamiento médico de enfermedades ginecológicas, en reumatología, dermatología, y oftalmología.

Otros usos

- Debido a su consistencia, se hace especialmente recomendable como almacenaje de frutas, verduras, flores delicadas y otras plantas, evitando el daño mecánico amortiguando golpes y/o movimientos derivados del transporte.
- Usos de la turba como material de construcción y aislante. Se ha utilizado en la confección de paneles de aislamiento térmico y acústico.
- Ha sido utilizada en literas de animales de establo en una mezcla de paja y turba, especialmente en aquellas áreas escasas de forrajes secos.
- Se utiliza también para resaltar sabores en alimentos. En Escocia e Irlanda, la turba se utiliza en el proceso de fabricación de Whisky. Con el suave calor de su combustión se secan los granos de malta y de cebada germinados, antes de que pasen a fermentar para producir los alcoholes. Tales técnicas de horneado y curado han sido traspasadas de generación en generación. Cada destilería mantiene sus secretos procesos con rigurosa seguridad.
- A parte de la turba, las turberas proporcionan variadas especies vegetales, las cuales son utilizadas para alimentación (cloudberries *Rubus chamaemorus*), forraje, construcción, artesanía y medicina.

- En algunos casos, también son utilizadas para cazar o pescar (Hilli, 2008; De la Balze et al 2004; Crignola y Ordóñez, 2002; Parish et al, 2007; Vivanco, 2011).

2.3.2 Extracción de la turba

2.3.2.1 Métodos de extracción de turba

Existen dos métodos básicos de explotación y cosecha de turba: método de la turba en bloques y turba molida. El primer método es el más utilizado en las turberas de Argentina y Chile, mientras que el método de la turba molida es utilizado en las turberas del Hemisferio Norte. Las actuales técnicas de extracción de la turba se dividen en cuatro fases principales, indicadas a continuación. Ambos métodos de extracción comprenden las mismas fases.

- Drenaje de la turba.
- Excavación a mano o a máquina (distintos tipos de maquinarias a emplear según el volumen, superficie o ubicación).
- Secado de la turba.
- Transporte del lugar de extracción hasta el depósito
- Molienda (Hernández et al, 2009)

La planificación de la extracción debe considerar aspectos tales como accesibilidad, características del terreno, profundidad del nivel freático, vegetación que circunda la turbera y que eventualmente crece en la misma (raíces podrían dificultar la continuidad del trabajo de la maquinaria), calidad de la turba, tamaño y profundidad de la turbera en relación con la rentabilidad de su explotación, condiciones climáticas y de altura en las cuales se encuentra la turbera desde el punto de vista de su accesibilidad y explotabilidad en la temporada invernal.

Etapa de drenaje

La forma más comúnmente utilizada para drenar las turberas consiste en la construcción de canales principales exteriores que rodean a la turbera y descargan el exceso de agua, conectados con canales secundarios interiores que reciben el agua de la zona en explotación. La cantidad, profundidad y distancia entre canales es variable y depende de la superficie y naturaleza de cada turbera (Hernández et al, 2009).

Etapa de excavación de las zanjas

Para la extracción de la turba, se utiliza una gran variedad de métodos, desde manuales (pala) hasta modernas máquinas de un peso de 20 a 30 toneladas y de una

envergadura de más de 20 m. utilizadas en las grandes turberas llanas de Europa y Canadá. Sin embargo varios autores indican que debe eliminarse el uso de maquinaria pesada durante la cosecha, porque causan erosión y altera la vegetación y la hidrología de la turbera (Whinam *et al.* 2003).

Los métodos manuales y semi-manuales son múltiples e incluyen el uso de palas mecánicas semiautomáticas, perforadoras y trepanadoras neumáticas. En términos generales, para tales labores se requieren diversos tipos de maquinaria: limpiadora de superficie, niveladora, zanjadora, excavadora y acopiadora (Hernández *et al.*, 2009). La aplicación de máquinas modernas en la explotación de turba depende de consideraciones económicas (costo, amortización) y de circunstancias naturales (superficie, consistencia de la turbera). En turberas de grandes extensiones, el uso de maquinaria requiere un espaciamiento importante entre zanjas para permitir su paso (Landry, 2008). La profundidad de extracción en la mayoría de los casos a nivel mundial no supera los 2 metros (Sone 2009).

Fotografía N° 2.1. Zanja de extracción cavada a mano en una turbera ubicada en la zona sur de Tierra del Fuego.



Fuente: Hernández *et al.*, 2009.

Fotografía N° 2.2. Extracción de turba en bloques en turbera Grazzia San Juan, Magallanes



Fuente: Vaccarezza, 2010.

Etapa de secado

Un problema de difícil solución es el secado de la turba. En el caso de la extracción de turba en bloques (método más usado en la Patagonia), un bloque recién cortado alcanza un peso de 12 kg. La turba húmeda no tiene prácticamente ningún valor, solamente la turba deshidratada es comercializable e industrializable. El método más utilizado y económico es el secado al aire en el mismo lugar donde se encuentra la turba, donde los bloques son encastillados a los costados de las zanjas de extracción. Esta práctica presenta la desventaja de ser muy lento. El transporte de turba húmeda (aproximadamente 90% de humedad) hacia un punto estratégico para su secado puede resultar antieconómico.

Todos los otros métodos de secado de turba son muy costosos, por ejemplo: la electroósmosis, el empleo de gas o fuel-oil, vacío, vibradores con ondas ultrasónicas, centrífugas, etc.

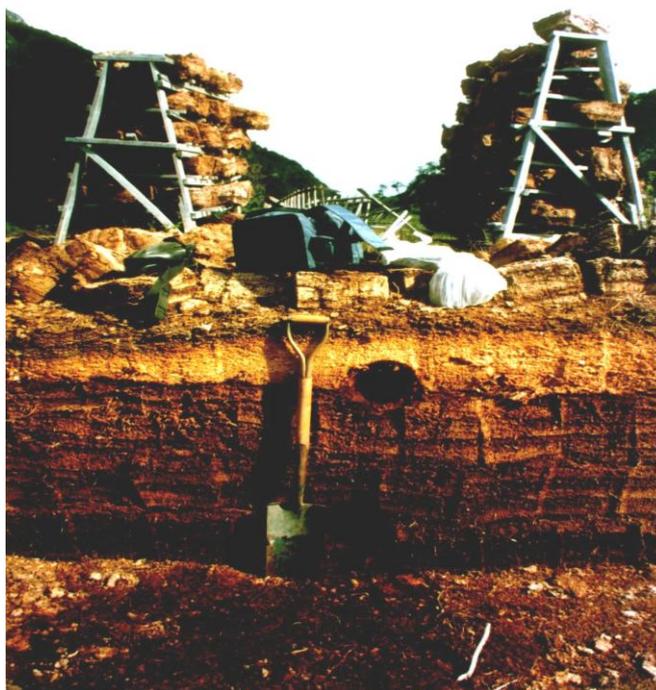
Generalmente las condiciones climáticas en las que se encuentran las turberas dificultan el secado al aire libre. En muchos casos se coloca alguna cobertura o techado de protección en el encastillado de los bloques de turba para protegerlos de las precipitaciones. La técnica de encastillado debe permitir el máximo movimiento de aire. El proceso de secado tiene una duración aproximada de un mes en temporada primavera-verano y como máximo cinco meses en temporada otoño-invierno (Hernández et al, 2009).

Etapa de traslado al lugar de acopio y/o molienda

Luego, se lleva la turba seca a un lugar de acopio (galpón) para industrializarla. Debido al peso específico relativamente bajo, la turba seca no prensada tiene un gran volumen, por lo cual los medios de transporte deben ser de gran tamaño. Para tal fin se utilizan tractores o locomotoras. Incluso se registra el uso de helicópteros en Nueva Zelanda para el traslado de la turba, de manera de minimizar el impacto al ecosistema (Pérez, 2007).

En el galpón se realiza su procesamiento, el cual comienza con el desmenuzamiento de los bloques en una trozadora, luego el producto cae en una molienda de martillos que muele la turba. Esta es cargada seguidamente a una cinta transportadora hasta el lugar donde se obtiene el producto terminado y consecuentemente embolsado (Hernández et al, 2009).

Fotografía N° 2.3. Bloques de turba colocados en secaderos de madera, Turbera Valle Carbajal, Ushuaia



Fuente: Hernández et al, 2009.

2.3.2.2 Métodos de extracción de turba utilizados en Chile y Argentina

En la Patagonia las prácticas actuales de extracción de turba son principalmente de tipo artesanal, con casi nula mecanización, eventualmente solo para el traslado del material del sitio a las canchas de acopio. A nivel nacional, existe sólo una empresa en Magallanes que aplica el método de extracción de la turba en bloques con maquinaria.

2.3.2.3 Métodos de cosecha utilizados en otros países

En Canadá, años atrás, las turberas eran consideradas como tierras improductivas en Canadá, sin embargo, hoy sus valores se reconocen ampliamente. En la actualidad, las turberas cubren el 11% del territorio en este país (Quinty y Rochefort, 2003). Las turberas en Canadá han sido explotadas durante muchos años, principalmente para el uso de combustible, la agricultura y la silvicultura. En los últimos años, la restauración de estos ecosistemas ha despertado el interés debido a la explotación de turba (Gorham y Rochefort, 2003). Para cosechar la turba, se utiliza el método de aspiración, método más común en el Hemisferio Norte. Las turberas se dividen en campos de 20 a 40 m de ancho y de longitud variable. Los campos son separados por zanjas de drenaje, de 75 cm de profundidad por 1 m de ancho, que drenan el agua hacia una zanja principal ubicada a un extremo del sitio cosechado (Rochefort, *et al.* 2003, Landry, 2008).

Los sitios cosechados vuelven raramente a ser ecosistemas funcionales después del abandono, porque las faenas de drenaje y la extracción de la turba, alteran la composición y la hidrología de la turbera necesarias para el establecimiento del musgo *Sphagnum* (Van Seters y Price 2001). Por tal motivo, es importante actuar inmediatamente después de la finalización de la cosecha, restaurando el ecosistema, para reducir al mínimo la degradación, descomposición y compactación de la turba superficial y otras pérdidas por erosión del viento o agua (Gorham y Rochefort 2003).

En el caso de Australia, la cosecha se realiza en forma manual y el uso de herramientas, como rastrillos y podadoras, queda restringido sólo a la vegetación existente en la turbera (juncos, arbustos). En algunos sitios, se hacen drenajes alrededor de la turbera para facilitar la extracción de turba (Whinam *et al.* 2003).

En Irlanda la superficie original de turberas correspondía al 17% del territorio, sin embargo estas se han visto significativamente reducidas a un 13% del total. Esta disminución se debe a la extracción de turba para calefacción doméstica y generación de energía, drenaje para su uso como terrenos agrícolas y forestales, deforestación, y sobrepastoreo (Farrel, 2009).

La extracción de turberas en Irlanda se realiza mediante dos métodos:

- a) Corte en bloques que corresponde a la extracción tradicional y más utilizada en las áreas rurales, realizada por personas naturales. Generalmente esta extracción se concentra en los bordes de la turbera, por lo tanto los efectos se manifiestan como subsidiencia dentro de áreas relativamente intactas.
- b) El segundo método es la extracción industrial por aspiración de turba destinada principalmente al sector energético, para abastecer estaciones eléctricas y para consumo doméstico (briquetas). Además se utiliza para la producción de sustratos hortícolas. La extracción industrial de turba resulta en la pérdida completa de las características del ecosistema preexistente. Después de la extracción comercial, la turba remanente se comprime y se presentan fluctuaciones a gran escala en el nivel freático. El potencial de restaurar estas áreas es mínimo (Farrel, 2009).

Fotografía N° 2.4. Extracción de turba en Irlanda para generación de energía. Planta eléctrica Edenderry.



Fuente: Vaccarezza, 2009.

Fotografía N° 2.5. Uso de helicóptero en el traslado de sacos de musgo en turberas de Nueva Zelanda.



Fuente: Yaldstone International, 2006.

2.3.3 El recurso turba

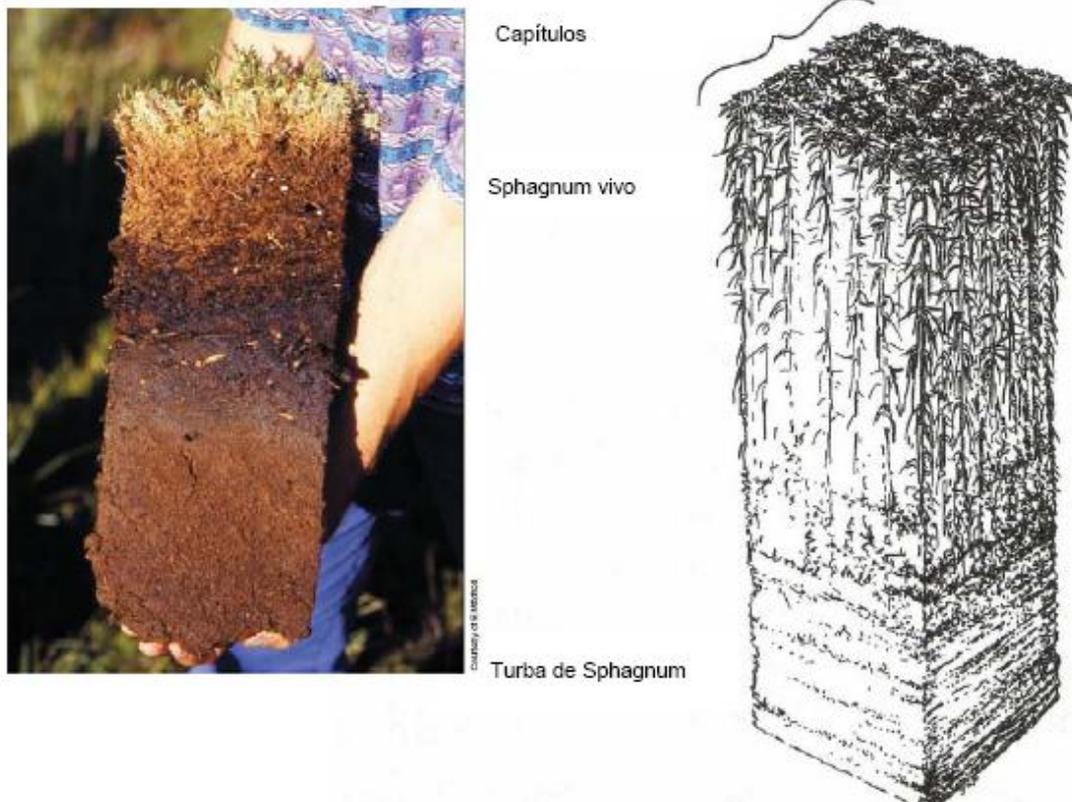
La turba es un material orgánico de origen vegetal, poco descompuesto, rico en carbono y oxígeno, de consistencia fibrosa, muy liviano, poroso y relativamente inerte desde el punto de vista bioquímico (Green, 2001).

La turba corresponde a un depósito biogénico producido por seres vivos que puede acumularse en un amplio espectro de ambientes, dependiendo del balance entre los ritmos de producción y descomposición de materia orgánica muerta. Cada región posee escalas temporales específicas para lograr una determinada acumulación neta de turba (Roig y Roig, 2004).

El desarrollo del proceso de acumulación de turba puede ser continuo o bien discontinuo, con pausas en su desarrollo originadas por grandes cambios climáticos, aportes de nutrientes por modificaciones en la escorrentía e incluso por caída de cenizas producto de actividad volcánica. La turba se acumula bajo condiciones de mal drenaje y deficiencia de oxígeno. Las condiciones anaeróbicas y de saturación inhiben la actividad de microorganismos. La acumulación se realiza capa a capa formando estratos. Geológicamente se considera turba a un estrato con un espesor mínimo de 30 cm y un peso seco de materia orgánica no inferior a 150 g para una columna con una sección de 100 cm² (50 kg/m³) (Roig y Roig, 2004).

El depósito de turba se encuentra siempre conectado física y funcionalmente con el organismo vivo que le dio origen. En sentido estricto no se considera biomasa a la turba acumulada. La turba puede ser caracterizada mediante su perfil estratigráfico, el cual se compone de dos estratos: el primero corresponde al estrato superior activo, vivo, llamado acrotelmo, y el otro corresponde al estrato inferior, humificado, en distintos estados de degradación en profundidad, cuyos poros están saturados de agua, generalmente de color más oscuro debido a los ácidos húmicos, llamado catotelmo (Roig y Roig, 2004; Iturraspe y Roig, 2000; Green, 2001).

Figura N° 2.1. Perfil de una turbera en el que se diferencia el acrotelmo y el catotelmo



Fuente: Díaz, 2008.

2.3.3.1 Grado de descomposición de la turba

Desde un punto de vista químico, la turba puede ser estudiada a partir del principal derivado de la humificación de la materia orgánica, el humus. Éste no es una sustancia de composición exactamente definida, ni siquiera una agrupación de compuestos en porcentajes determinados, sino que ha de considerarse como un material heterogéneo constituido principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que forma sustancias altamente polimerizadas, amorfas, de elevados peso molecular y capacidad de intercambio catiónico. Forma complejos de ácidos (principalmente húmicos y fúlvicos) y sus sales, donde la cantidad de nitrógeno es relativamente alta, 0,5-3%, aunque no todo el nitrógeno proviene de la vegetación, parte es originado por la fauna y por absorción de amonio del aire (Roig y Roig, 2004).

Lennart Von Post, geólogo escandinavo (1924) usó 10 clases para clasificar la turba según su grado de descomposición. El índice corresponde a un sistema que valora el grado de humificación de la turba. Turbas del tipo H1 a H6, corresponden a turbas rubias poco descompuestas, mientras que aquellas de los tipos H7 a H10, corresponden a turba negra, fuertemente descompuesta. Así, esta escala permite estimar el grado de descomposición o humificación. Es el método más utilizado y en la práctica se determina estrujando con la mano turba recién obtenida y examinando la turba comprimida y el agua que escurre. El valor, indicado con H, está directamente relacionado con importantes propiedades físicas y químicas como su color, capacidad de retención de agua, conductividad hidráulica, fibrosidad y densidad, además de

considerar la composición botánica y el nivel de nutrientes (Cuadro 2.2) (Roig y Roig, 2004; Ruiz y Doberti, 2005).

De acuerdo con este carácter, según Hauser (1996) las turbas analizadas en Magallanes resultan adecuadas para aplicaciones en horticultura; mayoritariamente, son del tipo “altas” (“raised bogs”), con alto contenido de musgos del género *Sphagnum*, especialmente *S. magellanicum*.

Cuadro N° 2.3. Clasificación de Von Post para la determinación del grado de descomposición de la turba

Grado de descomposición (H)	Agua que escurre al estrujar la turba	Proporción de turba desalojada entre los dedos	Residuo de turba en la mano	Reconocimiento de residuos vegetales
1	Transparente, incolora	Ninguna	Elástico	Se reconocen perfectamente las plantas, con partes vivas
2	Casi transparente, amarillo-marrón	Ninguna	Elástico	Se reconocen fácilmente partes de plantas, normalmente raíces muertas
3	Claramente turbia, marrón	Ninguna	No pulposo	Es difícil reconocer la mayor parte de las partes de las plantas
4	Muy turbia, marrón	Un poco	Poco pulposo	Es difícil reconocer partes de las plantas
5	Muy turbia, oscura	Moderada	Moderadamente pulposo	Se reconocen las principales características de la estructura de las plantas
6	Oscura	1/3 de la masa de turba	Fuertemente pulposo	La estructura de la planta no es clara
7	Muy oscura, turbia	1/2 de la masa de turba	Sólo residuos de raíces, ramas, etc.	Sólo parte de la estructura de la planta es ligeramente reconocible
8	Sólo una pequeña cantidad de agua turbia	2/3 de la masa de turba	Sólo residuos de raíces, ramas, etc.	Sólo se reconocen partes de la planta bien conservadas (cortezas, raíces, etc.)
9	Nada de agua liberada	Casi toda	Casi nada	No se reconocen las partes de la planta
10	Nada de agua liberada	Nada	Nada	No se reconocen las partes de la planta

Fuente: Roig y Roig, 2004

Cuadro N° 2.4. Características de los distintos tipos de turba usada en horticultura, según la clasificación de Von Post.

Turba tipo	Retención de agua (g agua por materia seca)	Descomposición (según Escala Von Post)	Densidad granel (Kg/m3)	Nombre formal	
1	>9.0	H 1-3	< 90	Sphagnum peat	Turba rubia (white peat)
2	>7.5	H 3-5	< 100	White peat	
3	>6.0	H 5-7	< 120	Transitional peat	Turba de transición
4	>4.0	H 6-7	< 150	Frozen black peat	Turba negra
5	>3.5	H 6-7	< 150	Black peat (not fully frozen)	Turba negra y arena

Fuente: Sone, 2008.

El grado de descomposición tiene gran influencia en las más importantes características que distinguen las calidades hortícolas de la turba. En general, como se observa en el cuadro 3.3, las turbas más usadas para horticultura corresponden a las del tipo H 3-5 según la escala de Von Post. Las denominaciones usuales de turba rubia (color pardo claro, menos descompuesta) y turba negra (pardo negro, fuertemente descompuesta), se sustentan en la diferencia de coloración originada por el proceso de humificación (Green, 2001).

2.3.3.2 Características de la turba

Entre las características físico-químicas comunes a los diversos tipos de turbas se incluyen: elevado contenido en materia orgánica no humificada, alta acidez, gran capacidad de retención de agua, baja conductividad térmica que le permite una marcada retención de líquidos aun a temperaturas altas, bajo contenido en iones minerales, entre las más importantes. La turba tiene una alta capacidad de adsorción para metales de transición y moléculas orgánicas polares. Esta fuerte atracción por los cationes se debe principalmente a la presencia de grupos cargados negativamente asociados con ácidos húmicos y fúlvicos. Sin embargo todas ellas se diferencian en textura, estructura y contenido de sustancias extrañas. Estas diferencias determinan su valor como elemento mejorador o acondicionador de suelos y como materia prima para diversos usos industriales (Ruiz y Doberti, 2005).

La cantidad del residuo de cenizas refleja el material inorgánico y ha sido usado tradicionalmente como una medida de calidad de la turba. Un 5% es considerado como satisfactorio pero si supera el 25% se considera no apta para combustión.

El valor calorífico de la turba, medido en BTU (British Thermal Units - 1BTU = 252 calorías) es en promedio de 7.200 unidades, reducido con respecto a las 12.000

unidades promedio del carbón. La acidez de la turba de mediana y elevada humificación se debe a los grupos fenólico y carboxilo derivados de la destrucción de los restos vegetales, mientras que la acidez en los niveles poco humificados es producto de la capacidad de intercambio catiónico de restos de musgos como por ejemplo el *Sphagnum* (Roig y Roig, 2004).

Edafológicamente la turba se reconoce como suelo orgánico, Orden Histosol, si más de la mitad de los 80 cm superiores están formados por materia orgánica. La definición de los Histosoles requiere de una calificación muy ajustada de los elementos orgánicos e inorgánicos formadores del suelo (Roig y Roig, 2004).

Cuadro N° 2.5. Propiedades físicas y químicas de suelos minerales y orgánicos.

	Suelo Mineral (molisol)	Suelo Orgánico (histosol)
Materia Orgánica (%)	< 20 - 35	> 20 - 35
Carbón Orgánico (%)	< 12 - 20	> 12 - 20
pH	Neutral	Ácido
Densidad Aparente	Alta	Baja
Porosidad (%)	Baja (45-55)	Alta (80)
Conductividad Hidráulica	Alta excepto en arcillas	Baja a Alta
Capacidad de Campo	Baja	Alta
Disposición de Nutrientes	Generalmente Alta	Usualmente Baja
Capacidad de Intercambio Catiónico	Baja, dominada por cationes principales	Alta, dominada por iones de Hidrógeno

Fuente: Roig y Roig, 2004

La Asociación de Turba Canadiense (Canadian Sphagnum Peat Moss Association) también ha publicado características de algunos tipos de turba, indicados a continuación.

Cuadro N°2.6. Características de algunos tipos de turba

Tipo de Turba	% N	% Absorción Hídrica	% Cenizas	pH	Densidad (lbs./pie ³)
Sphagnum	0,6-1,4	1500-3000	1,0-5,0	3,0-4,0	4,5-7,0
Hypnum	2,0-3,5	1200-1800	4,0-10,0	5,0-7,0	5,0-10,0
Carex (ácida)	1,5-3,0	500-1200	5,0-15,0	4,0-5,0	10,0-15,0
Carex (básica)	2,0-3,5	400-1200	5,0-18,0	5,1-7,5	10,0-18,0
Descompuesta	2,0-3,5	150-500	10,0-50,0	5,0-7,5	10,0-40,0

Fuente: Canadian Sphagnum Peat Moss Association, 2002.

Como se ha explicado, las características más relevantes de la turba (desde el punto de vista de sustrato orgánico para plantas) es su alta porosidad, capacidad de retención de agua, pH ácido (~3-4), baja conductividad eléctrica, bajo contenido de cloruros y la seguridad de estar exenta de radioactividad. Estas dos últimas características son relevantes para evitar la fitotoxicidad en el producto (Sernageomin, 2008).

A nivel industrial, también puede ser clasificada en base a sus remanentes de vegetación, como: i) turba de *Sphagnum*, ii) turba de *Carex*, iii) turba de bosque; y/o en base a su color, como: i) turbas rubias (turba de *Sphagnum*), ii) marrones y iii) negras (*gyttja* – barro orgánico lacustre- y *Sphagnum* parcialmente destruido), lo cual facilita la diferenciación en los distintos estratos de un sistema extractivo (Sernageomin, 2008).

En resumen, la turba presenta las siguientes características físico-químicas (Roig y Roig, 2004):

- Baja densidad aparente (0,078 gr/cc), densidad calculada considerando el volumen total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso),
- Alta porosidad total (94,98%),
- Alta capacidad de retención de agua (664,04 ml agua/l sustrato)
- Alto contenido en aire (40,21%)
- Agua fácilmente disponible (26,19%)
- Agua de reserva (4,72%)
- Humedad (55,6 %)
- Materia orgánica total (95,7%)
- Acidez variable (generalmente pH 2,5-3,8)
- Conductividad eléctrica baja, 0,1 dS/cm.
- Bajo contenido de cloruros (0,05 mg/l)
- Exenta de radioactividad

2.4 FUNCIONES TRASMISORAS “CARRIER”

Las funciones trasmisoras de las turberas se refieren a las funciones que proporcionan espacio adecuado para alguna actividad particular. Dado que las turberas ocupan extensas cuencas, soportan grandes reservas de agua cuyo destino puede ser:

- Generación de energía hidroeléctrica
- Ecoturismo
- Lagunas para la piscicultura. Existen algunas especies de peces que se adaptan a las condiciones de acidez, principalmente en Asia, Bielorusia y Polonia.
- Desarrollo urbano, industrial e infraestructura. Ciudades como Amsterdam han sido construidas sobre turberas. En algunas turberas

de USA, Irlanda y Reino Unido se han establecido parques eólicos para generación de energía o energía hidroeléctrica.

- En sectores en los que las turberas se encuentran cercanos a espacios urbanos, turberas degradadas son utilizadas como depósitos de desechos.
- En algunos países han sido utilizadas como campos de entrenamiento militar, prisiones (Joosten y Clarke, 2002; Parish et al, 2007).

2.5 FUNCIONES DE INFORMACIÓN

2.5.1 Contribución de las turberas a la biodiversidad

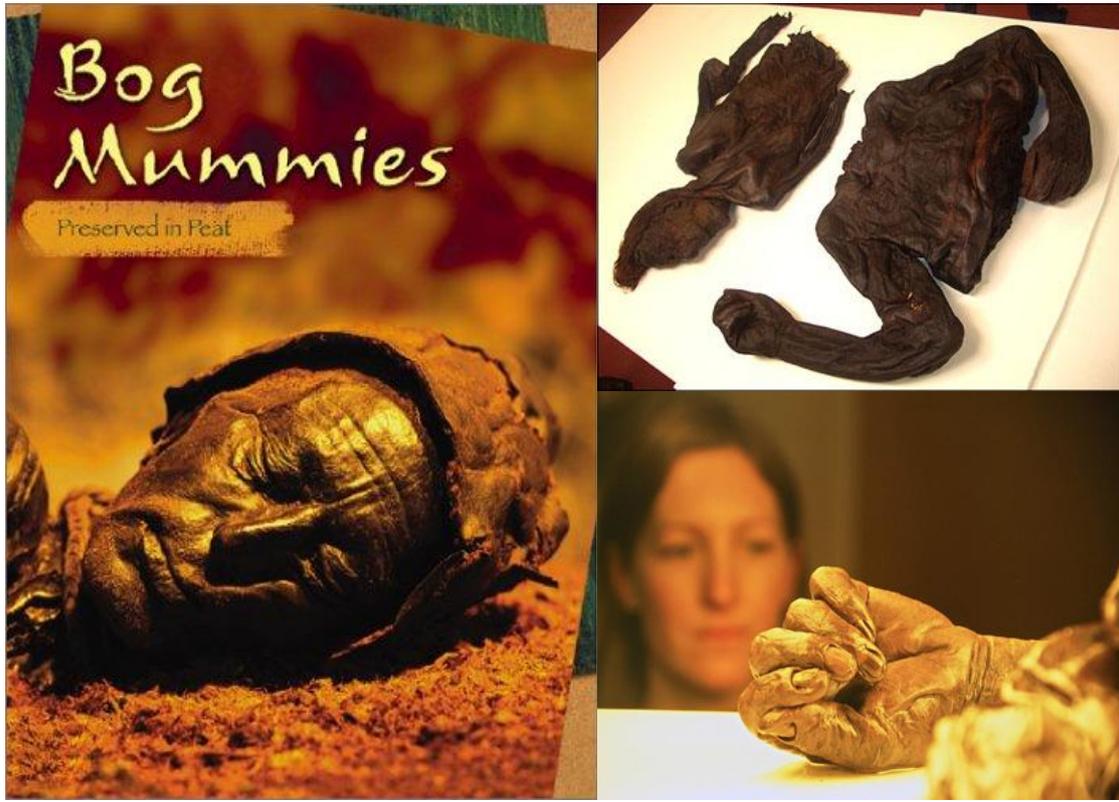
Dada la variedad de tipos de turberas existentes a nivel mundial, ellas ofrecen una enorme contribución a la biodiversidad de zonas templadas, boreales y subárticas en ambos hemisferios, a nivel ecosistémico. Si bien presentan baja diversidad a nivel de especies, aportan de manera importante a la riqueza genética pues contienen organismos especializados, adaptados a las singulares condiciones ecosistémicas. Existen en las turberas variadas especies clasificadas como raras, amenazadas y/o endémicas. Las turberas son también áreas de refugio, soportando especies relicticas (Parish et al, 2007). Este tema será profundizado en el capítulo 2.7.

2.5.2 Las turberas y sus registros históricos, culturales y ambientales

Las turberas resultan ser ecosistemas únicos, muy valiosos para la educación ambiental y la investigación. Ellas registran importantes archivos históricos culturales y ambientales, que datan incluso de más de 10.000 años atrás, favoreciendo la capacidad de entendimiento de pueblos, culturas, economía y clima de la prehistoria. Las turberas han dado origen a grandes hallazgos arqueológicos, tales como restos humanos e incluso cuerpos que han sido hallados bien conservados, ropa, comida, herramientas, restos de polen y esporas, plantas microfósiles, artefactos arqueológicos y diversos utensilios en el Norte de Europa. Conocido es el hombre de Granballe, el hombre de Tollund y la mujer de Koelbjerg (ver Fotografía N°2.6). En varias turberas han sido encontrados muchos fósiles y objetos, sobre todo de la Edad del Bronce, lo que hace suponer que las turberas eran usadas como depósitos rituales (Feehan et al, 2008; IPCC, 2002).

Dada su estructura físico-química y sus lentas tasas de descomposición, las turberas son capaces de preservar en la profundidad de la turba acumulada todo resto vivo. Las turberas situadas en altas latitudes se han convertido en un almacén biológico del pasado gracias a su extrema acidez, su humedad, baja temperatura y ausencia de oxígeno. Los granos de polen conservados en éstas han proporcionado las claves para el conocimiento de la vegetación y el clima del pasado. La excelente preservación de materiales en la turba permite aplicar variadas técnicas biológicas, físicas y geoquímicas para reconstruir las condiciones ambientales del pasado, entre ellas indicadores de polen y esporas, macro y micro fósiles, presencia de metales pesados, grado de humificación de la turba, isótopos estables de carbono, oxígeno e hidrógeno, biomarcadores (Parish et al, 2007; IPCC, 2002).

Fotografía N° 2.6. Momias encontradas en turberas de Irlanda, Museo de Dublin.



Fuente: Museo Nacional de Irlanda, 2009; IPCC, 2002.

2.5.3 Las turberas y los valores espirituales, culturales, artísticos y estéticos

Para las poblaciones que se han desarrollado en torno a las turberas, ellas forman parte de sus tradiciones y recuerdos ancestrales, proporcionándoles significativos valores espirituales, culturales, artísticos y estéticos. Esto se ha reflejado en el folclor, literatura, pintura y otros artes (Joosten y Clarke, 2002).

2.5.4 Las turberas en el ecoturismo y recreación

Todo lo anteriormente señalado permite que exista un interés en destinar las turberas a la recreación y el ecoturismo cultural, a pesar de su inaccesibilidad, en varios casos. En muchos países las turberas forman parte de las áreas silvestres protegidas, constituyendo incluso Reservas de la Biósfera y Parques Nacionales.

2.6 LAS TURBERAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

2.6.1 Efectos del clima en las turberas

El clima es el más importante controlador de la distribución de la superficie de turberas a nivel mundial. La fuerte relación existente entre el clima y la distribución de las turberas sugiere que cualquier cambio climático futuro afectará fuertemente la distribución de las turberas. La forma y función de una turbera depende fuertemente del régimen climático en el que se encuentra. Así, el clima determina la ubicación, tipología y biodiversidad de las turberas (Parish et al, 2007).

La Tierra ha experimentado una serie de cambios climáticos en el pasado, en consecuencia, la distribución de las turberas ha variado en relación a tales cambios. La mayor cantidad de turberas se han desarrollado durante el período postglacial actual, aumentando su extensión en los últimos 15.000 años.

Las turberas naturales han desarrollado diversos mecanismos que le permiten resistir cambios hidrológicos debido a alteraciones climáticas, por lo tanto son resilientes, es decir, son capaces de adaptarse a este tipo de perturbaciones, sin embargo, eventos extremos pueden llevar a las turberas a sobrepasar su umbral de adaptación. Durante períodos de sequía, las turberas reducen al mínimo su evaporación mediante la formación de una capa de vegetación superficial seca. Cambios en el contenido de humedad ambiental provocan la “respiración” de la turbera, donde su superficie se eleva o contrae dependiendo de la cantidad de agua disponible, ayudando así a la mantención de un nivel freático alto en períodos secos (Parish et al, 2007). Al respecto, el cambio climático amenaza las reservas de carbono presentes en las turberas, sobre todo en aquellas prístinas. Períodos prolongados de sequía llevan a la oxidación de la especie principal de las turberas, generalmente *Sphagnum*, aumentando el riesgo de combustión, sobre todo en las turberas tropicales. El cambio climático también está provocando efectos evidentes como el derretimiento de la capa superficial de hielo (permafrost), alteración de la vegetación asociada y desertificación en el caso de turberas de estepa (Strack 2008).

Por otra parte, las turberas, en su constante formación y acumulación de turba durante la historia de la Tierra, han acopiado un registro único de información sobre su propio desarrollo, historia climática y vegetacional, además de constituir una importante reserva de carbono por cientos de millones de años. Todas estas evidencias permiten reconstruir el pasado climático planetario y contribuyen y favorecen la investigación y predicción del clima futuro (Strack 2008).

2.6.2 Efectos de las turberas en el cambio climático

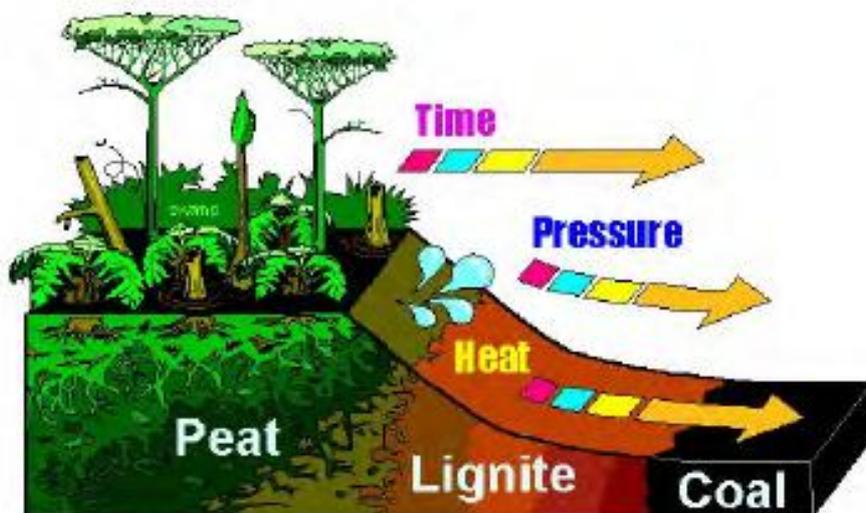
Las turberas han jugado y juegan actualmente un rol clave en el cambio climático, influyendo significativamente en el balance de los gases efecto invernadero (GEI) atmosféricos: actúan como secuestradoras de dióxido de carbono y emisoras de metano. Desde la formación de las turberas, ambos procesos han influenciado el cambio climático a través de la historia del planeta. El almacenamiento de dióxido de carbono en la turba mediante la lenta descomposición de la biomasa, provoca un efecto de enfriamiento climático, el cual supera ampliamente al efecto contrario de calentamiento provocado por las emisiones de metano de las turberas (Strack, 2008).

2.6.2.1 Secuestro de carbono y otros gases efecto invernadero en las turberas

Las turberas actuales se originaron a partir de la última post glaciación y datan desde comienzos del Holoceno, acumulando materia orgánica desde ese período. Desde allí se ha venido secuestrando turba en sus depósitos de manera continua. Algunos científicos consideran este secuestro de carbono en las turberas como la mayor causa de disminución en la concentración de CO₂ atmosférico (Franzen et al 1996, Yu et al 2003, Rodhe y Malmer 1997, todos citados por Parish et al, 2007). Todo esto, ocurrido desde su formación, ha sido responsable en parte del balance de gases efecto invernadero del planeta desde hace miles de años (Strack, 2008).

La mayoría de los combustibles fósiles (carbón, lignito, aceites minerales y gas natural) se originaron a partir de los depósitos de turba de eras geológicas previas. Gran parte del carbón fue acumulado durante el período del Carbonífero (360 millones de años atrás) en ambientes análogos a las actuales turberas. Así, la turba es renovada a escala geológica, no humana, al igual que el lignito y el carbón. Actualmente, parte de la turba acumulada en el planeta, se está transformando en lignito y cambiará a carbón nuevo en el futuro. Esto se indica en la siguiente figura, la que representa el resultado del ciclo del carbono a escala geológica. Esta "renovabilidad" es irrelevante a escala humana. Por lo tanto, la lenta tasa de acumulación de la turba implicaría que debe ser tratada como un recurso no renovable (Parish et al, 2007).

Figura N° 2.2. Evolución de la turba (carbono orgánico) a carbón mineral.



Fuente: KGS, 2006

- **Dióxido de carbono**

El carbono acumulado en las turberas puede subdividirse en tres componentes:

- Carbono almacenado en la biomasa
- Carbono almacenado en la litera
- Carbono almacenado en la turba.

En comparación con otros ecosistemas, las turberas poseen un sumidero de carbono adicional: la capa de turba acumulada en profundidad. Dicha capa de turba consiste en materia orgánica descompuesta con un contenido de carbono superior al 50% (Parish et al, 2007). En la mayoría de los ecosistemas el ciclo de carbono es completo: en condiciones de madurez se equiparan la productividad de biomasa y su descomposición (como en los bosques, salvo ciertas selvas tropicales que producen turba). En las turberas es incompleto por la baja descomposición en el medio saturado anaeróbico, resultando acumulación de materia orgánica en cada ciclo anual y así un balance positivo de carbono (Iturraspe, 2010).

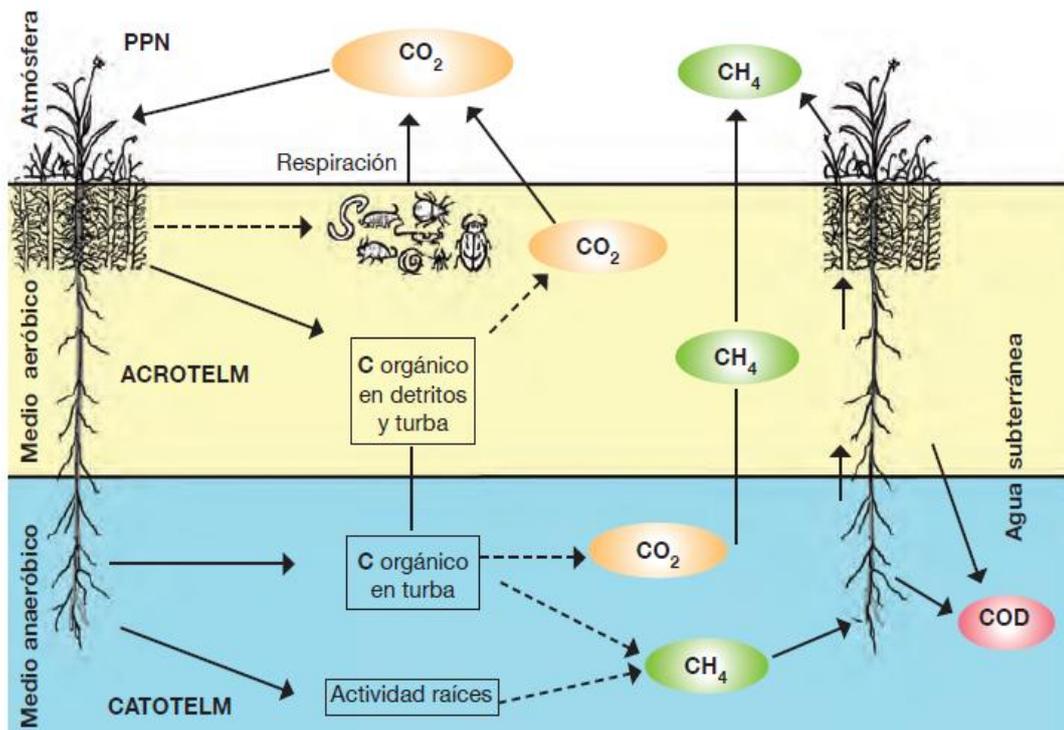
Para que exista acumulación continua de turba en el ecosistema de turbera, se requiere que exista saturación de agua en superficie permanente (alto nivel freático) y la consecuente limitada descomposición aeróbica. La acumulación de turba depende del balance entre la producción primaria de biomasa (fotosíntesis) y su descomposición. Esto ocurre sólo en las turberas activas, en ellas las tasas de secuestro de carbono son significativamente mayores que las pérdidas totales de carbono, por tanto el stock de carbono acumulado continúa incrementándose. Sin embargo, el almacenamiento de carbono disminuye a medida que aumenta el grado de perturbación de la turbera (Parish et al 2007). El factor que determina el incremento en la emisión de carbono en las turberas o su potencial como fuente/sumidero es la

profundidad del agua, mientras la turba queda más expuesta al oxígeno, mayor descomposición aeróbica ocurre.

La Figura N° 2.3 representa el ciclo del carbono en una turbera, el cual se inicia con la captación de CO₂ atmosférico por musgos y plantas hidrófilas que sintetizan materia orgánica. Las fibras muertas son cubiertas cada año por nuevas plantas, y en un lento proceso se transforman en turba. Parte del carbono asimilado vuelve a la atmósfera como metano (CH₄), gas de efecto invernadero producido por bacterias del medio anaeróbico. La elevación de la temperatura y del nivel freático, y la presencia de lagunas incrementan la emisión de metano.

Las turberas entregan al medio acuático adyacente Carbono Orgánico Disuelto (COD), cuya pigmentación altera el color del agua; por ello los drenes y ríos presentes en las turberas presentan coloración marrón. En turberas templadas de Europa el flujo de COD fluctúa entre 1 y 50 g/m²/año (Iturraspe, 2010).

Figura N° 2.3. Ciclo de Carbono en una turbera con fases aeróbica y anaeróbica.



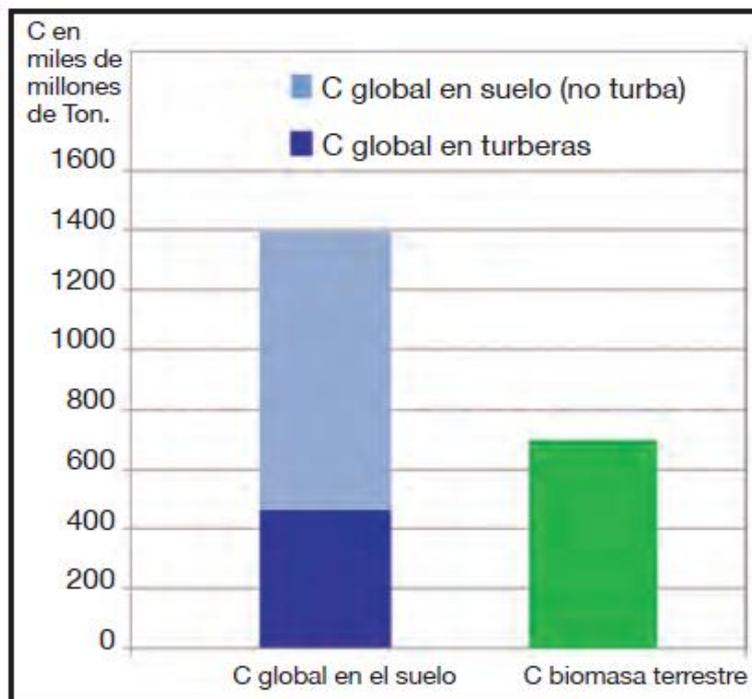
En el estrato aeróbico es más activa la descomposición y liberación de CO₂ (acrotelmo). El excedente del balance de carbono en el acrotelmo pasa a formar luego de muchos años parte superior del catotelmo. Los símbolos circulares representan fases gaseosas, las flechas punteadas representan procesos bacterianos.

PPN: Producción Primaria Neta.

COD: Carbono Orgánico Disuelto transferido al flujo subterráneo.

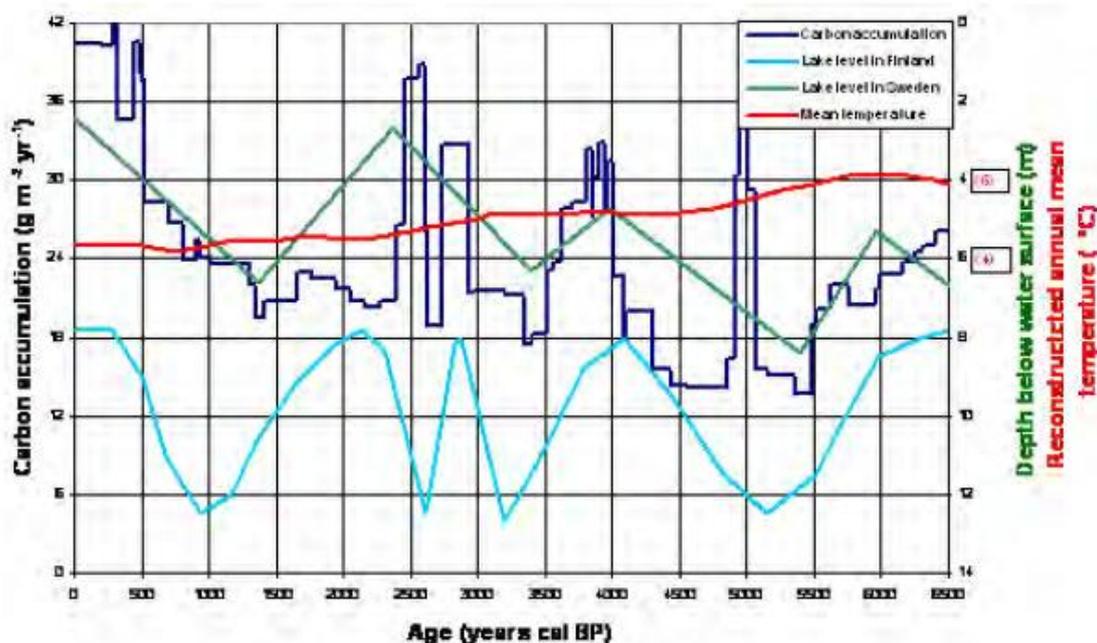
Fuente: Iturraspe, 2010.

Gráfico N° 2.1. Carbono contenido en las turberas del mundo comparado con otros reservorios terrestres.



Fuente: Iturraspe, 2010

Gráfico N° 2.2. Tasa promedio de acumulación de carbono en turberas ombrotáficas en Finlandia y Suecia.



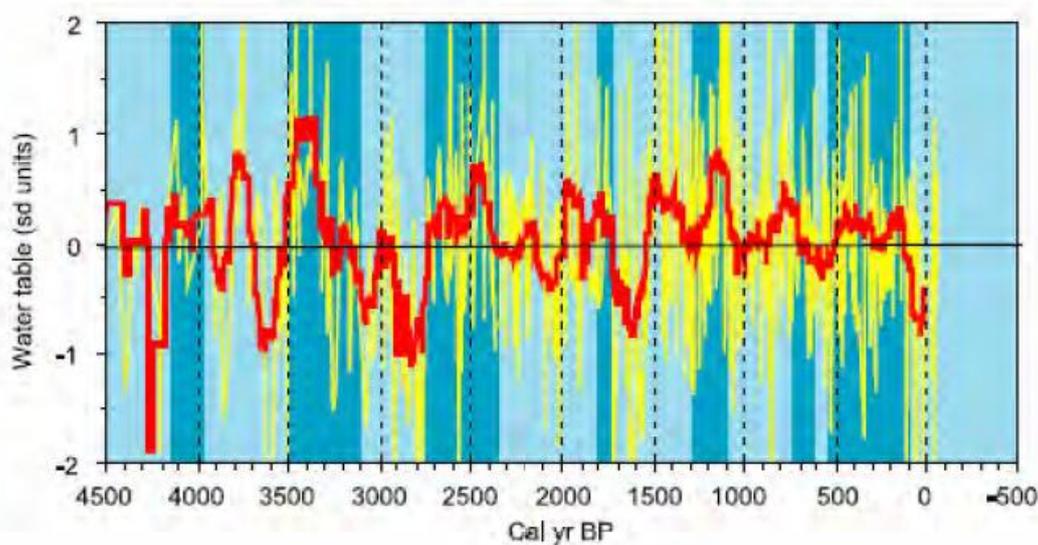
Fuente: Heikilla y Seppa, 2003, citados por Strack, 2008

Cuadro N° 2.7. Valores de acumulación anual de carbono por unidad de superficie en turberas del Hemisferio Norte.

Región	Tasa reciente de acumulación de C (g/m ² /año)	Tasa aparente a largo plazo de acumulación de C (g/m ² /año)	Fuente
Boreales y subárticas	21	No evaluada	Clymo 1998
Boreales y subárticas	No evaluada	10 a 300	Joosten 2002
Finlandia	26,1 (Rango: 3 a 87)	No evaluada	Tolonen 1996
Este de Canadá	19 ± 8	73 ± 17	Turunen 2004

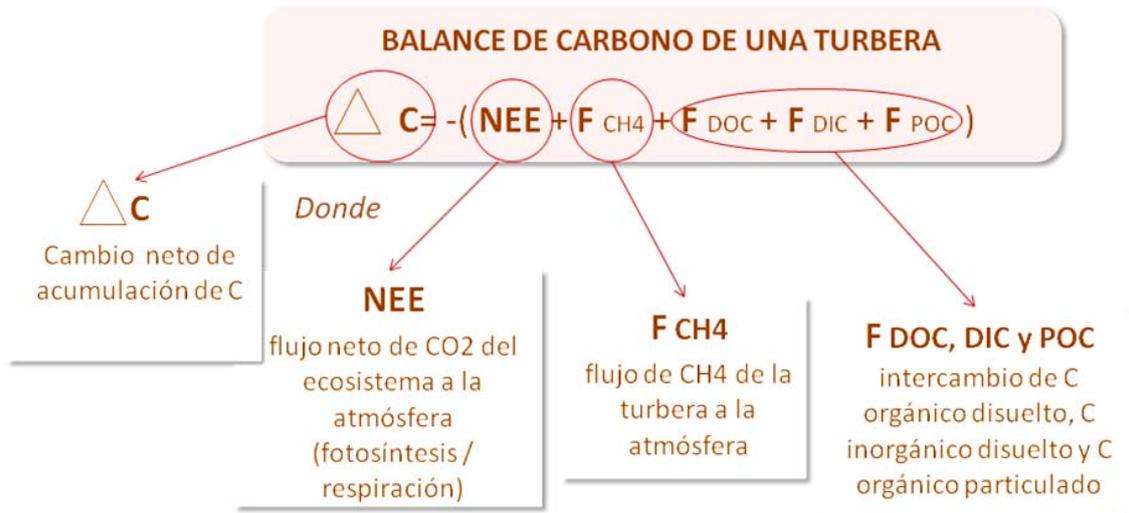
Fuente: Iturraspe, 2010

Gráfico N° 2.3 Cambios en el nivel de agua de la superficie de turberas 4500 años BP.



Fuente: Strack, 2008

Las turberas cumplen un rol fundamental y complejo en el ciclo global del carbono. El balance de carbono en una turbera se representa por la fórmula:



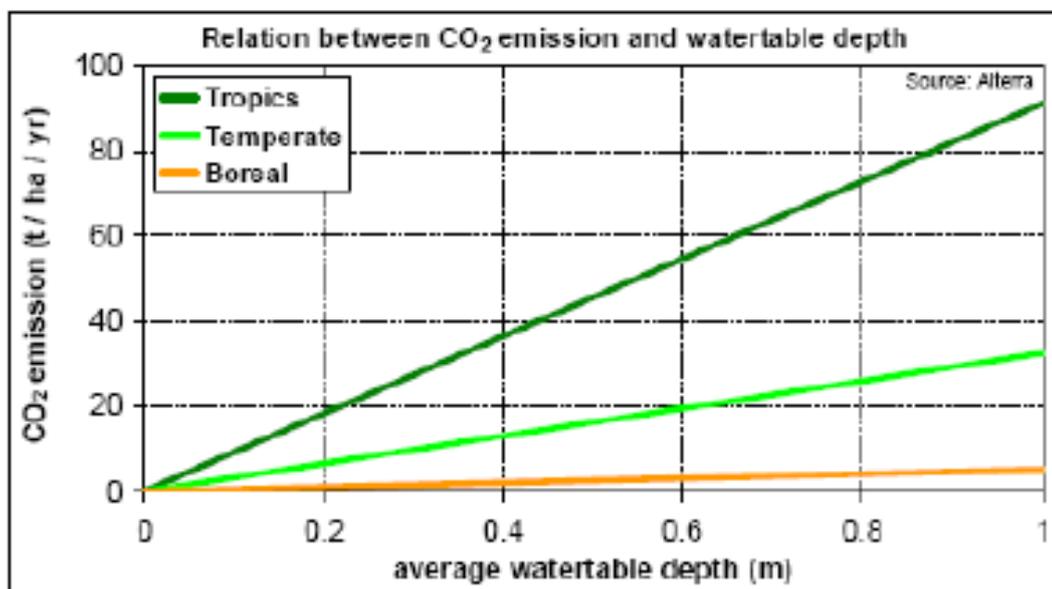
Fuente: adaptado de Strack, 2008

En la fórmula anterior, **NEE** corresponde al flujo neto de CO₂ que proviene de la diferencia entre el dióxido de carbono CO₂ fijado por las plantas a través de la **fotosíntesis** y distribuido en la biomasa de la planta y el CO₂ emitido durante los procesos de **respiración autótrofa y heterótrofa**. La respiración autótrofa de las plantas es regulada por la fotosíntesis y la temperatura, mientras que la respiración heterótrofa proviene de la descomposición de la materia orgánica de la comunidad vegetal y de las capas de turba, realizada por bacterias y hongos y controlada por la temperatura del suelo. En consecuencia, el flujo neto de CO₂ depende directamente de la cantidad y tipo de comunidad vegetal existente en una turbera. La productividad de la comunidad vegetal a su vez está definida por el estado nutricional e hidrológico del ecosistema (Strack, 2008; Parish et al, 2007).

Respecto a la respiración, es necesario mencionar que las tasas de descomposición de la materia orgánica son más rápidas bajo condiciones aeróbicas que anaeróbicas. Así, un nivel freático superficial mantiene una baja tasa de descomposición pues existe saturación de agua, mientras que un descenso del nivel freático aumenta la tasa de descomposición (Strack, 2008).

Según Wetland International (2010), los suelos de turba son inmensos almacenes de carbono, que guardan cerca de 550×10^9 toneladas de carbono, una cantidad similar al disponible en las reservas de carbón de origen fósil (585×10^9 toneladas), y dos veces el almacenado en la biomasa forestal global. En el caso de las turberas de Tierra del Fuego, Iturraspe (2010) señala que ellas han acumulado 80 g/ha/año de CO₂.

Gráfico N° 2.4. Emisión de CO₂ en función de la profundidad del nivel freático y el clima.



Fuente: Strack, 2008

Cuando los suelos de turba normalmente húmedos entran en contacto con el aire comienzan a oxidarse y descomponerse, liberando dióxido de carbono. Los factores claves detrás de la pérdida de turberas son el drenaje para agricultura o silvicultura, la extracción de turba para combustible o uso en horticultura, y los incendios luego del drenado. El drenaje acelera la descomposición de la materia orgánica por aireación de estratos naturalmente carentes de bacterias aeróbicas. Luego el proceso se acelera por invasión de arbustivas que desarrollan sus raíces y favorecen el ingreso de oxígeno y agua de percolación a niveles inferiores. Lentamente el humedal se degrada y se transforma en otro tipo de ecosistema. Una grave consecuencia del drenaje extensivo es la subsidencia: el descenso del terreno por la descomposición de la turba y la expulsión del agua contenida (Iturraspe, 2010).

Las turberas representan un “banco” de carbono sobre el cual existen suficientes datos y para el cual hay metodologías, técnicas y tecnología disponibles para su medición, tanto en países desarrollados como en aquellos en desarrollo. Datos satelitales, en combinación con investigación de campo sobre la profundidad de drenajes pueden ser utilizados para monitorear tendencias de emisiones. Las emisiones de CO₂ por drenaje se pueden medir con precisión debido a que hay una relación casi lineal entre éstas y la profundidad de drenaje, en diferentes zonas climáticas. Asimismo, se pueden establecer líneas base utilizando observaciones pasadas y presentes in-situ (Wetland International, 2010).

- **Metano**

El flujo de metano (CH_4) a la atmósfera desde las turberas se debe a la producción de este gas en la zona saturada de agua de la turba mediante una lenta descomposición anaeróbica de la materia orgánica por acción de bacterias metanogénicas. Es transportado a la atmósfera por difusión, ebullición o por movimientos dentro del tejido aerenquimatoso de las plantas. Varios autores, entre ellos Roulet (1992) y Bubier (1995), citados por Strack (2008), y Parish et al, 2007, señalan que las emisiones de metano están relacionadas con la profundidad del nivel freático y la temperatura de la turba. La producción de metano se realiza en condiciones anóxicas, es decir bajo el nivel de agua. Si este desciende, se reduce su producción. En el caso de la temperatura, mientras mayor sea ésta, mayor será la producción de metano (Parish et al, 2008).

- **Óxido nitroso**

Las emisiones de óxido nitroso (N_2O) en turberas prístinas son mínimas, dada la limitada concentración de nitratos. Sin embargo estas son relevantes en turberas intervenidas, sobre todo las turberas utilizadas para la agricultura (Parish et al, 2008; Strack, 2008).

2.6.2.2 Mitigación o aceleración del Cambio Climático

En conclusión, las turberas inciden en el balance global de tres tipos de gases efecto invernadero, ya que en su estado natural retienen CO_2 y liberan metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). El intercambio de estos gases (CO_2 , CH_4 y N_2O) actual en turberas a nivel mundial presenta gran **variabilidad espacial** relacionada con diferencias regionales y locales de su ecología, hidrología, clima y manejo. El efecto negativo de las emisiones de CH_4 y N_2O es de menor importancia que el efecto positivo resultante del secuestro de CO_2 (Iturraspe, 2010). En turberas intervenidas, es decir drenadas, las emisiones de metano disminuyen, pero por el contrario, las emisiones de dióxido de carbono y óxido nitroso se ven muy favorecidas. Por lo tanto, actualmente algunas turberas están aportando al calentamiento global, debido a sus emisiones, mientras que otras aportan al enfriamiento global, constituyendo sumideros. El secuestro de carbono es regular y a largo plazo, pero la actividad humana sobre las turberas puede generar emisiones de intensidad ilimitada (Parish et al, 2007; Joosten y Clarke 2002; Strack, 2008).

Al respecto, varios autores proponen algunas medidas claves para enfrentar el manejo de las turberas en relación al cambio climático:

- Mejorar los inventarios globales de turberas.
- Profundizar el estudio de las interacciones entre el clima, la hidrología, la ecología, fuego y balances de gases efecto invernadero (GEI).
- En términos del manejo de GEI, el mantenimiento de grandes almacenes de carbono turberas inalteradas debería ser una prioridad.
- El manejo de turberas debe orientarse hacia la maximización de la captura de carbono y la reducción del flujo de gases activos.
- Es fundamental la aplicación de estrategias de manejo de turberas orientadas a prevenir su degradación. Últimamente la comunidad científica internacional ha declarado la urgente necesidad de aplicar el uso racional de turberas (wise use) (Parish et al, 2007; Joosten y Clarke 202; Strack, 2008).

2.7 LAS TURBERAS Y LA BIODIVERSIDAD

La continua acumulación de turba, el especial régimen de temperaturas, el alto nivel freático, la consecuente escasez de oxígeno en la capa radical de las turberas y las condiciones de acidez y escasez de nutrientes les exige a las plantas en este tipo de ecosistema adaptar su fisiología, anatomía, morfología, ciclo de vida y comportamiento. Muchas plantas propias de las turberas poseen tejidos de tipo aerenquimatoso, los que constan de un parénquima con grandes espacios intercelulares llenos de aire, esto les facilita el intercambio gaseoso (Parish et al, 2007; Quinty y Rochefort, 2003).

En las turberas, las especies dependen muy fuertemente unas de otras en términos de alimento, mecanismos de reproducción y refugio. Estas conexiones frecuentemente juegan un rol clave en la sobrevivencia, pues la pérdida de una especie puede acarrear la pérdida de sus especies dependientes.

Debido a las particulares y severas condiciones y a las necesarias adaptaciones, las turberas hospedan un limitado número de individuos altamente especializados. Dado lo anterior, la diversidad a nivel de especies es baja. Sin embargo, la diversidad intraespecífica, es decir genética, es muy alta, producto de las adaptaciones a las complejas y extremas condiciones (Parish et al, 2007).

En cuanto a la biodiversidad ecosistémica, las turberas son ecosistemas altamente aislados, en ellos se han desarrollado sofisticados métodos de autorregulación, originando ecosistemas.

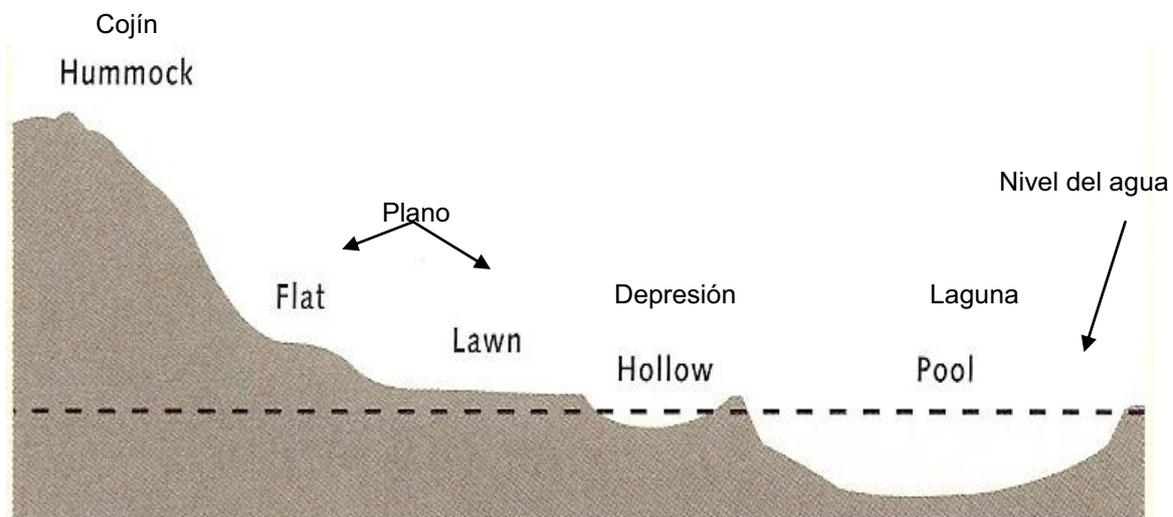
Los singulares atributos de las turberas demandan un enfoque especial en lo que respecta a su biodiversidad. Las estrategias de conservación de la biodiversidad y planificación del uso de la tierra deben considerar a las turberas de manera específica y separada (Parish et al, 2007).

En lo que respecta a la biodiversidad taxonómica de las turberas, sólo algunas especies son capaces de soportar y adaptarse a las severas condiciones mencionadas anteriormente. Entre ellas, la comunidad vegetal principal que coloniza y domina tales ecosistemas está compuesta por los musgos del género **Sphagnum** (Quinty y Rochefort, 2003). Según Parish et al (2007), en las turberas es posible encontrar organismos tales como bacterias nitrificantes, bacterias aeróbicas y anaeróbicas, protozoos (flagelados, ameboides, ciliados), hongos (gran variedad), Protista (Diatomea, Euglenophyta, Chlorophyta, Desmidiales), líquenes, briófitas, principalmente del género Sphagnum, hepáticas, plantas vasculares, invertebrados y vertebrados. Desde el punto de vista de la biodiversidad, el grupo más importante está constituido por las briófitas.

En una turbera es posible distinguir diferentes comunidades vegetales que forman un hábitat particular a nivel microtopográfico. Ellos pueden dividirse en dos grupos basados en su posición relativa al nivel del agua:

- El primer grupo lo constituyen plantas que ocupan sectores planos y con depresiones en las que el agua está muy cerca de la superficie. Estos hábitats se han denominado “lawns” en el caso de los **planos**, “hollows” en el caso de las **depresiones** y “pools” si son **lagunas** (ver figura 2.4 y fotografía 2.7). Las comunidades vegetales que habitan en este grupo están compuestas por algunas especies del género *Sphagnum* tales como *Sphagnum cuspidatum*, *Sphagnum recurvum*, *Sphagnum fallax* y *Sphagnum angustifolium*. Estas especies no necesitan retener agua en su metabolismo. Conviven en este grupo juncos y gramíneas. En las lagunas habitan plantas acuáticas como *Sphagnum cuspidatum*, *Cladopodiella fluitans*, *Eriophorum*. En los planos es común encontrar *Sphagnum magellanicum*.
- El segundo grupo lo constituyen plantas que forman cojines o montículos, llamados “hummocks” (ver figura 2.4 y fotografía 2.7). Estos hábitats presentan condiciones más secas que los anteriores y son altos, llegando a medir entre 40 y 80 cm. Las especies de *Sphagnum* que colonizan este grupo son altamente eficientes en la retención de agua. Entre ellas las más comunes pertenecen al grupo *Acutifolia* (*Sphagnum fuscum*, *Sphagnum rubellum*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum capillifolium*, *S. imbricatum*). Otras especies presentes en estas comunidades son *Polytrichum spp.*, líquenes, *Hypnum jutlandicum*, *Leucobryum glaucum*, *Calluna vulgaris* (Quinty y Rochefort, 2003).

Figura N° 2.4. División microtopográfica de una turbera según su gradiente hidrológico



Fuente: Kelly and Schouten, 2002.

Fotografía N° 2.7. Sucesión de cojines (hummocks), planos (lawns), depresiones (hollows) y lagunas (pools) en la turbera Mainar, Magallanes.



Fuente: Vaccarezza, 2010.

A continuación se presenta una clasificación de la biodiversidad de las turberas en Chile, elaborada por Díaz et al (2008):

Cuadro N° 2.8. Listado de especies encontradas en turberas de Chile

Líquenes	Briofitas	Vasculares
<i>Cladonia gracilis</i> <i>Cladonia rangiferina</i> <i>Cladonia squamosa</i> <i>Cladonia tessellata</i> <i>Heterodermia leucomelos</i> <i>Hypogymnia subphysodes</i> <i>Usnea cf. comosa</i> <i>Usnea sp.</i>	<i>Bazzania sp.</i> <i>Breutelia dumosa</i> <i>Cryptochila grandiflora</i> <i>Dicranoloma billardieri</i> <i>Dicranoloma imponens</i> <i>Frullania sp.</i> <i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>mossmanianum</i> <i>Lepicolea sp.</i> <i>Polytrichastrum longisetum</i> . <i>Polytrichastrum longisetum</i> <i>Ptychomnion cygnisetum</i> <i>Ptychomnion densifolium</i> <i>Riccardia prehensilis</i> <i>Riccardia sp.</i> <i>Sphagnum cf. recurvum</i> <i>Sphagnum falcatulum</i> <i>Sphagnum magellanicum</i> <i>Telaranea sp.</i> <i>Tetraplodon mnioides</i> <i>Ulota cf. Germana</i>	<i>Anthoxanthum redolens</i> <i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Apodasmia chilensis</i> <i>Aster vahlilii</i> <i>Baccharis patagonica</i> <i>Blechnum chilense</i> <i>Blechnum magellanicum</i> <i>Blechnum penna-marina</i> <i>Campsidium valdivianum</i> <i>Campylopus acuminatus</i> <i>Campylopus introflexus</i> <i>Carex magellanica</i> <i>Carex microglochii</i> <i>Carex sp.</i> <i>Centella asiatica</i> <i>Drosera uniflora</i> <i>Eleocharis sp.</i> <i>Empetrum rubrum</i> <i>Eucryphia cordifolia</i> <i>Gaultheria antarctica</i> <i>Gaultheria pumila</i> <i>Gaultheria mucronata</i> <i>Gleichenia cryptocarpa</i> <i>Gunnera magellanica</i> <i>Hymenophyllum dentatum</i> <i>Hypochaeris radicata</i> <i>Juncus leersii</i> Marsson <i>Juncus llanquihuensis</i> Barros <i>Juncus planifolius</i> <i>Juncus procerus</i> <i>Juncus stipulatus</i> <i>Lotus uliginosus</i> <i>Marsippospermum grandiflorum</i> <i>Myrteola nummularia</i> <i>Nertera granadensis</i> <i>Nothofagus antarctica</i> <i>Oreobolus obtusangulus</i> <i>Philesia magellanica</i> <i>Pilgerodendron uviferum</i> <i>Pinguicula antártica</i> <i>Schizaea fistulosa</i> <i>Serpyllopsis caespitosa</i> <i>Tepualia stipularis</i> <i>Tetroncium magellanicum</i> <i>Ugni molinae</i> <i>Uncinia brevicaulis</i>

Fuente: Díaz et al, 2008

Fotografía N° 2.8. Musgos del género *Sphagnum* presentes en Chile



Sphagnum falcatulum



Sphagnum recurvum



Sphagnum subsecundum



Sphagnum capillifolium



Sphagnum fimbriatum



Sphagnum magellanicum

Fuente: Larrain, 2008

2.8 IMPACTO DEL SER HUMANO SOBRE LAS TURBERAS

Las turberas y el ser humano han estado conectados por una larga historia de desarrollo cultural. Desde la prehistoria, cazadores, recolectores y agricultores tradicionales explotaron las turberas para cosecha, caza, pesca, forraje, combustible y otros productos. Cuerpos, herramientas, armas y otros artículos arqueológicos han sido encontrados en las profundidades de las turberas en abundancia y testifican la íntima relación entre el hombre y las turberas, desde el Holoceno. Antiguas culturas ligadas a estos ecosistemas las respetaban, veneraban e incluso las vinculaban a rituales (Parish et al, 2007).

Mientras que en el pasado la relación entre el ser humano y las turberas se mantuvo en equilibrio y mutuo enriquecimiento, el reciente desarrollo e intervención humana en las turberas está aumentando de manera negativa, resultando en su degradación y/o aniquilación, por drenaje y extracción de turba, deforestación, fuego y contaminación (Parish et al, 2007).

El drenaje y extracción de turba tiene importantes incidencias ambientales que repercuten tanto en el ecosistema como en el entorno de las turberas. Las turberas en la actualidad son ecosistemas amenazados y se han perdido o alterado como consecuencia de diversas actividades humanas. En la creación de una base de datos

mundial sobre humedales, y según el informe “Examen global de los recursos de los humedales y prioridades de los inventarios de humedales”, las turberas se definen como un tipo de humedal prioritario (Resolución 7.20 de Ramsar) y se señala, en particular, que se encuentran amenazadas directa e indirectamente, por amenazas dentro y fuera de su zona, a pesar de su importancia como sumidero de carbono y como recurso económico (Ramsar, 2004). Tales amenazas incluyen:

- a) amenazas directas como el drenaje destinado a habilitar tierras para agricultura y forestación (conversión de tierras), principalmente en Europa, Asia y Norteamérica, las excavaciones, las quemas, el exceso de pastoreo, el abandono de la agricultura, la presión de los visitantes y la explotación comercial no sostenible; y
- b) amenazas indirectas, incluyendo la contaminación, una extracción excesiva de agua, la reducción de la extensión y calidad de las zonas de amortiguación y el cambio climático (Ramsar, 2004).

El uso de las turberas para fines agrícolas y forestales, y la extracción de turba para el empleo de combustible y horticultura son las causas principales de perturbación de las turberas. El drenaje afecta las funciones de regulación hídrica, afectando a toda la cuenca circundante. Todos estos usos requieren la alteración de la hidrología de la turbera, resultando en la oxidación de la turba, alteración del balance de gases efecto invernadero y la alteración de su biodiversidad (Strack, 2008).

Según Wetlands International Argentina (2010), actualmente las turberas son amenazadas por:

- la conversión de tierras para agricultura
- la quema y el sobre-pastoreo
- la presión del turismo
- la explotación del recurso turba
- la contaminación
- el drenaje y extracción excesiva de agua
- el Cambio Climático

Según Parish et al (2007), la intervención del hombre en las turberas ha destruido cerca del 25% de ellas a nivel mundial. De esta destrucción, un 50% corresponde a uso agrícola, un 30% para forestación, 10% para extracción de turba y el 10% restante desarrollo de infraestructura.

Aproximadamente entre un 14 y 20 % de las turberas en el mundo actualmente es usado para la **agricultura**. De ellas, la gran mayoría son destinadas a praderas y pastos. Para el empleo agrícola, las turberas deben ser drenadas para regular las condiciones de aire y agua en el suelo para lograr las exigencias del cultivo o de los pastos (Strack, 2008).

La pérdida del agua de la parte superior de la turbera (acrotelmo) debido al drenaje, seguido de la oxidación, conduce a la compactación y la subsidencia de la

superficie de la turbera. El drenaje de turba aumenta las emisiones de CO₂ y N₂O, pero disminuye la emisión de CH₄. Las tasas de emisión dependen de la temperatura de la turba, el nivel freático y el contenido humedad. Así, se debe realizar el adecuado manejo del agua para minimizar las emisiones de gases efecto invernadero (Strack, 2008).

La utilización de turberas para la **silvicultura** se concentra en países nórdicos (Noruega, Suecia, y Finlandia) y Rusia, donde más de 10 millones de hectáreas de turberas han sido agotadas por esta razón. Los impactos climáticos del empleo de turberas para la silvicultura son más pequeños que para la agricultura porque la oxidación de la materia orgánica en la turba superficial es mucho menor. La biomasa y la producción primaria aumentan durante el desarrollo del bosque, contribuyendo también a almacenar carbono en el suelo (Strack, 2008).

El principal propósito de la extracción de turba es su uso en **horticultura**, como medio de crecimiento para las plantas. La explotación o cosecha de la turba constituye en la práctica una extracción total del estrato comercialmente interesante que generalmente comprende 1 a 2 metros de espesor, medidos desde la superficie. Por otra parte, previo a las faenas de cosecha, es necesario drenar la turbera. Tales intervenciones generan una alteración intensiva sobre el ecosistema. Alemania y Canadá lideran la producción de turba para estos fines (Green, 2001).

Finlandia, Irlanda, Rusia, Bielorusia y Suecia acumulan más del 90% de la producción mundial de turba para **energía**. El principal GEI liberado como resultado de extracción de turba para energía es CO₂, sin embargo también son emitidos, en menor grado CH₄ y N₂O. En el proceso de extracción de turba, se pierde la función de sumidero de GEI. La extracción de turba para energía y horticultura requiere el drenaje de la turbera para el tránsito de la maquinaria y facilitar la extracción y secado de la turba posterior a la extracción (Strack, 2008).

Sernageomin (2008) señala que el drenaje de estos ecosistemas impacta de manera importante la biodiversidad y eutrofiza las aguas residuales. La Sociedad Internacional de la Turba (The International Peat Society - IPS) junto con el Grupo Internacional de Conservación de las Turberas (Internacional Conservation Group - IMCG) advierten que la liberación de GEI por destrucción de los ecosistemas de turberas (quema, deforestación, degradación del suelo y drenaje), es un factor de impacto en el cambio climático global.

Los sitios donde se ha extraído turba difícilmente vuelven a ser ecosistemas funcionales, debido a que el drenaje y la extracción de turba provocan una caída en el nivel freático, favoreciendo la descomposición de la turba, su contracción y consecuente subsidencia. De este modo, las turberas drenadas y cosechadas inevitablemente se transforman en ecosistemas emisores de CO₂ (Tuittila, 2000, Van Seters y Price, 2001, Parish et al, 2007). La severa alteración de las condiciones hidrológicas y microclimáticas que han ocurrido en turberas cosechadas, dificultan la recolonización de los musgos del género *Sphagnum*.

Rocheffort (2000) sugiere que una de las causas de la falta de regeneración natural de los sitios cosechados, parece ser el hecho de que las esporas naturalmente dispersadas, en los vacíos dejados después de la cosecha de turba, son muy pequeñas o muy pocas para poder regenerar el sitio. Después de la cosecha, se

sugiere la activa reintroducción de plantas como una acción esencial para la restauración. De este modo, la regeneración natural no ocurre satisfactoriamente y es por esto que se han hecho esfuerzos para elaborar planes de restauración de las turberas cosechadas y planes de manejo sustentable en las turberas que están siendo explotadas.

La escasa presencia de *Sphagnum* sobre las turberas cosechadas refleja la pérdida de las funciones naturales de las turberas; estas funciones incluyen la habilidad de los estratos aeróbicos superiores de controlar la escorrentía y las pérdidas por evapotranspiración, además de regular los cambios climáticos por falta o exceso de precipitación (Van Seters y Price, 2001).

Maltby (1991), citado por Tapia, 2008, señala que la conservación de los humedales debe ser abordada en términos de funcionalidad de los ecosistemas, la cual da por resultado un amplio rango de valores incluyendo la recarga y descarga de las aguas subterráneas, interrupción del flujo por inundación, estabilización de sedimentos, calidad del agua.

La intervención de turberas de *Sphagnum*, puede dar origen a corto plazo a un aumento brusco de la escorrentía superficial, una acentuada remoción y erosión de los suelos asociado a una deformación del paisaje, un potencial riesgo de incendios y a una importante disminución en el volumen de agua interceptada y retenida en la cobertura. A largo plazo puede provocar una disminución en la recarga de los acuíferos; alteración de las características químicas del agua, provocando la contaminación de ésta; y a una alteración del microclima de la zona (Pérez, 2007; Parish et al, 2007).

Según Parish et al (2007), el uso no sostenible de las turberas produce significativos efectos ambientales y socioeconómicos, los cuales pueden potenciarse debido al cambio climático. Por ejemplo, el drenaje provoca subsidencia y emisiones de carbono, debido a cambios en las propiedades físicas y químicas de la superficie de una turbera. Finalmente, esto incrementa su susceptibilidad a riesgos tales como la erosión y el fuego.

El uso intensivo de grandes extensiones de turberas a nivel mundial para diversas actividades, provoca la antropización del paisaje y su consecuente fragmentación, así, actualmente, es fácil observar turberas naturales "aisladas" (Parish et al, 2007).

En América del Sur las turberas altoandinas sufren modificaciones por el pastoreo excesivo, la desecación con fines agrícolas, el comercio de turba seca y la alteración de cursos de agua naturales para usos humanos. Rochefort (2000) comenta acerca de la situación de las turberas en Canadá, afirmando que a pesar de que la mayoría de las turberas de Canadá se encuentran en la zona boreal del norte, la degradación y la explotación comercial de las turberas está concentrada en la zona sur del país. Así, los habitats de las turberas de la zona sur, están restringidos en espacio y son desproporcionalmente afectados por el uso intensivo de la tierra. Las turberas pueden ser inundadas para almacenar agua mientras se construyen embalses, son drenadas para la agricultura y silvicultura, son socavadas para la extracción de turba, o simplemente desaparecen bajo el desarrollo industrial y urbano (Tapia, 2008).

Por lo anterior, Díaz *et al.* (2005) enfatizan que las turberas naturales no debieran ser explotadas, dada la baja regeneración natural y la grave pérdida de funciones ecológicas que ocurre en la turbera y en su entorno. La experiencia indica, que a falta de acciones humanas que promuevan la regeneración de estos ecosistemas (por ejemplo restauración), la colonización vegetal en estas áreas es muy lenta (Tapia, 2008).

Existen numerosas razones por las que las turberas continúan siendo degradadas o transformadas. Los individuos más beneficiados con la conservación de las turberas son frecuentemente los residentes locales, quienes no están involucrados en las políticas y procesos de tomas de decisiones. Tales procesos generalmente son indiferentes a las necesidades locales. Muchos de los servicios que brindan las turberas (regulación climática, recarga de acuíferos, entre otros), no generan ingresos y por tanto no son atractivos para el mercado. Los individuos no tienen incentivos para mantener tales servicios (Parish et al, 2007).

Por otra parte, la degradación de las turberas provoca la alteración de los servicios ecosistémicos proporcionados por ellas, generando un daño importante. Se requerirán inversiones significativas para restablecer tales servicios. Los beneficios intangibles (servicios ecosistémicos), no valorados, proporcionados por las turberas son mayores que los beneficios monetarios obtenidos. Así, la valoración económica proporciona un importante argumento y constituye una poderosa herramienta para promover el enfoque de uso racional de las turberas (Parish et al, 2007).

Recientes estudios de organismos internacionales (Wetlands International, 2010) han determinado que las emisiones globales producto de la pérdida de suelos orgánicos de turberas suman más de 3000 millones de toneladas de dióxido de carbono (MT/CO₂) por año, lo que representa cerca del 10% de todas las emisiones antropogénicas globales. Pese a que la mayoría de las emisiones (2000 MT/CO₂) ocurren en el Sudeste Asiático, otras 1000 MT/CO₂ son emitidas en las turberas de otras partes del mundo.

Dichas emisiones por pérdida de turberas actualmente no se contabilizan bajo el Protocolo de Kioto, solamente se reportan. La prevención de emisiones de suelos de turba drenados o degradados para los no-Anexo 1 no es elegible bajo el MDL. Dado lo anterior, organismos internacionales vinculados a estos ecosistemas están haciendo un llamado a contabilizar obligatoriamente las emisiones de turberas bajo el segundo periodo de compromisos de Kioto. Deben existir opciones para que los países desarrollados reduzcan emisiones prestando atención a la degradación de turberas en los países en desarrollo e incluir el carbono de suelos, así como las turberas deforestadas en cualquier política sobre reducción de emisiones (Wetlands International, 2010).

El desafío entonces es la implementación del uso racional de las turberas procurando maximizar los beneficios de manera sostenible. Hoy se sabe que para hacer un manejo adecuado de estos ecosistemas es necesario contar con el inventario del recurso y el ordenamiento ambiental del territorio, temas que serán tratados en el capítulo 10 (Wetlands International Argentina, 2010).

2.9 USO RACIONAL DE LAS TURBERAS (“WISE USE”)

Tal como se ha tratado durante todo este capítulo, las turberas presentan un amplio rango de valores y funciones. Así, existen distintos grupos de interés convocados por las turberas. Mientras algunas comunidades utilizan las turberas por sus funciones de producción, otras desean su preservación y su manejo para funciones de protección, regulación e información. Al respecto, surgen conflictos entre estos opuestos puntos de vista. Varios autores han señalado la urgente necesidad de aplicar nuevos enfoques de manejo, que consideran la valoración económica de estos ecosistemas y su uso racional (“wise use”). Joosten y Clarke (2002) definen el concepto uso racional de las turberas se define como aquel uso que no causará daño, tanto en el presente como en el futuro.

Existe una gran variedad de amenazas contra las turberas, las que requieren una actuación urgente nacional e internacional. Las posibilidades de uso racional, conservación y manejo - en adelante denominados como **‘uso racional’** - de los recursos mundiales de turberas son obstaculizadas no sólo por las limitaciones de la información científica y técnica, sino también por la influencia de los factores económicos, socioculturales y ambientales (Ramsar, 2002).

Es necesario evaluar la importancia de estas limitaciones en sus diversas escalas y en los marcos nacionales adecuados. Las turberas son de gran importancia internacional y su uso racional es fundamental para la aplicación de la Convención de Ramsar, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y otros instrumentos y acuerdos internacionales (ver capítulo 7) (Ramsar, 2002).

Una definición actualizada de "uso racional", discutida en la 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, 2005), en Kampala, Uganda en 2005, teniendo en cuenta los avances en este tema, los conceptos de enfoque por ecosistemas y uso sostenible aplicados por la Convención sobre la Diversidad Biológica y la definición de desarrollo sostenible aprobada por la Comisión Brundtland, es:

"El uso racional de los humedales es el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas dentro del contexto del desarrollo sostenible."

Ramsar (2002) propone una serie de enfoques y actuaciones prioritarios para la acción mundial en materia de uso racional y manejo de las turberas, agrupados en siete temas claves:

- A. Conocimiento de los recursos mundiales
- B. Educación y concienciación del público sobre las turberas
- C. Instrumentos normativos y legislativos
- D. Uso racional de las turberas
- E. Redes de investigación, centros regionales especializados y capacidad institucional
- F. Cooperación internacional
- G. Ampliación y apoyo

Las turberas son frecuentemente sujeto de conflictos, dado que proporcionan gran variedad de bienes y servicios a la humanidad y presentan variadas funciones y valores. Como se ha discutido durante todo este capítulo, en muchos países las turberas han sido degradadas debido a estrategias sectoriales locales, resultando en una serie de conflictos entre los distintos grupos de usuarios. A modo de ejemplo, el drenaje de turberas afecta sus funciones reguladoras del flujo hídrico, dañando valles agrícolas, puentes y construcciones, además altera sus funciones de mitigación del cambio climático debido a la liberación del carbono almacenado. Por otra parte, también afecta a la biodiversidad y a su uso para recreación. Generalmente, en este tipo de conflictos los grupos de usuarios más débiles resultan menos favorecidos frente a los usuarios más influyentes, quienes logran mayores beneficios. Mientras algunos utilizan las turberas por sus funciones productivas, otros desean preservarlas y favorecer sus funciones ecosistémicas, así surgen inevitables conflictos entre estos puntos de vista contrarios (Joosten y Clarke, 2002). Esto lleva a la consideración que los valores de conservación y económicos son las causas más comunes de conflicto.

Dado lo anterior, es necesario definir criterios que permitan guiar la toma de decisiones en el manejo de las turberas, tales como:

- a) El uso de las turberas debe asegurar la disponibilidad del recurso en cantidad y calidad.
- b) Si existe disponibilidad suficiente de turberas, una superficie limitada puede ser intervenida.
- c) Si el recurso turbera es escaso, tales ecosistemas no deben ser intervenidos
- d) El uso de la turbera para un fin específico debe obligatoriamente considerar y evaluar los efectos en todas las funciones de la turbera (Joosten y Clarke, 2002).

La Sociedad Internacional de Turba (IPS) y el Grupo Internacional de Conservación de Turberas (IMCG) cree que un manejo racional de los ecosistemas de turberas requiere un cambio en el enfoque sectorial tradicionalmente utilizado. IPS e IMCG, en un esfuerzo conjunto, proponen un nuevo enfoque integrado, en el que las estrategias de planificación consideren una visión holística que involucre a todos los sectores interesados y que asegure el análisis y manejo de los potenciales impactos en el ecosistema completo (IPS, 2009). Este enfoque permitirá identificar, analizar y resolver posibles conflictos en orden de planificar, diseñar e implementar las mejores opciones de manejo para cada turbera. Surge el concepto de **uso racional** de las

turberas, el cual involucra aspectos ambientales, económicos y sociales, que le confieren gran complejidad al momento de manejarlas. Esto requiere tomar decisiones de manera integrada. Este tema será profundizado en el capítulo 10.

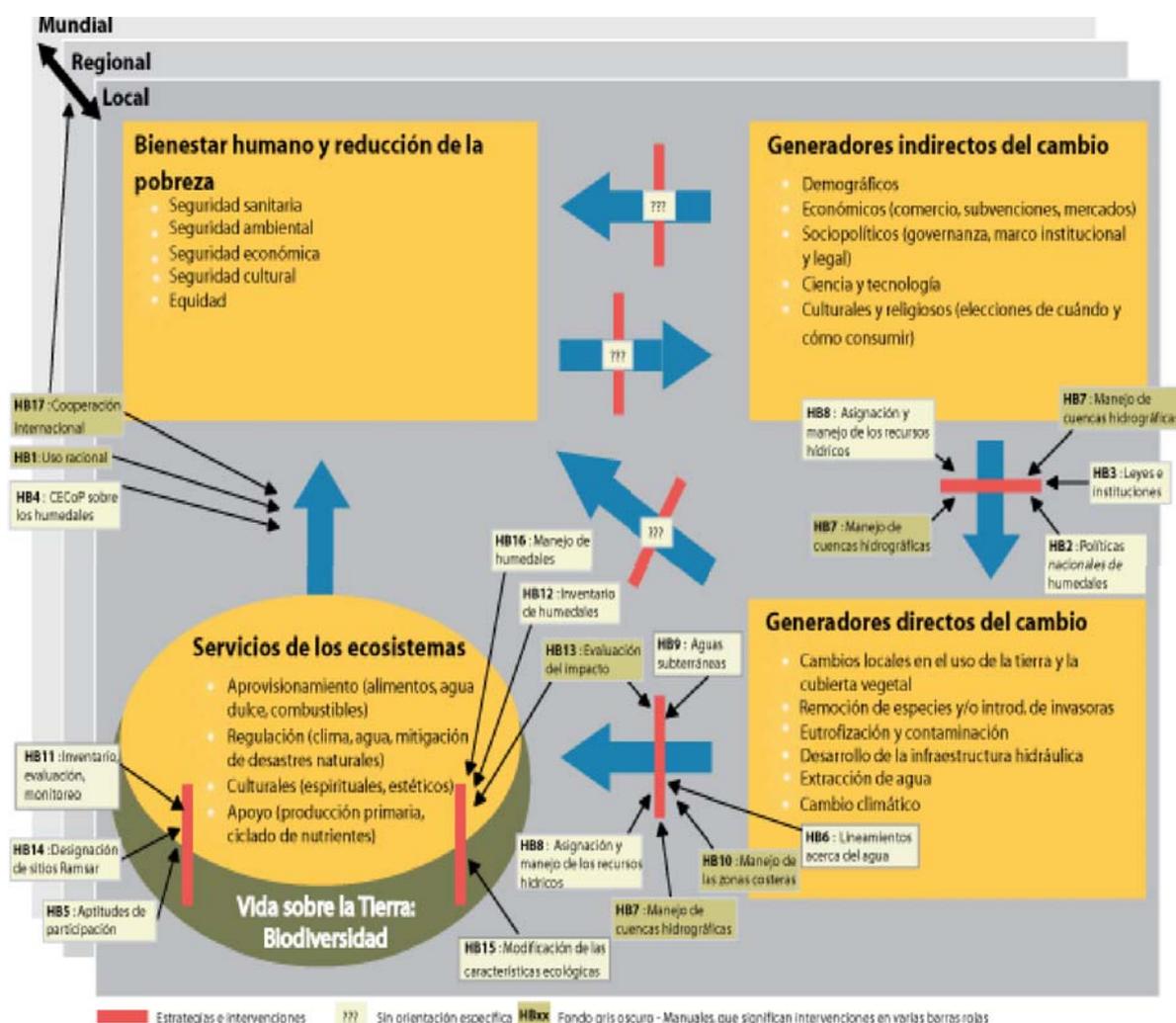
El desafío es desarrollar mecanismos que puedan equilibrar las demandas en conflicto sobre las turberas y su patrimonio cultural, asegurando su uso racional continuo para satisfacer las necesidades de la humanidad. Así, IPS e IMCG han propuesto tres desafíos claves para el futuro:

- Mejorar los conocimientos sobre el rol de las turberas en el cambio climático, ecología de turberas y su relación con la economía local y regional.
- Promover la conciencia y comprensión de estos roles en la sociedad.
- Desarrollar estrategias de planificación integradas que involucren a todos los sectores interesados (IPS, 2009).

La Resolución IX.1 definida en la 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales en Kampala, Uganda en 2005 ha definido el marco conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas (Ramsar, 2005). Dicho marco conceptual ofrece un enfoque con múltiples escalas que indica cómo y cuándo se pueden realizar intervenciones y tomar decisiones en cuanto a políticas y manejo (Ver figura 2.5). Dado lo anterior, el "uso racional" equivale al mantenimiento de los beneficios / servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad, así como el bienestar humano y la mitigación de la pobreza (Ramsar, 2005).

Ramsar (2005) ha propuesto un juego de herramientas sobre el uso racional en este marco conceptual. Cabe señalar que muchos de los lineamientos de Ramsar sobre el uso racional existentes se refieren a estrategias e intervenciones en los ecosistemas y sus procesos, realizadas principalmente en los planos local o nacional.

Figura N° 2.5. Marco conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas de Ramsar de los Manuales de Uso Racional



Fuente: Ramsar, 2005.

En el Cuadro N° 2.9 se incluye una lista de las estrategias y oportunidades de intervención que son pertinentes para la aplicación de cada uno de los lineamientos del juego de herramientas de Ramsar.

Cuadro N° 2.9. Aplicación de los lineamientos de los Manuales para el Uso Racional de Ramsar a las distintas oportunidades de intervención.

Oportunidad(es) de intervención	Manuales para el Uso Racional de Ramsar pertinentes (2ª edición), Resoluciones de la COP9 e Informes Técnicos de Ramsar (ITR)
Generadores indirectos → Generadores directos	2. Políticas Nacionales de Humedales 3. Leyes e instituciones 4. Manejo de cuencas hidrográficas (algunas secciones) 12. Asignación y manejo de recursos hídricos (algunas secciones) 13. Manejo de zonas costeras (algunas secciones) Resolución IX.1, Anexo C. Marco relacionado con el agua
Generadores directos → Ecosistemas de humedales	4. Manejo de cuencas hidrográficas 10. Inventario de humedales 11. Evaluación del impacto 12. Asignación y manejo de recursos hídricos 13. Manejo de zonas costeras Resolución IX.1, Anexo C. Marco relacionado con el agua Resolución IX.1, Anexo C i. “Camino crítico” del MCF Resolución IX.1, Anexo C ii. Agua subterránea ITR. Requerimientos de agua ambiental ITR. Valoración económica de humedales ITR. Evaluación de la vulnerabilidad
Dentro de los ecosistemas de humedales	5. Manejo participativo 7. Designación de Sitios Ramsar 8. Manejo de humedales 10. Inventario de humedales 11. Evaluación del impacto 12. Asignación y manejo de recursos hídricos Resolución IX.1, Anexo C i. “Camino crítico” del MCF Resolución IX.1, Anexo C ii. Agua subterránea Resolución IX.1, Anexo E. Inventario/evaluación/marco para el monitoreo Resolución IX.1, Anexo E i. Evaluación rápida ITR. Evaluación de la vulnerabilidad ITR. SIG para inventario, evaluación y monitoreo
Abarca varios tipos de oportunidades de intervención (Generadores indirectos → Generadores directos → Ecosistemas de humedales, y dentro de los ecosistemas de humedales)	1. Uso racional de los humedales 6. CECOPI en humedales 9. Cooperación internacional 14. Turberas Resolución IX.1, Anexo D. Indicadores de efectividad

Fuente: Ramsar, 2005.

2.10 UN ECOSISTEMA ÓPTIMO

Las turberas y el ser humano han estado conectados por una larga historia de desarrollo cultural. Tanto en economías desarrolladas como en vías de desarrollo, la subsistencia de variadas comunidades ha dependido de ellas.

Los humedales constituyen uno de los ecosistemas más productivos del planeta, brindando al mismo tiempo valiosos beneficios económicos y sociales al hombre. En particular, las turberas son altamente valiosas para la sociedad debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel global, regional como local. Sin embargo, la valoración de las turberas como ecosistemas claves desde el punto de vista ecológico, hidrológico, económico, cultural y otros, ha sido frecuentemente poco considerada a nivel mundial.

Según Joosten y Clarke (2002), tales beneficios se desglosan en cuatro aspectos: funciones de regulación o servicios ecosistémicos, funciones productivas, funciones trasmisoras (“carrier”) y funciones de información.

Mientras que en el pasado la relación entre el ser humano y las turberas se mantuvo en equilibrio y mutuo enriquecimiento, el reciente desarrollo e intervención humana en las turberas ha aumentado de manera negativa, resultando en su degradación y/o aniquilación, por drenaje y extracción de turba, deforestación, fuego y contaminación. Según Parish et al (2007), la intervención del hombre en las turberas ha destruido cerca del 25% de ellas a nivel mundial. De esta destrucción, un 50% corresponde a su uso agrícola, un 30% para forestación, 10% para extracción de turba y el 10% restante en desarrollo de infraestructura.

Debido a la multifuncionalidad de estos ecosistemas, existen distintos grupos de interés convocados por las turberas. Mientras algunas comunidades utilizan las turberas por sus funciones de producción, otras desean su preservación y su manejo para funciones de protección, regulación e información. Al respecto, surgen conflictos entre estos opuestos puntos de vista. Varios autores han señalado la urgente necesidad de aplicar nuevos enfoques de manejo, que consideran la valoración económica de estos ecosistemas y su uso racional (“wise use”).

2.11 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

CANADIAN SPHAGNUM PEAT MOSS ASSOCIATION. 2002. World Peat Resources. Disponible en: <http://www.peatmoss.com/hortprog1.php>. Fecha de consulta: 15 /07/2011.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2005. Resolución IX.1. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales en Kampala, Uganda. Secretaría de la Convención de Ramsar.

CRIGNOLA, P. Y A. ORDÓÑEZ. 2002. Perspectivas de utilización de los depósitos de turba de la isla de Chiloé, décima región de los Lagos, Chile. Simposio Internacional de Geología Ambiental para planificación del uso del Territorio. Pto. Varas.

DE LA BALZE, V. M. Y BLANCO, D. E. 2004. Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

DE LA BALZE, V.M., BLANCO, D. y LOEKEMEYER, N. 2004. Aspectos sobre usos y conservación de los turbales Patagónicos. En: Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina, pp. 129-140.

DÍAZ, M.F., ZEGERS, G. y LARRAÍN, J. 2005a. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. 33 p. (On line). <<http://www.sendarwin.cl>> (2 jun. 2010).

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J. y ZEGERS, G. 2005 b. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. 38 p. [En línea]. Disponible en: www.sendarwin.cl

DÍAZ, MF., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista chilena de Historia Natural. 81(4): 455.468.

FARREL, CATHERINE. 2009. Restoration of peatlands in Ireland. Bord na Móna, Boora, Leabeg, Tullamore, Co. Offaly. Disponible en: http://www.pole-tourbieres.org/docs/Lamoura_Farrell.pdf. Fecha consulta: 15/06/2010.

FEEHAN J., O'DONOVAN, G., RENOU-WILSON, F. WILSON, D. 2008. The Bogs of Ireland. An Introduction to the Natural, Cultural and Industrial Heritage of Irish Peatlands. University College Dublin.

GREEN DANIEL. 2001. Estudio de mercado de la turba en Chile. Tesis (Ingeniero Forestal). Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 134 p.

GORHAM, E. y ROCHEFORT, L. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with special reference to *Sphagnum* bogs. *Wetlands Ecology and Management* 11: 109-119.

HERNÁNDEZ et al 2009. Recurso Turba. Escuela Provincial de Ushuaia. Provincia de Tierra del Fuego y Antártida. Argentina. Disponible en: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Ushuaia/index.html>. Fecha de consulta: 21/04/2010

HILLI, MATTI. 2008. Usos de la turba. Empresa Vapo Oy, Finlandia. En: 17th Congreso Internacional de Turba, Tullamore, Irlanda.

INTERNATIONAL PEAT SOCIETY (IPS). 2009. Wise Use of Mires and Peatlands. Disponible en: <http://www.peatociety.org/index.php?id=40>. Fecha de consulta: 12/12/2010.

IPCC. 2002. Irish Peat Conservation Council. Peatlands around the World. Disponible en: www.ipcc.ie. Fecha de consulta: 20/08/2011.

ITURRASPE, R. y ROIG, C. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de Sphagnum de Tierra del Fuego – Argentina. En: CORONATO, A y ROIG, C. (eds). Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y Conclusiones. Ushuaia, Argentina. pp 85-93.

ITURRASPE, RODOLFO. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. 1ª Ed. Buenos Aires. Fundación para la Conservación y el uso de los humedales. Wetlands International. 32 p.

JOOSTEN, HANS & CLARKE, DONALD. 2002. Wise Use of mires and Peatlands. International Mire Conservation Group, Internatynional Peat Society.

KGS (Kentucky Geological Survey). 2006. How is coal formed? University of Kentucky. Disponible en: <http://www.uky.edu/KGS/coal/coalform.htm>. Fecha de consulta: 18/04/2010

LANDRY, JOSEE. 2008. Etapes nécessaires et estimation des couts pour la mise en place d'un site pour la culture de la sphaigne. Gret Perg.

LARRAÍN, JUAN. 2008 Caracterización florística de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. Departamento de Botánica. Universidad de Concepción. En: Seminario Internacional Musgo Sphagnum. Puerto Montt. Disponible en: <http://www.musgosphagnum.cl/noviembre.htm>. Fecha de consulta: 13/03/2010.

ORRU, M. y ORRU, H. 2008. Sustainable use of Estonia peat reserves and environmental challenges. Estonia Journal of Earth Sciences 57(2): 87-93.

PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PÉREZ, IVAN. 2007. Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Memoria (Ingeniero Forestal). Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Santo Tomás. 93 p.

QUINTY, F. y ROCHEFORT, L. 2003. Peatland restoration guide. Canadian *Sphagnum* Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Second edition. Quebec.

ROCHEFORT, LINE. 2000. Sphagnum: a keystone genus in habitat restoration. Invited Essay. The Bryologist 103(3):503-508

ROCHEFORT, L., CAMPEAU, S. y BUGNON, J. 2002. Does prolonged flooding prevent or enhance regeneration and growth *Sphagnum*?. Aquatic Botany 74: 327-341.

ROCHEFORT, L., QUINTY, F., CAMPEAU, S., JOHNSON, K. y MALTERER, T. 2003. North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. Wetlands Ecology and Management 11: 3-20.

ROIG, C. y ROIG, F. 2004. Consideraciones Generales. En: BLANCO, D. y V.M de la BALZE (eds). Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. pp. 5-21.

RUIZ y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0 Informe Final. Punta Arenas.

SERNAGEOMIN-GORE Los Lagos. 2008. Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de Los Lagos. Informe Final (Revisado). Servicio Nacional de Geología y Minería-Gobierno Regional de Los Lagos. 292 p.

SHOUTEN, M.G.C. 2002. Conservation and restoration of raised bogs: geological, hydrological and ecological studies. Department of the Environmental and Local Government, Ireland. Geological Survey of Ireland, Dublin.

SONE, JIRO. 2008. Experiencias en el 13th Congreso Internacional de Turba. En: Seminario Misión Tecnológica de Productores de Turba a Irlanda del Sur. Punta Arenas. Disponible en: <http://www.musgosphagnum.cl/noviembre.htm>. Fecha de consulta: 13/03/2010.

STRACK, MARIA. 2008. Peatlands and Climate Change. International Peat Society. 223 p.

SZAJDAK, L y HLADÓN, T. 2009. Chemical properties of peat used in balneology. Geophysical Research.

TAPIA, CAROLINA. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. En turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

TUITTILA, E. 2000. Restoring vegetation and carbon dynamics in a cut-away peatland. (On line).
<<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/ekolo/vk/tuittila/restorin.html>> (19 jun. 2007).

VAN DER SCHAAF, S. 2002. Acrotelm transmissivity asa paramenter to asses ecological conditions and ecological potential in the Irish Midlands raised bogs. Land Reclamation N° 33: 49-56.

VAN SETERS, T. y PRICE, J. 2001. The impact of peat harvesting and natural regeneration on the water balance of an abandoned cutover bog. Quebec. Hydrological Process 15: 223-248.

VIVANCO, ROBERTO. 2011. Propuesta para desarrollar productos de alto valor agregado de turba extraída de la región de Magallanes. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomás. Santiago.

WETLANDS INTERNATIONAL ARGENTINA. 2010. Los turbales de Tierra del Fuego. Disponible en: <http://lac.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=lpQCO7fImY%3D&tabid=2273&mid=9605> (10/06/2011).

WETLANDS INTERNATIONAL. 2010. Pérdida de turberas alimenta el cambio climático. http://www.wetlands.org/Portals/0/publications/Policy%20document/Policy%20brief%20delegations%20to%20Poznan_20nov08%20ESP.pdf (11/07/2010).

WHINAM, J., HOPE, G.S., CLARCKSON, B.R., BUXTON, R.P., ALSPACH, P.A. y ADAM, P. 2003. *Sphagnum* in peatlands of Australasia: Their distribution, utilisation and management. Wetlands Ecology and Management 11: 37-49.

YALDSTONE INTERNATIONAL. 2006. Gallery. Consultado el 27 de agosto de 2006.[En línea].
Disponible en: www.sphagnummoss.co.nz/9767/info/galleryThumbs.html

CAPÍTULO III

LAS TURBERAS NACIONALES

En general, la información de humedales en Chile es dispersa, no sistemática, diversa, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones (CONAMA-CEA, 2006). Sobre el caso específico de las turberas a nivel nacional, se debe mencionar que son ambientes bastante desconocidos y confusos, asignándoles escasa importancia. De hecho casi no aparecen mencionadas en textos oficiales de geografía. En algunas regiones del país se ha avanzado en su tipificación botánica. El desconocimiento de este recurso es importante por cuanto no se consideran a los turbales como ambientes de importancia biológica y factibles de ser explotados con fines comerciales (Schlatter y Schlatter, 2004). En el ítem 2.2 se resume una clasificación realizada por CONAMA y CEA (2006) que permite aclarar tales aspectos.

No obstante, su valor ecológico y atributos ambientales aún no han sido precisados como para determinar su potencial explotación y manejo.

En Chile las turberas se distribuyen entre la X y XII región, siendo Magallanes la región con mayor abundancia del recurso, estimándose en alrededor de un 17% de su superficie terrestre, contando con un enorme potencial de uso.

A nivel nacional, la turba ha sido explotada comercialmente para horticultura y jardinería durante los últimos 20 años, pero la actividad estaba restringida a unas pocas localidades. Este panorama ha cambiado en los años recientes, pues se ha observado un sostenido aumento de su interés comercial, aumentando significativamente las demandas para la explotación de turberas. Esto ha provocado la necesidad de definir lineamientos claros y de una estrategia para la toma de decisiones en cuanto al manejo y uso racional de estos ambientes.

La agricultura, en la fase de viverización de las especies comerciales, demanda como principal insumo la turba, 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 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.

Sobre la base de lo anterior se puede afirmar, que las turberas nacionales, principalmente las emplazadas en la región de Magallanes, constituyen ecosistemas de alto valor económico - ambiental y 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 establezca cómo realizar las labores de extracción y las medidas específicas de mitigación, como también cuáles

serán las áreas destinadas a la actividad extractiva y de conservación. Para que lo anterior tenga efecto, las actividades económicas que se desarrollen en torno a las turberas deberán ser parte de la normativa jurídica y políticas públicas del sector, las cuales deben ser validadas por la comunidad en general (Seremi Magallanes, INIA 2008).

3.1 HUMEDALES EN CHILE

En la literatura existen diferentes formas de definir los humedales, y esto depende principalmente del enfoque y del uso que se le vaya a dar a esta definición. La mayoría incluye referencias a la hidrología, suelos y biota.

De acuerdo al Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF et al., 1999), existe una superficie aproximada que asciende a las 4.616.795,03 hectáreas de humedales en el país, equivalentes al 6% del territorio de Chile, incluyendo entre otros a marismas herbáceas, ñadis herbáceos y arbustivos, turberas y vegas. En este mismo estudio se contabiliza a los bosques como principal categoría de uso dentro del SNASPE, con un 28,1%, seguido de humedales con un 24,8%, correspondiente principalmente a turberas ubicadas en las regiones XI y XII. Según estos cálculos, aproximadamente 3,5 millones de hectáreas de humedales estarían protegidas dentro del SNASPE, correspondientes al 77% de la superficie total de humedales en el país. A pesar de esto, según este catastro, las regiones III, IV, V, VII y Metropolitana no contarían con humedales representados en el SNASPE (CONAMA-CEA, 2006).

Cuadro N° 3.1. Superficie estimada de humedales en las regiones VI a XII

Región N°	Superficie (km ²)	Superficie de humedales (km ²)	%
VI	16.336,25	29,34	0,18
VII	30.355,93	840,61	2,77
VIII	37.086,65	106,32	0,29
IX	31.827,31	231,38	0,73
X	66.808,93	745,42	1,12
XI	106.981,82	11.466,67	10,72
XII	131.964,49	31.051,37	23,53
Total	421.361,40	44.471,10	10,55

Fuente: Schlatter y Schlatter, 2004

Schlatter y Schlatter (2004) señala que existen al menos 44.471,10 km² de humedales en las regiones VI a XII inclusive, lo que representa el 10,55% de la superficie para dichas regiones y el 6% de la superficie total del país (Cuadro 3.1).

Debido a la diversidad de bioclimas de Chile, en el país se encuentra una gran variedad de humedales. En el año 2002, Ramírez y colaboradores elaboraron una propuesta para la clasificación de los humedales chilenos. Ellos reconocen 15 tipos de humedales naturales: 5 salinos (litorales, estuarios, marismas, albuferas y salares) y 10 dulceacuícolas: 4 de aguas corrientes (ríos, arroyos, bañados y oasis), 3 de aguas sin corriente (lagos, lagunas y charcos) y 3 asociados a anegamientos del suelo (pantanos, turberas y ñadis) (CONAMA-CEA, 2006).

El estudio Protección y Manejo de Humedales Integrados a la Cuenca Hidrográfica, (CONAMA – CEA, 2007), ha descrito un sistema de clasificación por ecotipo de humedal, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

Tal como se aprecia en el Cuadro N° 3.2, el mencionado estudio define los ecotipos marinos, costeros y continentales. Las turberas, de interés en esta investigación, corresponden según esta clasificación a humedales continentales con infiltración y saturados.

Cuadro N° 3.2. Clasificación de Humedales en Chile según Ecotipo

Ecotipos	Clase	Nombre Común	Ejemplos chilenos
Humedal marino	---	Intermareal, submareal	Litoral costero
Humedal costero	Intrusión salina	Lago, costero, laguna costera, marisma, estuario	Lago Budi, Laguna Conchalí, Humedal Tubul-Raqui
	Evaporación	Salar, bofedal	Salar de Atacama, Salar de Huasco
	Infiltración (A)	Hualve, ñadi, poza, charco, pitranto, pantano	Humedales depresión central de las regiones VII-X
Humedal Continental	Infiltración saturado (B)	Mallín, turberas, pomponal	Parque Nacional Torres del Paine, Turberas magallánicas
	Escorrentía	Ríos, arroyos, esteros, lagos	Río Clarillo, Río Bío-Bío, Lago Villarrica
	Afloramientos subterráneos	Vega, bofedal, humedal	Parinacota, Jachucoposa, Ciénagas de Name

Fuente: CONAMA – CEA, 2007

Recientemente, el Centro de Ecología Aplicada y el Ministerio de Medio Ambiente (2011) han desarrollado el Inventario Nacional de Humedales, sin embargo, este no ha considerado explícitamente a los ecosistemas de turberas.

3.1.1 Tipos de humedales

A continuación se presentarán los diferentes tipos de humedales que se reconocen desde el punto de vista edáfico en Chile:

- **Vegas y bofedales**

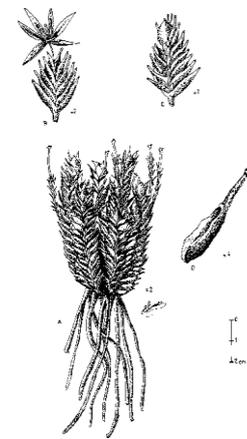
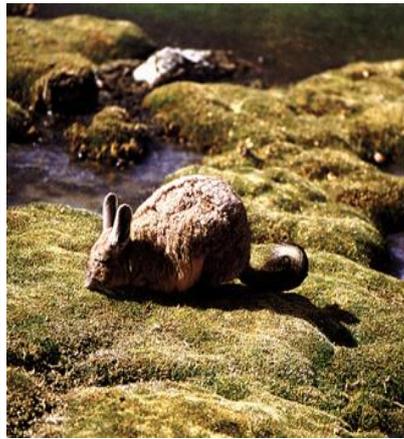
En el norte de Chile existen distintos tipos de humedales asociados a cuencas endorreicas, destacando entre ellos las turberas andinas denominadas **vegas y bofedales**. Este tipo de turberas, a diferencia de las turberas ubicadas en el hemisferio norte y sur de Chile, no están dominadas por musgos del género *Sphagnum*, ni tampoco son exclusivamente ombrotroficas. La similitud con otras turberas se encuentra en el patrón microtopográfico de pozas, praderas y cojines (Squeo *et al.*, 2006). Catastros realizados por Castro *et al.* (1993), registran la presencia de 435 humedales ubicados sobre una altitud de 3000 msnm (aproximadamente), entre los 17° y 26° de latitud sur.

El nombre **bofedal** es utilizado principalmente por la población Aymará en la provincia de Parinacota, en cambio, en la segunda región, la población Atacameña utiliza el nombre de **vegas** para identificar la vegetación asociada a los humedales (Castro *et al.*, 1993).

Las principales diferencias entre vegas y bofedales se basan en que las primeras están dominadas por ciperáceas en cojín (*Scirpus americanus*), en cambio, los bofedales presentan una predominancia de gramíneas (*Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*) (ver Fig. N° 3.1). Además, las vegas se encuentran a una menor altitud que los bofedales (estos últimos se encuentran sobre los 2800 msnm), poseen mayor salinidad, se encuentran en zonas menos lluviosas y presentan un microrelieve más plano que los bofedales (Squeo *et al.*, 2006, CONAMA-CEA, 2006).

A diferencia de lo indicado por Castro *et al.* (1993) y Squeo *et al.* (2006), Schlatter & Schlatter 2004, señala que la vegetación presente en vegas o mallines (en el altiplano de Argentina, Chile, Bolivia y Perú), en determinadas circunstancias ambientales, puede dar lugar a la formación de una capa de turba. Así por ejemplo, los bofedales andinos del norte de Chile, dominados por *Oxychloe* y *Patosia*, también son considerados turberas, pudiendo acumular algunos metros de materia orgánica.

Figura N° 3.1. Flora de vegas y bofedales de la zona altiplánica chilena



a) *Scirpus americanus*

b) *Oxychloe andina*

c) *Distichia muscoides*

Fuente: Chloris chilensis, 2009

- Hualves o Pitrantos

Los hualves o pitrantos corresponden a sectores bajos, por los cuales se evacua agua de drenaje desde los terrenos colindantes más elevados. En general son bosques ombrófilos pantanosos y siempreverdes de la región templada en el valle central dominados por roble, laurel y lingue. En la IX región se asocian a *Myrceugenia exsucca* (pitra), *Blepharocalyx cruckshanskii* (temo) y *Drimys winteri* (canelo) (Ramírez et al. 1983). Estudios florísticos en los hualves ubicados en el extremo noreste de Toltén, detectan la presencia de 32 especies de plantas en esta comunidad, donde predominan las nativas, destacando un alto número de epífitas y trepadoras (Hauenstein et al., 2002). Ramírez et al (1983) señala que en estos ecosistemas predominan bosques pantanosos de mirtáceas, los cuales bordean cursos de agua lentos y de baja profundidad, regula los cauces y frena los procesos erosivos con control de inundaciones.

Schlatter y Schlatter (2004) señala que se han formado por erosión del terreno original, causada por el agua de drenaje superficial, en dirección de la mayor pendiente. Ellos evacuan el agua hacia arroyos o ríos, y por su baja elevación y suave pendiente son afectados por el nivel de esos cuerpos de agua, presentándose los suelos permanentemente saturados e inundados.

- Ñadis

Los ñadis consisten en terrenos planos con suelos derivados de cenizas volcánicas sedimentadas sobre arenas y/o gravas (pantano de temporada en mapudungun), ubicados en la IX y X regiones. Se presentan en superficies planas del valle central. Presenta un particular horizonte impermeable ubicado entre el límite de la ceniza y la arena o grava denominado "fierillo". La saturación de agua es temporal, durando entre cuatro y ocho meses (entre mayo y septiembre). Esto es debido al lento drenaje horizontal y la limitada o nula percolación vertical. El espesor de la capa de

cenizas varía entre los 20- 80 cm, es de origen holocénico y de sedimentación paulatina. Las condiciones de saturación de agua prolongada causan una alta acumulación de materia orgánica en el suelo superior, debido a que la hojarasca y los desechos orgánicos de la gran cantidad de vegetación que crece sobre ellos (*Sphagnum*, *Chusquea*, *Nothofagus*) se descompone lentamente, especialmente en la época cuando el suelo está saturado de agua y durante la cuál no se permite su oxigenación adecuada, limitando la actividad biológica. Estos suelos poseen gran cantidad de aluminio, y un pH entre 5 y 7 (Hauenstein *et al.*, 2005; Schlatter & Schlatter, 2004).

- **Mallines**

En el extremo sur de Chile se presentan los “mallines” (aguazal, bajos aguachentos en lenguaje mapundungum). Estos se originan en sectores hundidos, ya sea en terrenos planos o inclinados. Por su condición topográfica existe, en el invierno o en la época de lluvias, una acumulación de agua con impedimento de su salida en sentido horizontal y vertical, debido a un sustrato geológico impermeable en el subsuelo.

Estos ambientes presentan una napa freática superficial en al menos una porción importante de su superficie. En general son originados por sedimentos eólicos o aluviales que se acumulan en estos terrenos hundidos. Esto permite que en ellos se desarrolle una gran cantidad de vegetación, con especies tolerantes a suelos saturados, dando origen a suelos muy ricos en materia orgánica. La vegetación asociada a este tipo de humedal varía de acuerdo a su ubicación geográfica y al grado de saturación de agua (Schlatter y Schlatter, 2004).

- **Turberas**

Las turberas corresponden a ambientes naturales inundados característicos de regiones climáticas templadas y frías, las que se desarrollan sobre terrenos con restricción de drenaje, en lugares con alta precipitación, baja evaporación y escasas sequías estivales (Pérez, 2007). Consisten en depósitos orgánicos de espesor mayor a 30 cm, con un sustrato rocoso o un subsuelo con caracteres de reducción. Se forman en depresiones del terreno, fondos de valles, bordeando los meandros de los cursos de aguas tranquilas que escurren dentro de ella, otras veces colmatando cubetas en contacto con bosques o bien con terrazas (Roig y Roig, 2004; Schlatter y Schlatter, 2004). Se caracterizan por presentar depósitos esponjosos de turba, crecimiento de árboles y arbustos y un suelo cubierto por una alfombra gruesa de musgo *Sphagnum*. Se caracterizan también por presentar altos niveles freáticos (Díaz *et al.*, 2005).

Son ecosistemas conformados por estratos subyacentes originados por la lenta acumulación de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica y un estrato superficial biológicamente activo, conformado por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas hidrófilas con gran capacidad de retener humedad (Iturraspe y Roig 2000). Debido a la carencia de oxígeno, se hallan en un proceso de carbonización lenta, por lo que conservan largo tiempo su estructura anatómica (Strasburger *et al.*, 2004). La descomposición de la

materia orgánica muerta es incompleta por la falta de oxígeno, las bajas temperaturas (principalmente en climas fríos de altura o de latitudes mayores) y la débil oferta nutritiva (medio oligotrófico), limitándose así la actividad biológica (Schlatter y Schlatter, 2004).

3.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS TURBERAS EN CHILE

De acuerdo a la revisión de Joosten y Clarke (2002), la superficie de turbales estimada para Chile no sería mayor a 10.470 km². Tal cifra corresponde sólo al 1,4% de la superficie total del país, y es bastante menor al 6% indicada por el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF et al. 1999).

Lo anteriormente señalado confirma la confusión y subestimación de la superficie nacional real de turbales. Según Schlatter y Schlatter (2004), una revisión más profunda de la información que aporta dicha obra el Catastro de CONAF, serviría para corregir las cifras y proporciones de este importante recurso. Así como no se tiene una clara idea de la magnitud del recurso turba, tampoco existen claras definiciones de los diferentes tipos de turbales, aunque al menos se tiene avanzada su tipificación botánica en algunas regiones del país y de la Argentina. Al respecto, no existe en Chile, un catastro nacional del recurso que permita su cuantificación. Sólo han existido esfuerzos puntuales y locales, descritos a continuación.

Según Landry et al (2010) existen en Chile variados tipos de turberas. En el Norte se presentan las turberas altas que se extienden entre los 18°30' S y 31° S, las cuales reciben agua superficial y subterránea ligeramente salina originada de flujos glaciares, deshielo y precipitación. Este tipo de turberas, usadas en varios casos para pastoreo de camélidos (llamas y alpacas), no están dominadas por musgos *Sphagnum*.

Al sur de Chile, en la Región de Los Lagos, existen muchos humedales dominados por *Sphagnum*, sin embargo, muchos de ellos no corresponden a turberas al no poseer una capa profunda de turba acumulada. El concepto "turbera" -según el Ministerio de Minería de Chile- se asigna a un área donde la turba está siendo producida y acumulada con espesor de perfil mayor a 30 cm. Mundialmente no existe consenso en relación al concepto de turbera y de cuál es el mínimo de profundidad que debe tener para que sea considerada como tal. Sin embargo, los valores oscilan entre 30 y 40 cm (Poulin et al. (2004), citado por Díaz et al, 2008).

Por otra parte, Schlatter & Schlatter (2004) distingue entre **turbal y turbera**, donde el primero corresponde a un ecosistema con capacidad de acumular y almacenar materia orgánica muerta, turba, derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación permanente, reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes. Mientras que las turberas corresponden a las áreas donde la turba está siendo activamente producida y acumulada progresivamente, incrementando el potencial del depósito orgánico.

Landry (2010) indica que las turberas dominadas por *Sphagnum* en el Sur de Chile se distribuyen entre la Región de los Ríos (42°S) hasta la Región de Magallanes (56°S). Pérez (2007) señala que *Sphagnum sp*, especie predominante en las turberas

y pomponales de Chile, se distribuye desde la X Región hasta la XII, sin embargo, Díaz *et al.* (2005) sitúan a esta especie desde la IX Región al sur, específicamente desde Malleco al sur. En la X Región, Ramírez (1997) señala que *Sphagnum sp* prospera desde Valdivia, creciendo en los ñadis de la depresión intermedia y colonizando los mallines que son depresiones pantanosas. Roig y Roig (2004) lo sitúan en la Cordillera de la Costa en Osorno y en la Cordillera Pelada en Valdivia. En la Provincia de Llanquihue, también se encuentra este musgo, en sectores que fueron sometidos a quemaduras irracionales donde se encontraban alerzales y tepuales años atrás, principalmente en los sectores de Calbuco y Maullín (Pérez, 2007).

Según Oberdorfer (1960), Pisano (1977), Roig *et al.* (1985), todos citados por De la Balze y Blanco (2004), en Chile las turberas se distribuyen desde la cordillera Pelada, en la provincia de Valdivia, en la cordillera de la Costa en Osorno, en la isla de Chiloé, en los Chonos y en el Seno de Última Esperanza. Su límite austral está en la Isla de Navarino, Seno Almirantazgo y Estrecho de Magallanes, en la Península Brunswick.

Existe un grupo de turberas presentes en la Cordillera Pelada, ubicada en la Cordillera de la Costa, a 56 Km de La Unión, Provincia de Valdivia. En este sector, el área de turberas se encuentra en el Cerro Mirador y forma parte del Monumento Nacional "Alerce Costero", integrado dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE). Gracias a esta situación, tales ecosistemas no presentan problemas de conservación o uso irracional. De igual modo, las que no se ubican dentro de estos límites son prácticamente inviables desde el punto de vista productivo, puesto que presentan un difícil acceso, donde el paso está restringido a los caminos interiores aptos para vehículos de tracción durante 10 a 11 meses del año (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

El Cerro Mirador se eleva a 1.000 msnm y presenta condiciones extremas en su cumbre, con vientos marinos constantes, que limitan el desarrollo de la vegetación boscosa. La provincia de Valdivia se enmarca dentro del clima templado lluvioso, donde el primer elemento diferenciador es la distribución de las precipitaciones durante todo el año. A diferencia de otras turberas, como las magallánicas o las encontradas en la Isla de Chiloé, las de la Cordillera Pelada muestran una peculiaridad, que es estar rodeadas de bosque (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

En la Región de los Lagos y en la Isla de Chiloé se desarrollaron singulares y extensas comunidades vegetales, con predominio de musgos del género *Sphagnum*, formando una matriz superficial continua de turberas. Frecuentemente, bajo esta matriz se deposita una profunda capa de materia orgánica o turba, que puede alcanzar varios metros de profundidad (Zegers *et al.*, 2006). Datos no documentados, señalan que en la X región existen aproximadamente 320.000 hectáreas de suelos ñadis, estimándose que al menos un 10% de ellos corresponde a pantanos donde el musgo pon pon (género *Sphagnum sp.*) encuentra condiciones aptas para su desarrollo (Pérez, 2007).

En Chiloé *Sphagnum sp* es muy abundante y hay presencia de grandes turberas de fácil acceso, entre Castro y Quellón. De Chiloé al sur es muy frecuente, creciendo por el centro del territorio, formando extensas turberas. Estas turberas que forman parte de la llamada "Tundra Magallánica", se ubican en la zona de transición entre los bosques caducifolios de lenga (*Nothofagus pumilio*) y los perennifolios de coigue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), siendo muy abundantes al sur del paralelo 52° (Ramírez, 1997).

Al respecto, es necesario indicar que varios autores diferencian a las turberas de acuerdo a su origen. A los sitios con presencia de *Sphagnum* en el sur de Chile, pero sin acumulación de turba, se les conoce localmente como "mallines" o "pomponales" (del vocablo mapuche poñpoñ = musgo o esponja). Estos humedales son de origen reciente, formados luego de la quema o tala rasa de bosques en sitios con drenaje pobre (formaciones secundarias de *Sphagnum*) (Díaz et al. 2008, Valenzuela-Rojas & Schlatter 2004). Díaz et al (2008) han denominado a estos ecosistemas "turberas antropogénicas" o formaciones secundarias de *Sphagnum*, donde algunas de ellas presentan acumulación de turba, otras no. Frecuentemente se forman estos humedales después de la quema o tala de tepuales, cipresales o alerzales. Luego de la desaparición del bosque, estos sitios anegados son colonizados por el musgo *Sphagnum* debido a su gran capacidad para tolerar condiciones de anegamiento, y su presencia retarda considerablemente la recolonización arbórea (Díaz y Armesto, 2007). Estas turberas presentan bajo grado de descomposición de la turba (H1 – H2, según escala Von Post, ver capítulo 2.3.3). Por otra parte, las turberas propiamente tales presentan un origen natural, postglacial. Ambas situaciones se caracterizan por presentar vegetación continua, predominantemente herbácea, dominada principalmente por musgos del género *Sphagnum*. Se describen especies de herpetofauna como los anfibios *Batrachyla taeniata*, *Eupsophus vittatus*, *Pleurodema thaul*, *Bufo arunco*; y los reptiles *Liolaemus cyanogaster* y *Liolaemus pictus* (Valenzuela-Rojas & Schlatter, 2004).

Según Geosoluciones (2008), en la Región de Los Lagos hay un total de 102.848,9 hectáreas (2% de la Región), de las cuales 86.238 hectáreas corresponden a pomponales y el resto se clasifica como turberas. El 10% de turberas y pomponales de la región se encontraría en la Isla de Chiloé (Cuadros 3.3 y 3.4).

Cuadro Nº 3.3. Superficie cubierta de Sphagnum (ha) en la Región de Los Lagos por Provincia.

Provincia	Privada			Fiscal*			Superficie Total
	Sin Protección	Con Protección	Total	Sin Protección	Con Protección	Total	
Chiloé	26.965,6	17,3	26.982,9	20.269,3	356,3	20.625,6	47.608,5
Llanquihue	11.497,3	0,0	11.497,3	17.352,6	0,0	17.352,6	28.850,0
Palena	5.749,5	0,0	5.749,5	4.030,5	0,0	4.030,5	9.780,0
TOTALES	44.212,4	17,3	44.229,7	41.652,4	356,3	42008,7	86.238,4

Fuente: Geosoluciones, 2008.

Cuadro Nº 3.4. Superficie de turberas (ha) en la Región de Los Lagos por Provincia.

Provincia	Privada			Fiscal*			Superficie Total
	Sin Protección	Con Protección	Total	Sin Protección	Con Protección	Total	
Chiloé	5.865,1	0,5	5.865,7	5.183,8	29,8	5.213,6	11.079,3
Llanquihue	2.072,5	0,0	2.072,5	3.029,1	0,0	3.029,1	5.101,6
Palena	193,3	0,0	193,3	236,4	0,0	236,4	429,6
TOTALES	8.130,9	0,5	8.131,5	8.449,3	29,8	8.479,1	16.610,5

Fuente: Geosoluciones, 2008.

Las turberas magallánicas propiamente tales se encuentran desde el Golfo de Penas (48° S) hasta el extremo sur de América del Sur (56° S). Existe igualdad en determinar a la XII Región de Magallanes como límite austral del *Sphagnum sp*,

Ramírez (1997) señala que las turberas de mayor tamaño se encuentran en la Península de Brunswick, cerca de Punta Arenas, en Tierra del Fuego y en la Isla Navarino, localidad cercana a Puerto Williams. Específicamente el último lugar en el que se encuentra el musgo *Sphagnum*, corresponde a Isla Hermite, ubicada en el área del Cabo de Hornos, zona austral del país (Pérez, 2007).

Si bien las turberas chilenas se distribuyen entre la X y XII región, es Magallanes la región con mayor abundancia del recurso. Se calcula que esta región cuenta con de 2.270.000 ha de turberas, equivalentes a un 17% del territorio regional, contando con un enorme potencial de uso (SEREMI-INIA Magallanes, 2008). La mayor concentración se agrupa en el sector suroeste de Tierra del Fuego. Ruiz y Doberti (2005) realizan el catastro y caracterización de los turbales de Magallanes entre los años 2003 y 2004, el cual se resume en el Cuadro 3.5.

Cuadro N° 3.5. Resumen del catastro de turbales realizado en Magallanes.

Comunas	Superficie (ha)	Total (ha)
Torres del Paine	688	1.233.995
Natales	1.233.307	
Provincia de Última Esperanza (54%)	1.233.995	
Río Verde	74.657	545.335
Punta Arenas	470.678	
Provincia de Magallanes (24%)	545.335	
Porvenir	691	94.629
Timaukel	93.938	
Provincia de Tierra del Fuego (5%)	94.629	
Cabo de Hornos	396.167	396.167
Provincia Antártica (17,2%)	396.167	
T O T A L		2.270.126

Fuente: Ruiz y Doberti, 2005

Según el mencionado Catastro de turberas realizado en Magallanes, la mayor parte de la superficie de turberas de la región se encuentra bajo tuición de SNAPSE, correspondiendo a 1.472.352 hectáreas (65%). Al igual que en el caso de la Cordillera Pelada de Valdivia, este porcentaje de turberas no presentan problemas de conservación o uso irracional. El Catastro clasifica las turberas presentes en la región según clase de manejo, como se señala en el Cuadro 3.6. Además, Ruiz y Doberti (2005) describen a *Sphagnum magellanicum* como la comunidad vegetal dominante, representando el 81% de las especies, seguida de *Polytrichum alpestre* (17%).

Cuadro N° 3.6. Clasificación de las turberas de Magallanes según su clase de manejo.

Clase de manejo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Zonas de Preservación	1.472.352	65
Zonas de Aptitud productiva	406.852	18
Turberas sin información de variables ambientales	390.922	17
TOTAL	2.270.126	

Fuente: Ruiz y Doberti, 2005

Blanco y De la Balze (2004) señalan que en el sur de Sudamérica, en Chile y Argentina se encuentran los mayores depósitos de carbono terrestre existentes en esas latitudes (ver Figura N°3.2).

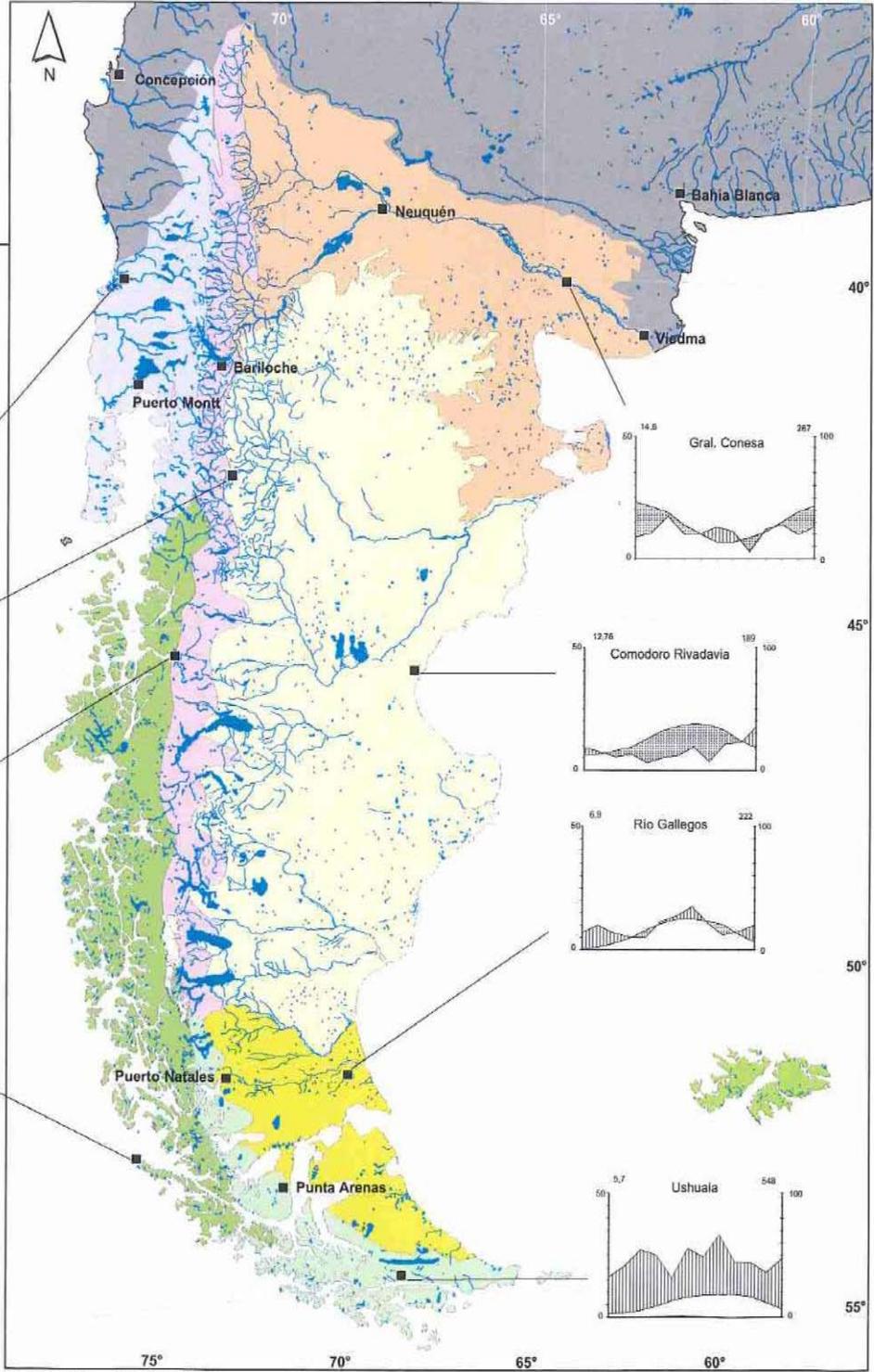
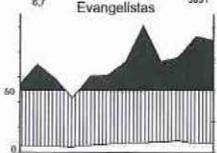
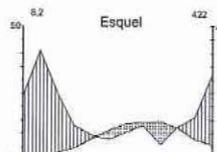
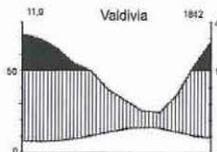
Figura N° 3.2. Distribución de turberas patagónicas



Realización:
Malvárez / Kandus / Carbajo
 © 2004 - Wetlands International

Este mapa se desarrolló para la siguiente publicación:
 Blanco, D.E. y V. de la Balze (eds.), 2004. Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Nota: Los climatogramas muestran la variación de la precipitación y la temperatura a lo largo del año, donde los meses de verano se ubican en el centro del diagrama. La zona punteada indica condiciones de sequía, la rayada condiciones de humedad y la de color negro los meses con precipitaciones superiores a los 100 mm.



Proyección del Mapa: Gauss Kruger WGS84.

Las fronteras, los nombres y toda otra información contenida en este mapa, no implican opinión alguna de parte de Wetlands International sobre la situación legal de cualquier país, territorio o área, o en relación a la delimitación de sus fronteras.

Fuente: Blanco y de la Balze, 2004

3.3 FORMACIÓN DE TURBERAS EN CHILE

Las turberas naturales, se encuentran asociadas a depósitos cuaternarios de origen glacial. En el caso de las turberas de la Décima Región, durante el Pleistoceno, gran parte de esta zona se encontraba bajo la influencia de una intensa actividad glacial, lo que produjo un importante avance de los hielos hacia el oeste que cubrieron la mayor parte de la actual Isla de Chiloé. Estos glaciares formaron un paisaje caracterizado por numerosas depresiones, que fueron rellenadas por el hielo y/o material sedimentario. Con el descenso de la actividad glacial, debido al progresivo calentamiento y posterior cambio climático, hace unos 13.000 años, el retiro de los glaciares dejó grandes masas de agua producto de la fusión del hielo, generando numerosas lagunas. Estas resultaron favorables para el desarrollo de abundantes comunidades vegetacionales con predominio de musgos del género *Sphagnum*. Ya en el Holoceno, estas lagunas fueron progresivamente reemplazadas por ciénagas y pantanos que, finalmente, dieron origen a los depósitos de turba (turberas) que se conocen en la actualidad, muchos de los cuales son ecosistemas activos (Crignola y Ordoñez 2002).

Los pomponales, son turberas generadas por el ser humano, originados por quemados o tala rasa de bosques en sitios con drenaje pobre. Frecuentemente se forman pomponales después de la quema de tepuales, cipresales o alerzales. Luego de la desaparición del bosque, estos sitios anegados son colonizados por el musgo *Sphagnum* debido a su gran capacidad para tolerar condiciones de anegamiento, y su presencia retarda considerablemente la recolonización arbórea (Díaz *et al.* 2005 a).

En el caso de las turberas de la Región de Magallanes, Bonarelli (1917), citado por Ruiz y Doberti (2005), indica que las turberas de Tierra del Fuego representan un fenómeno geológico reciente, que muchas están en vías de formación y que con seguridad las primeras capas de turba no tienen una edad más antigua del postglacial. En Magallanes, a diferencia de otros territorios a latitudes equivalentes del hemisferio norte o más septentrionales y más cálidos del sur, se presentaron a lo menos cuatro reavances glaciales, los últimos de los cuales llegaron incluso al Holoceno (iniciado hace unos 10 mil años antes del presente). Estos fenómenos afectaron directamente por englaciamiento o indirectamente, por depositación de sedimentos, a los territorios en los cuales se encuentran los turbales actuales. En consecuencia, se estima que ellos son más jóvenes que aquellos encontrados en ubicaciones no afectadas por estos últimos re-avances glaciales y varios de los cuales comenzaron su desarrollo en edades superiores a los 15 mil años antes del presente. Según Kilian (2003) el monte Burney, ubicado en la península Muñoz Gamero, tuvo cuatro pequeñas y dos grandes erupciones durante el Holoceno que, según los análisis de radiocarbono practicados, originaron estratos de tefra en turberas que en algunos casos superan los 9 mil años. Auer (1933, 1950, 1958, 1974), citado por (Heusser *et al.*, 1989), identificó cuatro estratos de tefra, las cuales designó, comenzando con la más antigua, Tefras O, I, II y III.

Algunas de estas depresiones o concavidades del sustrato carecían de efluentes que permitieran la evacuación de las aguas recibidas, por lo que fueron retenidas, formando lagunas, corrientemente de escasa profundidad. Otras, en cambio, se desaguaban parcialmente por escurrimiento. Estas diferencias se manifestaron en una diversificación básica en el proceso de origen y desarrollo de la vegetación, lo que se puede reconocer al presente por medio del análisis de los estratos más profundos de las turberas.

En las cuencas cerradas, donde se formaron lagunas, el proceso de colonización vegetal se inició por medio de plantas terrestres arraigadas en las orillas y por plantas acuáticas flotantes o arraigadas en las partes bajas. A medida que estas plantas o algunas de sus partes iban muriendo, sus restos predominantes, acumulándose más rápidamente que lo que podían ser biológicamente descompuestos, como consecuencia de las bajas temperaturas, escasa actividad bacteriana, etc., se depositaban en el fondo de la laguna disminuyendo su profundidad con el transcurso del tiempo, hasta alcanzar una etapa en que todo el volumen de la laguna se rellenaba de restos vegetales impregnados en agua. Sobre esta nueva superficie, de material casi exclusivamente orgánico, ya que los minerales estaban representados sólo por partículas arrastradas por las aguas y por el viento o provenientes de erupciones volcánicas, se establecían nuevas especies vegetales, que encontraban ahí condiciones ecológicas favorables y cuyo peso y depósito de restos comprimían la masa no consolidada en la cual se habían establecido (Ruiz y Doberti, 2005).

Algunas de estas depresiones abiertas, en las cuales parte del agua recibida podía escurrirse, permitieron también la formación de turba, pero por medio de un proceso diferente al desarrollado en cuencas cerradas. Aquí, cuando la cantidad de agua perdida por escurrimiento y evapotranspiración era inferior al volumen recibido, se estableció una cubierta herbácea de plantas higrófilas, formada principalmente por ciperáceas, juncáceas y otras de pantanos ácidos. Cuando la intensidad de acumulación de restos vegetales superó a la de la actividad de los procesos de descomposición biológica, comenzó a formarse un tipo de turba especial, conocida como ciperoídea, la que también produjo una elevación del sustrato sobre la napa freática mineralizada por contacto con el sustrato mineral.

Hasta que los turbales alcanzaron este estado de desarrollo, la descomposición de los restos vegetales se efectuaba bajo la superficie del agua, por lo tanto en un medio pobre en oxígeno, aunque con cierta cantidad de elementos minerales en disolución.

Los productos ácidos resultantes del metabolismo de bacterias y hongos que descomponían la materia orgánica, como ácidos húmicos y carbónicos, eran generados a una mayor velocidad que la necesaria para que pudieran combinarse totalmente con las bases contenidas en los materiales minerales, formando sales de reacción neutra, por lo que se disolvían como tales en el agua. De esta manera, a medida que se iba acumulando materia orgánica, aumentaba en forma paralela la acidez del agua de impregnación hasta concentraciones que sumadas a la pobreza en oxígeno, detenían primero la actividad bacteriana y más tarde todo el proceso de putrefacción y descomposición biológica, solo se producían cambios de naturaleza química que afectaban a los componentes contenidos hasta ese momento en los restos vegetales. Varios de estos, como ciertos tipos de hidratos de carbono (incluyendo la celulosa), ligninas, exinas, cutinas y otros, no son químicamente afectados en estas condiciones, por lo que las estructuras formadas por ellos se mantienen permanentemente inalteradas, pudiendo ser reconocidas hasta el presente (Ruiz y Doberti, 2005).

Al aumentar la profundidad de la acumulación turbosa en ambos tipos de turberas, el sustrato sobre el cual se establecían las plantas que llegaron en esta etapa a remplazar a las que primero se desarrollaron, continuó elevándose, gracias a la continuada acumulación de restos vegetales, hasta que la superficie se elevó lo

suficiente sobre la napa freática general de agua mineralizada, como para que esta nueva vegetación no pudiera alcanzarla a través de sus raíces. Estas plantas eran principalmente ciperáceas, otras herbáceas y algunos arbustos, entremezclándose con las hierbas, todos acidófitos adaptados a las condiciones climáticas de luminosidad predominantes en esos territorios.

Se originaron de esta manera turbales oligotróficos, que mantenían plantas cuya principal fuente de abastecimiento hídrico era el agua aportada por las precipitaciones y prácticamente libre de iones minerales (condición conocida como ombrotrofia). Estas condiciones favorecieron el establecimiento de musgos no esfagnosos (Bryales) y hepáticas, ambos tolerantes a cierto grado de sombreamiento producido por los estratos superiores de la vegetación, plantas que por su alta capacidad de retención de agua, podían mantener la superficie del turbal empapada de agua de lluvia, perpetuando condiciones favorables para la formación de turba .

En varios casos la composición botánica de estos turbales se estabilizó, principalmente como respuesta a cambios climáticos que se tradujeron en variaciones en la suma de precipitaciones u otros fenómenos que afectaron la profundidad de la napa freática. En otros, como en las turberas de lugares que reciben una precipitación anual comprendida entre aproximadamente 600 a 1200 mm (caso de Magallanes) los musgos no esfagnosos y las hepáticas terminaron eliminando, por competencia interespecífica, a las plantas vasculares o superiores creando en la superficie de la turbera condiciones de alta iluminación perjudicando su desarrollo y posibilitando el establecimiento de musgos esfagnosos heliófitos. En Magallanes la especie que se estableció fue *Sphagnum magellanicum* Brid., que también forma muchos turberas en el hemisferio norte, Australia oriental y sur de África (Matteri, 1981).

Fotografía N°3.1. Ramitas (filidios y caulidios) de *Sphagnum* sp



Fuente: Ruiz y Doberti, 2005.

En las zonas de la Región de Magallanes visitadas por Caspers & Hauser (2000), aquellas con precipitaciones anuales de 500-900 mm, distinguieron que primero se formaron turberas llanas, principalmente en valles más o menos anchos o en superficies llanas del pleistoceno, con morrenas de fondo y depósitos lacustres y, con menos frecuencia, sobre depósitos lacustres formados por aguas de deshielo

glaciar. En el momento en que la acumulación de turba, en las turberas llanas, alcanzó el nivel freático o disminuyó el aporte de aguas ricas en minerales, fue aumentando crecientemente el efecto de aguas lluvias pobres en nutrientes sobre la vegetación, iniciándose el desarrollo del musgo *Sphagnum*, generando una turbera alta. Este proceso continúa desarrollándose hasta hoy. Las zonas que registran una precipitación anual por sobre 900 mm (tal vez incluso con 800 mm de precipitación anual), se caracterizan por otro tipo de turberas altas: la turbera del tipo cojín, “pomponal”. En áreas que registran aun mayores precipitaciones, esta la posibilidad que se formen turberas altas de *Sphagnum*, también en laderas con una leve pendiente. No obstante, en la Patagonia y en Tierra del Fuego, la evolución geológica no favoreció la formación de turberas en manto de *Sphagnum* (blanket bogs).

3.4 EL GÉNERO *Sphagnum* EN CHILE

Las plantas del género *Sphagnum* se caracterizan por poseer tallos con ramas dispuestas en fascículos, y por las células de las hojas que son de dos tipos: unas pequeñas y verdes que hacen fotosíntesis, y otras grandes y transparentes que acumulan agua. Viven en terrenos pantanosos o inundados, y son los principales formadores de turba en el sur del país. Es el único género de musgos chilenos con valor comercial. Desde hace varios años que se exporta a países europeos, asiáticos y a Norteamérica, sin ningún tipo de regulación en su manejo (Larraín, 2008).

Corresponde a un género cosmopolita de alrededor de 200 a 300 especies, las que se distribuyen por todos los continentes, excepto en Antártica; representado en Chile por 16 especies de difícil determinación. En Chile se distribuye desde la Cordillera de Nahuelbuta hasta el cabo de Hornos, siendo muy abundante y diverso en las tierras bajas de las Provincias de Chiloé, Palena y Llanquihue (Díaz et al, 2005; Larraín, 2008).

Estas especies son macromorfológicamente muy semejantes entre sí, lo que dificulta su identificación a nivel específico, por ello, se hacen necesarios detallados estudios microscópicos (Ramírez 1997).

La especie más común en Chile es *Sphagnum magellanicum* Brid., que se caracteriza por su aspecto robusto, su típica coloración rojiza y por formar montículos en extensas turberas. Esta combinación de caracteres la hace ser única entre las especies chilenas. *Sphagnum magellanicum* es una especie cosmopolita; en Chile, se distribuye desde Malleco, IX Región hasta Magallanes, XII Región La especie que lo sigue en términos de abundancia es *Sphagnum fimbriatum* Wilson, que suele vivir en la periferia de los turbales formados por *S. magellanicum* (Larraín, 2009). Esta especie es la más comúnmente encontrada en las turberas a nivel nacional.

A continuación se nombran las especies de *Sphagnum* presentes en Chile (He, 1998; Larraín, 2009):

- *Sphagnum austroamericanum*
- *Sphagnum capillifolium*
- *Sphagnum cuspidatum*

- *Sphagnum dissimile*
- *Sphagnum dusenioides*
- *Sphagnum falcatulum*
- *Sphagnum fimbriatum*
- *Sphagnum magellanicum*
- *Sphagnum personatum*
- *Sphagnum recurvum*
- *Sphagnum schwabeianum*
- *Sphagnum subfalcatulum*
- *Sphagnum subnitens*
- *Sphagnum sebsecundum*
- *Sphagnum subserratum*
- *Sphagnum trinitense*

En la Isla de Chiloé han sido descritas 5 especies (Villagrán y Barrera, 2002):

- *Sphagnum acutifolium* Ehrh. Ex Schrad.
- *Sphagnum cuspidatum* (Ehrh.) Russ. y Warnst.
- *Sphagnum falcatulum* Besch.
- *Sphagnum fimbriatum* Wilst.
- *Sphagnum magellanicum* Brid.

Las especies anteriormente mencionadas, son muy comunes en la Isla de Chiloé, especialmente en las turberas o ñadis, donde cubren uniformemente el piso. Algunas de ellas semi-sumergidas en pozones de agua, como *S. falcatulum* y *S. fimbriatum* y otras formando enormes cojines hemisféricos, substrato de una diversa gama de diminutas plantas subantárticas, como *S. magellanicum* y *S. acutifolium* (Villagrán y Barrera, 2002). *S. falcatulum* crece semisumergida, formando colonias pequeñas. *S. fimbriatum* crece en los márgenes de las extensas turberas de *S. magellanicum* y en zonas inundadas en márgenes del bosque (Villagrán y Barrera, 2002).

3.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TURBERAS A NIVEL NACIONAL

Chile posee grandes extensiones de turberas, las que constituyen importantes depósitos de turba. Su distribución alcanza el máximo desarrollo entre las regiones X y XII, donde prevalecen las características naturales para su asentamiento. La Región de Magallanes concentra la mayor cantidad de depósitos de turba de *Sphagnum* del país (Henríquez, 2004). Sin embargo no existe información precisa de su ubicación, características y volumen. No se dispone de un catastro a nivel nacional de turberas que permita su cuantificación. Sólo se han realizado esfuerzos locales, descritos en el capítulo anterior (Región de Los Lagos, Isla de Chiloé y Magallanes) (Pérez, 2007). De hecho, en Chile la mayoría de la población desconoce qué es una turbera, y más aún sus funciones ambientales.

Adasme (2008) coincide con lo anteriormente señalado, pues afirma que no se conoce la localización, distribución geográfica y características preliminares de

depósitos de turba y que es altamente necesario contar con información geológica disponible y trabajo de terreno. Además agrega que tampoco se conoce la situación de explotación de turberas, ni se dispone de información sobre aspectos legales y proyectos de explotación.

Actualmente, en lo que respecta al uso y conservación de turberas en Chile, se debe mencionar que existe un aprovechamiento cada vez mayor de estos ambientes. Esto se debe básicamente a que además de extraérseles y aprovechar las fracciones de depósitos vegetales en descomposición incompleta (la turba propiamente dicha), últimamente se ha sumado la explotación del musgo *Sphagnum* sp., que se encuentra generalmente en la superficie de las turberas (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

Según Ursic (1989), citado por Green (2001), sólo un 12% del área de turberas a nivel nacional sería explotable comercialmente, debido principalmente a su difícil accesibilidad y a su alta presencia en áreas silvestres protegidas. De hecho, un porcentaje importante de las turberas nacionales se encuentran protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), especialmente en Magallanes, donde la superficie de turberas protegidas por el Estado asciende al 83% (Ruiz y Doberti, 2005). Por otra parte, una superficie importante de turberas se distribuye en áreas con escasas redes viales, lo cual ha provocado poco interés. Sin embargo, el mejoramiento de las redes viales y la apertura de nuevos caminos, en la última década, ha favorecido el acceso a áreas de turberas aumentando el interés de empresarios por explotar este recurso (Henríquez, 2004).

En cuanto al recurso turba, en Chile existe una importante reserva de turba, sin embargo no existe información precisa de su ubicación, características y volumen. La Región de Magallanes concentra gran parte de los depósitos de turba de *Sphagnum* del país. Como se detalla en el capítulo 2.5, en esta región se ha estimado una superficie de 2,27 millones de ha de turberas y una profundidad promedio de turba de 3,8 m., con una variación de 2,2 a 5 m. (Ruiz y Doberti, 2005). En la Región de Magallanes se han desarrollado explotaciones comerciales de turba con métodos primitivos de extracción, poniendo en riesgo su sustentabilidad y la de las comunidades vegetales vecinas (Henríquez, 2004).

Pérez (2007) señala que existen tres actividades que condicionan la sustentabilidad del musgo *Sphagnum* y su ecosistema (pomponales y turberas):

- 1) La explotación del musgo *Sphagnum*, debido a la apertura de nuevos mercados y usos alternativos de este recurso,
- 2) La extracción del recurso turba,
- 3) El drenaje para la forestación de terrenos que albergan el musgo o para el pastoreo.

3.5.1 Extracción del musgo *Sphagnum*

La extracción de turba y la cosecha de musgo vivo, constituyen actividades extractivas cuyo grado de perturbación en el ambiente difieren entre sí. La primera tiene por objetivo extraer la turba, es decir, la materia orgánica semi-descompuesta que forma los estratos inferiores de las turberas (catotelmo) y la segunda tiene como fin cosechar sólo las partes vivas del musgo, que en general se ubican en los primeros 50 cm de la turbera (acrotelmo) (Tapia, 2007).

En las formaciones secundarias de *Sphagnum*, llamadas pomponales, el musgo es cosechado por agricultores de la zona para comercializarlo en el extranjero. Se utiliza principalmente como sustrato para cultivos hortícolas, frutales y de orquídeas, como también para la industria de productos absorbentes y material de empaque, además de presentar diversos usos como planta medicinal (Oberpaur et al, 2008).

La cosecha del musgo es bastante artesanal, sin embargo, últimamente esta actividad se está masificando e industrializando. Se ha convertido en una actividad económica importante, especialmente para la agricultura familiar campesina. Existen zonas de la provincia de Llanquihue, como Calbuco y Maullín donde la presencia de este musgo ha disminuido notoriamente debido a la sobreexplotación. Por tal motivo, en los últimos años la cosecha del musgo se ha ampliado a zonas como Palena y Chaitén. Al ritmo de extracción del musgo en zonas de la X región, no es ilógico pensar que en poco tiempo más se estará explotando el recurso en la XI región (Pérez, 2007; Oberpaur et al, 2008; Valenzuela Rojas y Schlatter 2004).

En la Isla de Chiloé, los sitios de extracción se extienden mayoritariamente desde el norte de la Isla hasta la comuna de Dalcahue. Por su parte, la zona intermedia entre Dalcahue y Quellón ha sido explotada de manera más moderada en comparación al extremo norte de la Isla de Chiloé. El recurso *Sphagnum* se encuentra prácticamente agotado en gran parte del territorio de la Isla de Chiloé (refiriéndose solamente a sectores de fácil acceso vial) (Valenzuela y Schlatter 2004).

La extracción del musgo se realiza durante todo el año, sin embargo, durante el invierno el acceso a los humedales se ve dificultado por la cantidad de agua que contienen, por lo tanto el período comprendido entre los meses octubre-noviembre es el más favorable para realizar los trabajos de cosecha. En la cosecha generalmente participa toda la familia y se estima que una persona puede cosechar hasta 40 kg de musgo húmedo (Pérez, 2007).

La cosecha se realiza en forma manual, quedando prohibido el uso de herramientas. El humedal debe ser separado en parches o parcelas y se debe cosechar solo un tercio de la superficie de cada parche, dejando montículos de musgo intactos sin cosechar para facilitar la regeneración del musgo, a través de la liberación de sus esporas. Una vez cosechado el musgo, el sitio debe ser pisoteado hasta alcanzar el nivel freático y luego destinar algunos de sus sacos cosechados a la resiembra. Esta se realiza liberando al voleo el desecho de cosecha hasta cubrir la superficie con una delgada capa de *Sphagnum*. El tiempo de regeneración del musgo varía entre los 3 y 5 años, tiempo que debe ser respetado para favorecer una buena regeneración (Pérez, 2007).

Según Orueta (2007), el proceso productivo del musgo consta de divide en etapas: extracción del musgo, secado en tendales, harneo y limpieza y finalmente, la clasificación y embalaje final (ver fotografía 3.1).

Según Orueta (2007), las exportaciones en los últimos diez años han aumentado progresivamente, con un promedio de crecimiento para los últimos 4 años de un 20%. La producción del año 1996 fue de 238 t. En el año 2000 bordeó las 1.000 t, llegando en el año 2007 a un total de 3.574 t.. El musgo es exportado principalmente a Taiwán, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, China, y Holanda, entre otros (Orueta, 2007).

La gran demanda ha provocado que algunos agricultores de la Región de Los Lagos hayan usado indiscriminadamente del recurso durante los últimos 20 años. Esto se ve reflejado directamente en el dramático aumento de las exportaciones, provocando la degradación de estos humedales. La extracción de *Sphagnum* en muchos de estos humedales ha sido completa, dejando sitios completamente inundados en los que no se observa regeneración del musgo. Estas formaciones secundarias de *Sphagnum* o pomponales se encuentran en predios de pequeños propietarios o en terrenos fiscales. El impacto ecológico de esta actividad se desconoce (Pérez, 2007).

Fotografía N° 3.2. Proceso productivo de *Sphagnum* en Puerto Montt, Chile.



Fuente: Vaccarezza, 2009.

Según Oberpaur et al (2008), los principales problemas de los pomponales a nivel nacional son los siguientes:

- Los rendimientos de la cosecha de musgo son menores al potencial.
- Existe cosecha ilegal y robo de musgo
- Arriendo de pomponales para cosechar “lo más que se pueda”
- Los agricultores desconocen de qué forma realizar un manejo que minimice los impactos negativos y ayude a la regeneración natural.
- Se observa tránsito y pastoreo de animales sobre los pomponales con frecuencia

- Presencia de drenes que desecan los pomponales
- En algunos casos se cosecha con herramientas inapropiadas

En conclusión, los pomponales, presentes principalmente en la X región, necesitan con urgencia planes de restauración y manejo sustentable. Por otra parte, no existe en Chile una normativa que regule o controle la extracción del musgo *Sphagnum*, a esto se suma la escasa preocupación de organismos estatales por la conservación de este recurso.

Fotografía N° 3.3. Sitio intervenido para extraer turba de *Sphagnum* en Lecam, Isla Grande de Chiloé.



Fuente: Vaccarezza, 2007

3.5.2 Extracción de turba

Para explotarlas, las turberas son drenadas, lo que gatilla la pérdida de integridad del ecosistema, determina la pérdida de sus propiedades de humedal y finalmente se consuma su transformación en otro tipo de suelo, generalmente degradado (Saavedra, 2010).

Las prácticas actuales de extracción de turba a nivel mundial utilizan gran variedad de métodos desde pala hasta equipos o máquinas (palas mecánicas semiautomáticas, perforadoras y trepanadoras neumáticas). Si bien en Chile los métodos de extracción de turba han sido principalmente de tipo artesanal, con casi nula mecanización, eventualmente solo para el traslado del material del sitio a las

canchas de acopio, actualmente se observa un incremento en la mecanización de algunas faenas (Adasme, 2008).

En general la extracción de turba en Chile ha sido un negocio de pequeña escala, concentrado en pocos productores, generalmente pequeños, que no incorporan valor agregado al producto. Sin embargo en los últimos años se ha observado un sostenido aumento del interés por el negocio, principalmente en Magallanes.

Según Landry et al (2010) sólo el 12% del total de turberas de la Región de Magallanes presenta potencial para la extracción comercial, existiendo limitaciones debido a la compleja accesibilidad y falta de conocimiento técnico y de sus perspectivas económicas. Sin embargo, si esta área se destinara a la producción, Chile podría ser competitivo en la producción global. Actualmente, 0,003% de la superficie de turberas ha sido económicamente utilizada (Ruiz y Doberti, 2005).

Existen dos métodos básicos de explotación y cosecha: método de la turba en bloques y turba molida. En Chile el método más usado es el primero. Considerando, por lo tanto, que la condición actual de uso del turbal es la extracción de turba (artesanal o mecanizada), las actividades de cosecha deben estar condicionadas y planificadas para prevenir o mitigar los impactos negativos que ella genere (Ruiz y Doberti, 2005).

Las etapas más comunes en la extracción de turba en bloque son: drenaje, destape, corte, secado y traslado fuera del yacimiento, eventualmente molienda y embolsado, estas dos últimas fuera del sitio. Tales etapas de cosecha de turba, detalladas a continuación, producen impactos directos e indirectos sobre el recurso y el ambiente (Ruiz y Doberti, 2005).

Etapas de operación:

- Drenaje: Reducción del nivel freático en la turbera a través de la construcción de drenes o zanjas que evacuan el agua fuera de la turbera.
- Destape: Remoción mediante rastra y descarte de la cubierta vegetal, aproximadamente los 10 cm. iniciales.
- Corte: Extracción de la turba a profundidades variables, desde los 10 cm. de profundidad hasta n metros, generalmente no superior a 1,5 metros de profundidad. En Chile el corte se realiza en forma de bloques, de manera mecanizada o manual.
- Secado: Consiste en dejar la turba extraída expuesta al aire, normalmente apilada, durante algún tiempo (variable de acuerdo a las condiciones atmosféricas) a las brisas y vientos para bajar el contenido de humedad a un 500% aproximadamente (inicialmente puede ser mayor a 1000% sobre peso seco).

Traslado: Una vez secado el material es retirado y trasladado a las canchas de acopio, normalmente utilizando carros de arrastre, para ser trasladado a destino o planta.

Etapas de Abandono

Retiro de las instalaciones.

Cierre del sistema de drenes o evacuación del agua.

Restauración. Una vez cosechada la turbera esta puede recuperar sus funciones, ya sea por regeneración natural o por restauración (Adasme, 2008; Ruiz y Doberti, 2005; Green, 2001). Debe mencionarse que los sitios, una vez cosechados, son sistemáticamente abandonados, pues no existe obligación regulatoria alguna para su restauración (ver Capítulo 7.4). El Código Minero no incluye consideraciones para la restauración de las funciones de este tipo de ecosistemas. Por otra parte, estas aparecen mencionadas en la Ley N°19.300 que establece la Política Ambiental y su Reglamento, que detalla el Sistema de Evaluación Ambiental de Chile.

Fotografía N° 3.4. Extracción mecanizada de turba en bloques en Magallanes



Fuente: Vaccarezza, 2010.

Según Valenzuela-Rojas y Schlatter (2004), las principales limitaciones que restringen la explotación y comercialización de la turba en Chile tienen relación con la extensión de los depósitos y mayoritariamente con el desconocimiento de sus propiedades, muy particularmente en lo que se refiere a sus características físico-químicas y a su capacidad como fertilizante orgánico y sustrato de cultivo.

La lejana y austral localización de los depósitos de turba en Chile hace que los costos de transporte sean altos y que los períodos de operación sean restringidos. El

período de extracción está concentrado entre los meses de octubre y abril. Las limitaciones climáticas y la difícil accesibilidad de muchas turberas determina que sólo algunos sectores sean comercialmente interesantes de explotar (Green, 2001).

Los sitios donde se ha extraído turba difícilmente vuelven a ser ecosistemas funcionales, debido a que el drenaje y la extracción de turba provocan una caída en el nivel freático, favoreciendo la descomposición de la turba. De este modo, las turberas cosechadas pueden transformarse en ecosistemas que liberan CO₂ (Tuittila, 2000; Van Seters y Price, 2001, citados por Tapia 2007).

El principal impacto que afecta al ecosistema turbera, generado por la cosecha, ocurre sobre el **sustrato** de turba (generalmente especies del género *Sphagnum*) producto de su remoción y extracción, y el efecto sobre el **nivel freático** de esta.

Para la explotación industrial de depósitos de turba es corrientemente necesario bajar la napa de agua freática, lo que se consigue por medio de la excavación de zanjas de drenaje que desembocan en canales colectores de donde se escurre por gravedad a terrenos más bajos o pozas de los cuales se extrae por bombeo (Pisano, 1983).

Fotografía N° 3.5. Sistema de drenaje en una turbera en producción



Fuente: Ruiz y Doberti, 2005

En Chile, existen depósitos de turba generados por la descomposición de restos vegetales del género *Sphagnum* en la Isla de Chiloé (Crignola y Ordoñez 2002). Estas turberas han sido explotadas para la extracción de turba, cuya producción es enviada a la zona central del país para ser utilizada en horticultura (Valenzuela-Rojas y Schlatter 2004).

Actualmente, según el Catastro de Turberas realizado por Sernageomin (2008) en la Isla de Chiloé, las turberas en explotación son Romazal y Tarahuín, cuya producción es enviada a la zona central del país para ser utilizada en horticultura.

En relación al marco regulatorio de la turba, en Chile no existe una normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas, por el contrario, la normativa actual promueve la extracción de turba y la clasifica como minería no tradicional, en desmedro de su conservación. Dado que el recurso turba se considera mineral no metálico, los estudios para su explotación son dirigidos principalmente por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). La turba es considerada como recurso minero (Ley N°18.248, Art. 5°), por tanto se encuentra disponible a concesión (Adasme, 2008; Pérez, 2007).

SERNAGEOMIN es la institución del Estado encargada de recabar información respecto a la localización, propiedades físico-químicas, espesores explotables, evaluación preliminar de reservas y modalidades de explotación del recurso turba en Chile. Ésta debe cumplir con exigencias tales como el otorgamiento de una concesión de exploración (manifestación) y la explotación con mensura y pago permanente de patente minera, por tanto distinta e independiente del dominio del terreno superficial (Valenzuela-Rojas y Schlatter 2004).

Por otra parte la única instancia de regulación ambiental de la actividad, el SEIA, ha aprobado solo 2 declaraciones a nivel nacional en el transcurso de la historia, sin embargo es sabido que han existido unas 6 explotaciones no ingresadas, lo cual indica que la normativa ambiental no está cumpliendo su función de protección del recurso (Adasme, 2008).

En el caso de la Región de Magallanes, desde hace varias décadas se han desarrollado explotaciones comerciales de turba con métodos primitivos de extracción, poniendo en riesgo su sustentabilidad y la de las comunidades vegetales vecinas (fundamentalmente bosques caducifolios y en menor grado bosques húmedos). Esta metodología altera profundamente el hábitat natural y lo destruye, no sólo por la extracción de la turba, sino también por las actividades derivadas del transporte, cambios de curso y retención de agua, movimiento de máquinas, etc (Henríquez, 2004).

En cuanto a la explotación de las turberas en la Región XII, actualmente se estima que solo alrededor de un 0,003% de la superficie total de ellas ha sido explotada, existiendo solo 3 explotaciones en curso, lo cual indica, que es una actividad de bajo impacto e incipiente desarrollo que presenta muy buenas perspectivas económicas, tanto por la demanda y precios transados, como por la abundancia y calidad del recurso. Las actuales turberas en explotación son Grazzia San Juan, Plinius y Cameron, cuya producción, al igual que la de Chiloé, es enviada a la zona central para fines hortícolas. Sin embargo el problema es que no existen las bases científico-ambientales, jurídicas y comerciales que aseguren el desarrollo sustentable de las turberas en la Región de Magallanes y en el país (Seremi Agricultura e INIA Magallanes, 2008).

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, específicamente en horticultura y floricultura, demanda como principal insumo la turba, constituyendo la compra de ésta, un 60%

del costo de los insumos asociados. En su gran mayoría, la turba utilizada para estos fines en Chile es importada, y 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 (Seremi Agricultura e INIA Magallanes, 2008).

Actualmente, el recurso turba en los principales países productores (Canadá, Holanda, Alemania, Irlanda, entre otros), se encuentra prácticamente agotado y limitado por una normativa muy rígida que implica altos costos de inversión para los empresarios. Es por ello que las empresas extranjeras productoras de turba, visualizan a Chile como un buen lugar para desarrollar su actividad, existiendo a la fecha algunos pedimentos mineros en la región de Magallanes. Por otra parte, debido a la actual coyuntura política y económica mundial y nacional, existe una presión sobre las fuentes energéticas no convencionales, como es el caso de la turba, vislumbrándose por parte de las empresas ligadas al rubro energético buenas perspectivas económicas para la explotación minera de las turberas (Seremi Agricultura e INIA Magallanes, 2008).

Se estima que el conocimiento de nuevos usos para la turba, la correcta evaluación del potencial y reservas de este recurso en la zona, unido a la incorporación de modernas técnicas de extracción, secado, envasado y transporte, generarían, en el mediano plazo, un gradual y sostenido incremento en el interés por desarrollar nuevas explotaciones del recurso turba en Chile (Crignola y Ordoñez, 2002).

Los planes de utilización de la turba surgen como una alternativa propuesta por los organismos del Estado para obtener un valor productivo de suelos poco provechosos desde el punto de vista agrícola ganadero (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

Así, los turbales de *Sphagnum magellanicum* se han convertido en un recurso de importancia económica, sobre todo en Magallanes y se han iniciado explotaciones que tienden a incrementarse en cantidad y volumen. Al respecto, es importante hacer un manejo adecuado de este recurso natural renovable, reducir los impactos de las explotaciones y diseñar planes de conservación, aunque legalmente se considere a la turba como un mineral.

3.5.3 Drenaje y forestación de terrenos

Otra causa de degradación de pomponales y turberas es el drenaje de terrenos ñadis y otros humedales que contienen turberas de musgo *Sphagnum*, sobre todo en la provincia de Llanquihue en la Isla de Chiloé, para ser destinados a otra actividad, especialmente la forestación, y en algunos casos, también la ganadería. La creciente necesidad de parte de los campesinos por obtener un uso productivo de sus tierras inundadas, ha dado inicio a un programa de forestación con especies exóticas de rápido crecimiento, como el *Eucalyptus globulus*, dando excelentes resultados y altas tasas de crecimiento. Estos árboles se plantan en las lomas de tierra que se forman

por la excavación de fosas o acequias que sirven para encausar el exceso de agua (canales de drenaje). Estos trabajos se están efectuando en algunos sectores de la Isla de Chiloé, dotando a los campesinos con una novedosa y nueva fuente de ingresos (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

Fotografía N° 3.6. Parcelas sometidas a planes de forestación de suelos inundados (pomponales) en la Isla Grande de Chiloé.



Fuente: Valenzuela-Rojas y Schlatter (2004)

Sin embargo esta acción compromete – al igual que la explotación directa del musgo *Sphagnum* – la conservación de estos humedales, sometiéndolos a un disturbio permanente. Los terrenos que están siendo sometidos a este tipo de tratamiento abarcan grandes superficies, y la aplicación de este procedimiento no implica estudios acabados en lo que respecta a los cambios hidrológicos ni biológicos de estos ambientes (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

3.6 LAS TURBERAS CHILENAS

De acuerdo al Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF et al., 1999), existe una superficie aproximada que asciende a las 4.616.795,03 hectáreas de humedales en el país, equivalentes al 6% del territorio de Chile. Debido a la diversidad de bioclimas de Chile, en el país se encuentra una gran variedad de humedales, incluyendo entre otros a vegas y bofedales, hualves o pitrantos, ñadis herbáceos y arbóreos, mallines y turberas.

Chile posee grandes extensiones de turberas, las que constituyen importantes depósitos de turba. Su distribución alcanza el máximo desarrollo entre las regiones X y XII, donde prevalecen las características naturales para su asentamiento.

El concepto "turbera" -según el Ministerio de Minería de Chile- se asigna a un área donde la turba está siendo producida y acumulada con espesor de perfil mayor a 30 cm. En cuanto a la distribución de las turberas en Chile, existe una confusión y subestimación de la superficie real de tales ecosistemas. Así como no se tiene una clara idea de la magnitud del recurso turba, tampoco existen claras definiciones de los diferentes tipos de turbales, aunque al menos se tiene avanzada su tipificación botánica en algunas regiones del país y de la Argentina. Al respecto, no existe en Chile, un catastro nacional del recurso que permita su cuantificación. Sólo han existido esfuerzos puntuales y locales, descritos a continuación.

Existen sólo dos estudios regionales que han cuantificado la superficie de turberas en el país. Según Geosoluciones (2008), en la Región de Los Lagos hay un total de 102.848,9 hectáreas (2% de la región), de las cuales 86.238 hectáreas corresponden a pomponales y el resto se clasifica como turberas. Si bien las turberas chilenas se distribuyen entre la X y XII región, es Magallanes la región con mayor abundancia del recurso. Se calcula que esta región cuenta con de 2.270.000 ha de turberas, equivalentes a un 17% del territorio regional, contando con un enorme potencial de uso (SEREMI-INIA Magallanes, 2008)

La especie más común en Chile es *Sphagnum magellanicum* Brid., que se caracteriza por su aspecto robusto, su típica coloración rojiza y por formar montículos en extensas turberas.

Existen tres actividades que condicionan la sustentabilidad del musgo *Sphagnum* y su ecosistema (pomponales y turberas) en Chile:

- La explotación del musgo *Sphagnum*, debido a la apertura de nuevos mercados y usos alternativos de este recurso,
- La extracción del recurso turba,
- El drenaje para la forestación de terrenos que albergan el musgo o para el pastoreo.

3.7 BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA

ADASME, CECILIA. 2008. Normativa y Aspectos Técnicos Generales de la Explotación de Turba en Chile. Departamento Ingeniería y Gestión Ambiental. Sernageomin. En: Simposio sobre Sphagnum. Puerto Montt.

CASPER, G. & A. HAUSER. 2000. Estudio de turberas altas ("Pomponales" raised bogs) en la XII Región de Chile. Cooperación Técnica Chileno – Alemana, Sernageomin – Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales. Informe Técnico, Hannover.

CHLORIS CHILENSIS. 2009. Catálogo de las plantas vasculares del Área Altoandina de Salar de Coposa - Cordón Collahuasi. Región de Tarapacá. Revista Chilena de Flora y Vegetación. Disponible en: <http://www.chlorischile.cl/COLLAHUA/collahua.htm>. Fecha consulta: 10/04/2010.

CONAF et al. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Proyecto CONAF - CONAMA – BIRF.

CONAMA - CEA. 2006. Protección y Manejo de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Informe Final. Contrato CONAMA N°31-22-001/05. 207 p. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/articles-41303_recurso_1.pdf. Fecha de consulta: 10/08/2010.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

CRIGNOLA, P. Y ORDÓÑEZ, A. 2002. Perspectivas de utilización de los depósitos de turba de la Isla de Chiloé, Décima Región de Los Lagos, Chile. Simposio de Geología Ambiental para Planificación del Uso de Territorio, Puerto Varas.

DE LA BALZE, V. M. Y BLANCO, D. E. 2004. Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

DE LA BALZE, V., BLANCO, D. y LOEKEMEYER, N. 2004. Aspectos sobre usos y conservación de los turbales Patagónicos. En: Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina, pp. 129-140.

DÍAZ, M.F., ZEGERS, G. y LARRAÍN, J. 2005 a. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. 33 p. [En línea]. Disponible en: www.sendadarwin.cl

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J. y ZEGERS, G. 2005 b. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. 38 p. [En línea]. Disponible en: www.sendadarwin.cl Díaz *et al.* (2005)

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista chilena de Historia Natural. 81(4): 455-468

DÍAZ, M.F. Y ARMESTO J.J. 2007. Physical and biotic constraints on tree regeneration in secondary shrublands of Chiloé Island, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 80: 13-26.

GEOSOLUCIONES. 2008. Estudio sobre las Turberas Productoras de Musgo *Sphagnum magellanicum*, en la X Región. Gobierno de Los Lagos – ODEPA.

GREEN, DANIEL. 2001. Estudio del mercado de la turba en Chile. Tesis (Ing. Forestal). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 163 p.

HAUENSTEIN, E., GONZALEZ, M., PEÑA, F. & MUÑOZ, A. 2002. Clasificación y Caracterización de la Flora y Vegetación de la Costa de Toltén (IX Región, Chile). *Gayana Botánica* 59 (2): 87-100.

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: Blanco DE & VM Balze (eds). *Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, Publicación No. 19: 87-92. *Wetlands International - América del Sur*, Buenos Aires, Argentina.

HEUSSER, C., L. HEUSSER & A. HAUSER. 1989. A 12.000 Years B.P. Tephra Layers at Bahía Inútil (Tierra del Fuego, Chile). *Anales Inst. Pat. Cs. Nat. Punta Arenas, Chile*. Vol. 19 N°1, 1989-1990.

ITURRASPE, R. Y ROIG C. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego. En: *Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y Conclusiones*. Coronato y Roig Editores. Ushuaia, Argentina. Pp. 85-93.

JOOSTEN, HANS & CLARKE, DONALD. 2002. *Wise Use of mires and Peatlands*. International Mire Conservation Group, International Peat Society.

LANDRY, J. *et al.* 2010. Canadian peatland restoration framework: a restoration experience in Chilean peat bogs. *Peatlands International* 2/2010: 50-53.

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

LARRAÍN, JUAN. 2008. Caracterización florística de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. Departamento de Botánica. Universidad de Concepción. En: *Seminario Internacional Musgo Sphagnum*. Puerto Montt. Disponible en: <http://www.musgosphagnum.cl/noviembre.htm>. Fecha de consulta: 13/03/2010.

LARRAÍN, JUAN. 2009. *Musgos de Chile*. Disponible en: <http://www.musgosdechile.cl>. Fecha de consulta: 03/03/2010.

MMA – CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA. 2011. *Diseño del inventario nacional de humedales y seguimiento ambiental*. Ministerio de medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 p.

OBERPAUR, C. 2008. *Prospección y difusión tecnológica para la extracción sustentable de musgo (Sphagnum sp.) en Chile*. Proyecto Innova PDT 207 6569. UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS. En: *Seminario Internacional Sphagnum*. Puerto Montt.

ORUETA, EMILIANO. 2008. *Estudio de Mercado sobre Sphagnum magellanicum*. Memoria (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomás.

PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change*. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PÉREZ, IVAN. 2007. Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Memoria (Ingeniero Forestal). Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Santo Tomás. 93 p.

PISANO, E. 1983. The magellanic tundra complex. In: Mires, swamp, bog, fen and moor. Gore, A.J.P. (Ed.). Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 295-329.

RAMIREZ, C. 1997. Informe elaborado en el marco del proyecto: "Explotación comercial del *Sphagnum* moss", ejecutado por la empresa Los Volcanes S.A. y financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico FONTEC. pp 5-8.

RUIZ y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0 Informe Final. Punta Arenas.

ROIG, C. y ROIG, F. 2004. Consideraciones Generales. En: BLANCO, D. y V.M de la BALZE (eds). Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. pp. 5-21.

SAAVEDRA, BARBARA. 2010. Turberas en Tierra del Fuego. Parque Karukinka. Wildlife Conservation Society WCS Chile Disponible en: www.karukinkanatural.cl/imagenes/11/turberas.pdf. Fecha de consulta: 20/09/2011.

SCHLATTER, R. y SCHLATTER J. 2004. Los turbales en Chile (En línea). Consultado el 08 de febrero del 2008. Disponible en: <http://www.benthos.cl/ltdlp/cap-05.pdf>

SCHUMANN, MARTIN Y JOOSTEN, HANS. 2008. Global Peatland Restoration Manual. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.

SEREMI DE AGRICULTURA REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA – INIA KAMPENAIKE. 2008. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. Proyecto FONDEMA.

SERNAGEOMIN - GORE Los Lagos. 2008. Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de Los Lagos. Informe Final. Servicio Nacional de Geología y Minería-Gobierno Regional de Los Lagos. 292 p. Puerto Varas.

SQUEO F.A., IBACACHE E., WARNER B., ESPINOZA D., ARAVENA, R. & GUTIÉRREZ J.R. 2006. Productividad y diversidad florística de la vega Tambo. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes Desérticos: La Alta Montaña del Valle del Elqui: 325-351. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. Chile.

STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENK, H., SCHIMPER, A. 2004. Tratado de Botánica. Traducido por María Jesús Fortes. 35ª ed, Barcelona, España. 1134 p.

TAPIA, CAROLINA. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. En turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

TUITTILA, E. 2000. Restoring vegetation and carbon dynamics in a cut-away peatland (On line). <<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/ekolo/vk/tuittila/restorin.html>> (19 jun. 2007).

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 DE & VM Balze (eds). Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad, Publicación No. 19: 87-92. Wetlands International - América del Sur, Buenos Aires, Argentina.

VILLAGRAN, C. y BARRERA, E. 2002. Musgos del Archipiélago de Chiloé, Región de Los Lagos, CONAF. Chile. 22 p.

ZEGERS, G., LARRAÍN J., DÍAZ, F., ARMESTO, J. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de Sphagnum en la Isla Grande de Chiloé. Revista Ambiente y Desarrollo. CIPMA 22(1): 28-34.

CAPÍTULO IV

RESTAURACIÓN DE TURBERAS DEGRADADAS

Las turberas son reconocidas en todo el mundo como un recurso económico y ecológico fundamental, a pesar de que hasta hace poco tiempo se les ha prestado escasa atención por parte de los sectores dedicados a la conservación. Como ya se descrito en los capítulos anteriores, las turberas son ecosistemas que contribuyen a la diversidad biológica, al ciclo hídrico mundial, al almacenamiento mundial de carbono – que guarda relación con el cambio climático – y otras funciones relativas a los humedales valiosas para las comunidades humanas.

La restauración ecológica de un hábitat es el proceso mediante el cual se ayuda a la recuperación de un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido. Debido al hecho que la restauración de un ecosistema del tipo humedal hacia sus patrones originales es casi imposible, una turbera debe ser mejorada tanto cuanto las limitaciones socioeconómicas y ambientales lo permitan. Las limitaciones ambientales se refieren a condiciones controlables tales como la hidrología y biología del ecosistema y a condiciones no controlables como el clima. En cuanto a las limitaciones socioeconómicas, estas serán muy variables, dependiendo de la escala y tiempo que ha durado la perturbación del ecosistema (Rochefort y Lode, 2006).

La restauración de las turberas busca, en primer término, restablecer la carpeta vegetal dominante de *Sphagnum*, tanto como el régimen hidrológico típico del ecosistema. Sin embargo, el proceso de restauración debe estar orientado a devolver las funciones ecosistémicas necesarias para su autoperpetuación, tales como:

- Una productividad que permita la acumulación de carbono
- El ciclo de los nutrientes
- Recuperación de la estructura vegetacional, favoreciendo la biodiversidad a nivel de flora y fauna
- Capacidad para resistir invasiones biológicas (Rochefort y Lode, 2006).

Estos ecosistemas son considerados por los especialistas como de alto riesgo de desaparición y, de no mediar un uso racional, el recurso aprovechable se extinguirá. Por ese motivo se ha destacado como un hábitat en situación crítica en términos de conservación (Matteri 1998). En varios casos, las perturbaciones en turberas ocurren naturalmente, o fueron realizadas en el pasado, en otros casos son inevitables pues corresponden a actividades humanas que rinden algún beneficio.

Así, el concepto de uso racional de las turberas (“wise use”), que implica un manejo que considere la conservación y usos no destructivos, debe aumentar en el

futuro próximo. El proceso de restauración de las turberas debe enmarcarse bajo el concepto de uso sustentable. Este significa que, después de cualquier tipo de perturbación, una turbera y sus principales funciones deben necesariamente ser restauradas a escala humana, así las generaciones futuras podrán apreciar la existencia de estos particulares ecosistemas (Rocheftort y Lode, 2006).

Este capítulo comienza discutiendo aspectos sobre conservación de turberas, para luego profundizar en conceptos claves relativos a la restauración ambiental en términos generales, finalmente analizar el caso particular de la restauración de turberas degradadas, y experiencias y protocolos de restauración en países tales como Canadá, Alemania, Irlanda, entre otros.

4.1 ASPECTOS SOBRE CONSERVACIÓN DE LAS TURBERAS

El concepto de conservación de una turbera se explica como el mantenimiento de su productividad bajo una determinada condición de uso. Dicha productividad es función de un conjunto de condiciones ambientales, y en particular, de los atributos físicos y químicos del suelo o sustrato de turba (Ruiz y Doberti, 2005).

Los principales componentes del ecosistema de turberas que sustentan sus propiedades y funciones en el largo plazo son el suelo o sustrato, agua, aire, biota (flora y fauna) y paisaje. Por lo tanto, en un contexto más amplio, se entiende conservación del sistema como el mantenimiento de su productividad considerando todos los componentes de su ecosistema, bajo una determinada condición de aprovechamiento (Ruiz y Doberti, 2005).

A fin de favorecer el secuestro de CO₂, mantener la biodiversidad, preservar la capacidad de retención de agua, favorecer el desarrollo económico local tanto como contribuir a la sostenibilidad de las comunidades rurales cercanas a las turberas, es altamente necesario lograr un balance entre la protección y utilización de las turberas (Parish et al, 2007).

La protección de las turberas prístinas existentes en la actualidad debiera ser una de las estrategias de manejo más relevantes y efectivas para reducir las emisiones de CO₂. Ellas no debieran ser drenadas ni perturbadas, de manera de proteger estrictamente la biodiversidad, el secuestro de carbono y las reservas de agua, por nombrar algunos de los principales servicios ecosistémicos ofrecidos por las turberas. Sin embargo, además de la total protección de las turberas prístinas, resulta fundamental rehabilitar aquellas turberas que presentan algún grado de degradación, de manera de permitir que continúen ofreciendo sus principales servicios ecosistémicos (Parish et al, 2007).

4.2 RESTAURACIÓN AMBIENTAL

La recuperación de ambientes degradados es una actividad creciente en nuestros tiempos. El tema ha adquirido relevancia en la actualidad dada la imperiosa necesidad de recuperar ecosistemas o partes de ecosistemas que corren el riesgo de

desaparecer debido a las graves alteraciones que han sufrido como resultado de actividades humanas desarrolladas bajo esquemas no sustentables (Bocco, 2005).

4.2.1 Ecosistemas degradados y sus causas

La sucesión ecológica es el proceso de desarrollo del ecosistema en la dirección de una mayor productividad, biomasa, complejidad estabilidad y control del ambiente por los seres vivos. La sucesión se caracteriza por el reemplazo de unas especies por otras en un lugar a través del tiempo, a todo nivel: físico, biótico y social. La sucesión puede ser primaria, cuando ocurre sobre un sustrato desnudo, o secundaria, en ecosistemas perturbados, a partir de los remanentes que la intervención ha dejado (DAMA, s/año).

Un ecosistema degradado es aquél que presenta una modificación en su estructura y funcionamiento original como consecuencia de severas perturbaciones que merman su capacidad de autoregenerarse. Cuando la intensidad de las perturbaciones ocurridas a un ecosistema es de gran magnitud o se prolongan por largos periodos de tiempo, éstas pueden llegar a abatir las características físicas o bióticas del mismo, impidiendo que recupere su estructura, composición de especies y funcionalidad, provocando con esto su degradación. Los procesos que se ven afectados por las perturbaciones en un ecosistema son muy variables; dependiendo de su origen pueden ser físicos (fragmentación), químicos (contaminación) o biológicos (introducción de especies o alteración de la composición en los ecosistemas) (Brown y Lugo, 1990, citados por INE/SEMARNAT, 2006).

4.2.1.1 Fragmentación de los ecosistemas

La fragmentación es el rompimiento en la continuidad de los ecosistemas o hábitats convirtiéndolos en parches aislados y pequeños, generadas como consecuencia de los cambios en el uso del suelo al transformar grandes extensiones de vegetación natural, principalmente para destinarlo a otras actividades, como la agricultura, ganadería, minería, urbanización, asentamientos industriales, construcción de carreteras e infraestructura en general.

4.2.1.2 Contaminación

Este impacto es producto de la liberación de contaminantes al medio ambiente, uno de los más perjudiciales para los ecosistemas. Si se considera que todos los ecosistemas se encuentran interconectados a lo largo de los paisajes, la contaminación en un ecosistema terrestre puede tener efectos no solo dentro de los mismos ecosistemas terrestres, sino entre éstos y los acuáticos. Los contaminantes (sólidos, líquidos o gases) tienen un efecto directo e indirecto no sólo en los organismos que entran en contacto directamente con el contaminante, sino también pueden tenerlo en aquellos que a su vez interactúan con los organismos contaminados.

4.2.1.3 Introducción de especies exóticas

Otro problema para los ecosistemas es la introducción de especies exóticas, aunque no todas las especies introducidas tienen un efecto negativo en los

ecosistemas, existen numerosos ejemplos de especies que han llegado a convertirse en un verdadero problema al tornarse dañinas o perjudiciales para la dinámica del ecosistema y para las especies nativas que los habitan (INE/SEMARNAT, 2006).

4.2.2 Conceptos sobre restauración ambiental

Según Comín (2005) la práctica va de prisa en *restauración ambiental*, lo cual no quiere decir que se haga con criterios y de forma aceptables desde el punto de vista de su repercusión sobre el medio ambiente. Es decir, existe desconexión entre la teoría y la práctica. La teoría va más lenta porque es una faceta científica relativamente joven y porque para la restauración de ambientes degradados es necesaria la aplicación de numerosos conocimientos procedentes de variadas disciplinas científicas. La Ecología, por su propia naturaleza e historia, es la ciencia en la que mejor encaja el estudio y la investigación, y la que más herramientas y guías ofrece, a la restauración ambiental. De hecho, la *restauración ecológica*, es decir la recuperación de componentes y funciones de ecosistemas degradados, se basa en los principios y experiencias de la Ecología. Entre ellos, de forma esencial, los de la sucesión ecológica, especialmente, de la sucesión secundaria, que tiene que ver con la dinámica de ambientes que han sido desviados, por fenómenos naturales o artificiales, de la sucesión original o primaria.

Bocco (2005) afirma que la restauración ecológica es un campo de conocimiento aún en construcción. Si bien es una herramienta fundamental de manejo, debe reconocerse que sus bases teóricas y técnicas están en desarrollo. La restauración requiere de conocimiento en diferentes áreas, tales como la erosión, desertificación, sucesión, dinámica de las comunidades animales y vegetales, flujos de energía, componentes sociales y económicos que subyacen a los disturbios ambientales. Este enfoque multidisciplinario integrado debe permitir a los restauradores ponderar el tipo de perturbación a la que se enfrentan y diseñar estrategias que sean de largo plazo. Las mismas deben incluir planes de seguimiento, desarrollo de indicadores de rehabilitación de los ecosistemas y mecanismos de participación pública.

Los ecosistemas responden a una cierta estabilidad y a una progresión clara en el tiempo. Por ello, aunque existan perturbaciones, mientras no sobrepasen un cierto límite, un ecosistema natural suele tener una trayectoria general definible. Pequeñas alteraciones pueden ser absorbidas de manera autónoma y eficaz por un ecosistema, el cual se reorienta hacia una trayectoria similar a la anterior al disturbio. Esta propiedad se conoce como **resiliencia**. Por el contrario, si la extensión y magnitud de la perturbación es mayor, se rompe la resistencia del ecosistema y las capacidades de resiliencia no alcanzan a recuperar el sistema. En estos casos la remoción de la causa perturbadora puede no bastar para lograr su recuperación y la intervención humana es la única respuesta viable para recuperar la mayor cantidad posible de componentes originales de un ecosistema dañado (Sánchez, 2005; Maass, 2003; INE-SEMARNAT, 2006).

Según Vásquez *et al* (s/año), existen tres posiciones diferentes con respecto al significado de la restauración ecológica. Una visión fundamentalista de ésta, consiste en considerar la restauración como un regreso a las condiciones existentes en las

comunidades naturales originales de cada región, incluida la diversidad biológica original incluso logrando nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de manejo posterior. El retorno a la situación original puede aún ser posible en zonas perturbadas en lugares como reservas de la naturaleza en las que sólo una parte de la comunidad original ha sido alterada; en cambio, en la mayoría de los sitios sólo será posible aplicar una segunda opción más práctica y que puede combinarse con actividades productivas. En este caso la restauración ecológica estaría dirigida a tratar de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, que permitan mantener la estabilidad en la fertilidad, la conservación del suelo y el ciclo hidrológico, aunque parte de la diversidad se haya perdido, la estabilidad del sistema tenga que ser manejada y algunas especies extrañas previamente inexistentes hayan ingresado al área. La restauración del paisaje es la tercera forma de vislumbrar la restauración. En este caso se busca desarrollar un paisaje atractivo y salubre para reemplazar otro que no lo es (por ejemplo, en un relleno sanitario).

Al respecto, la Society for Ecological Restoration ha planteado una reciente definición (SER, 2004): “La restauración ecológica es una actividad intencional que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema en relación a su salud, integridad y sostenibilidad”. Sánchez (2005) propone otra definición “es la práctica de acciones orientadas a propiciar una trayectoria de restablecimiento de un ecosistema previamente alterado, en compatibilidad con las condiciones actuales y con la historia biológica del entorno, tal que enfatice una recuperación significativa de sus atributos originales”. Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III et al. 1987, Meffé y Carroll 1996 y Parker y Pickett 1997, todos citados por INE/SEMARNAT 2006, coinciden en señalar que la restauración ecológica se refiere al proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente, sin dejar de considerar que se trata de sistemas dinámicos que se encuentran influenciados por factores externos que provocan que las características anteriores varíen dentro de un rango a lo largo del tiempo. Esta estrategia busca asistir el recubrimiento vegetal y el manejo de la integridad biológica, que incluye un rango crítico de variabilidad en biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras, en el contexto regional e histórico, y en las prácticas culturales sostenibles. La restauración ecológica es considerada una sucesión asistida por el ser humano (Armesto *et al.*, 2005).

Dado lo anterior, existen varios términos afines que confunden: restauración ecológica, restauración ambiental, rehabilitación, remediación, revegetación o reforestación. Todos ellos comparten algunos objetivos y métodos de la restauración ecológica, aunque difieren en sus énfasis y metodologías.

A diferencia de la restauración ecológica, en el caso de la **restauración ambiental**, el objetivo central es el restablecimiento de una condición ambiental deseable para la sociedad, por ejemplo vegetación en una ladera o limpieza del agua en un cuerpo de agua (Armesto *et al.*, 2005).

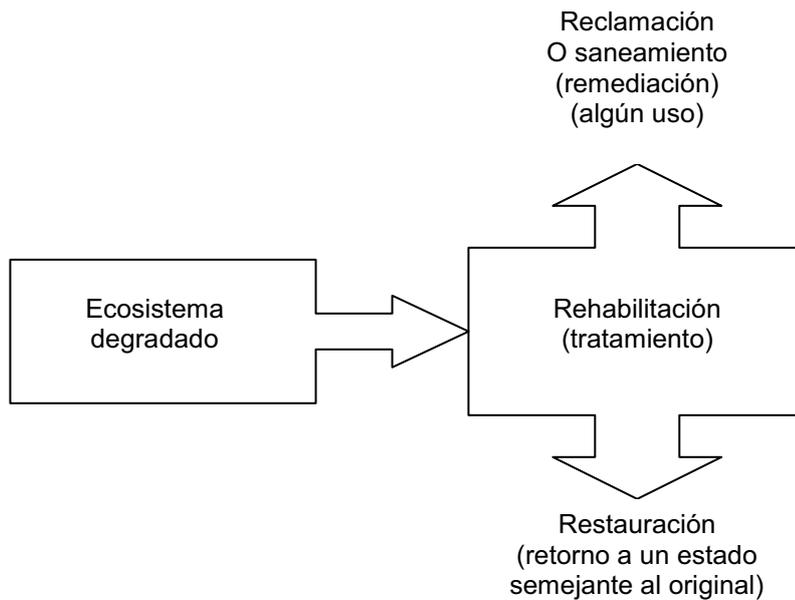
La **rehabilitación** pretende reponer una función ecológica específica, por ejemplo porcentaje de cobertura o fertilidad del suelo. En este caso, el objetivo central es la restitución de la función ecológica, y no la estructura, composición y diversidad original del sistema, por lo que podrían usarse especies no nativas del lugar.

Corresponde al primer paso de estrategias más complejas (reclamación o restauración) (Armesto *et al.*, 2005; INE/SEMARNAT 2006).

Según Armesto *et al.*, (2005), la **remediación** se refiere a actividades específicas que podrían ser parte de un programa de restauración ecológica, pero cuyos objetivos son más limitados. Consiste en la utilización de un determinado proceso tecnológico para reparar un tipo de daño específico. Al respecto, el Instituto Nacional de Ecología de México (2006) aclara que los conceptos **reclamación, remediación o saneamiento** son sinónimos y consisten en actividades específicas que se llevan a cabo en sitios severamente degradados, tales como tierras perturbadas por actividades mineras, construcción a gran escala, pudiendo implicar un cambio en el uso original del sitio afectado.

Al respecto, el Instituto Nacional de Ecología de México (2006) aclara ciertos conceptos de manera esquemática:

Figura N° 4.1. Esquema del proceso de rehabilitación de un ecosistema degradado



Donde:

Rehabilitación: cualquier intento por recuperar, al menos parcialmente, elementos estructurales o funcionales de un ecosistema que ha sido degradado, sin necesariamente regresar a la condición específica previa. Corresponde al primer paso de estrategias más complejas (reclamación o restauración)

Reclamación, remediación o saneamiento: trabajos que se llevan a cabo en sitios severamente degradados, tales como tierras perturbadas por actividades mineras, construcción a gran escala, e implica un cambio en el uso original del sitio afectado.

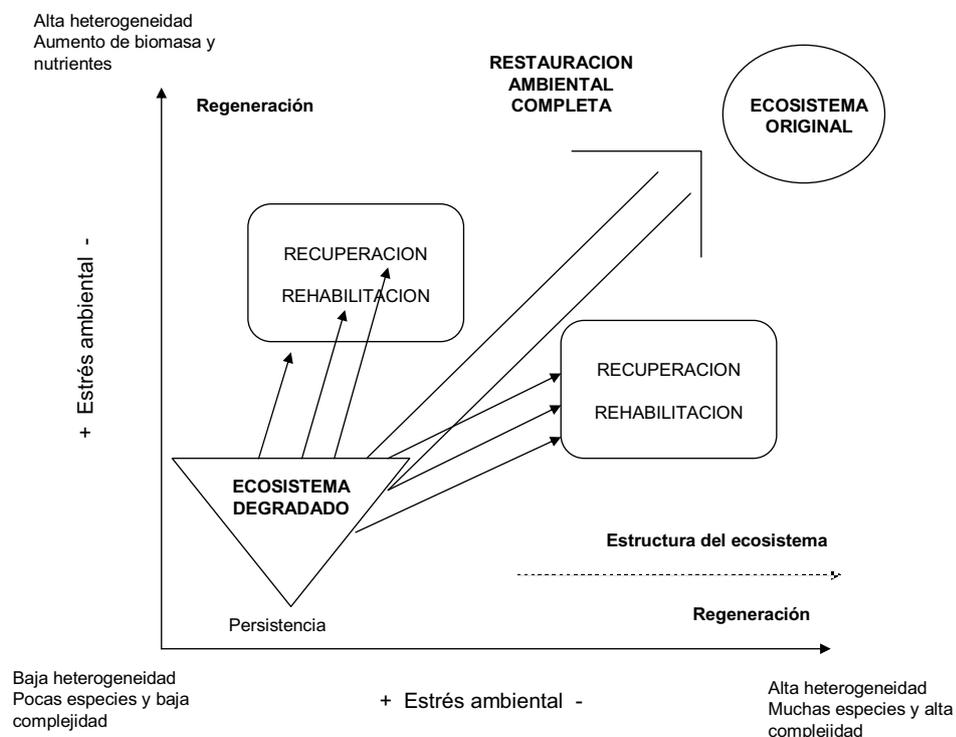
Restauración: recuperar integralmente un ecosistema degradado en cuanto a en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente

Fuente: INE/SEMARNAT, 2006

Márquez-Huitzil (2005) y Pérez y Calvo (2005) coinciden con INE/SEMARNAT 2006 e incluso presentan los términos rehabilitación, restauración, saneamiento (remediación), reemplazo y recubrimiento vegetal como estrategias para controlar los procesos de degradación en los ecosistemas. Los tres primeros conceptos ya fueron explicados. El reemplazo consiste en el proceso de inducir la formación de un ecosistema diferente al original, mientras que el recubrimiento vegetal implica el reforzamiento de algunos procesos del ecosistema a fin de permitir que regrese por sí sólo a su estado original usando especies nativas. La Figura N° 4.2 grafica esta situación.

Según el Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente de Colombia (DAMA s/año), la restauración ecológica es sinónimo de sucesión asistida, es decir el restablecimiento artificial, total o parcial, de la estructura y función de ecosistemas degradados por causas naturales o antrópicas (DAMA, s/año). Garibello (2003) indica que existen dos tendencias principales para enfrentar el problema al que se refiere la definición anterior: un enfoque productivo u orientado hacia lo "agroforestal" y otro enfoque "ecológico" que no espera rendimientos de tipo económico. En consecuencia, frente a cualquier proyecto de restauración ecológica, es fundamental identificar en un comienzo el objetivo general. Pérez y Calvo (2005) coinciden con esta afirmación, y señalan que las actuaciones dentro del marco de un proyecto de restauración en sentido amplio, varían en función de los objetivos que se persigan.

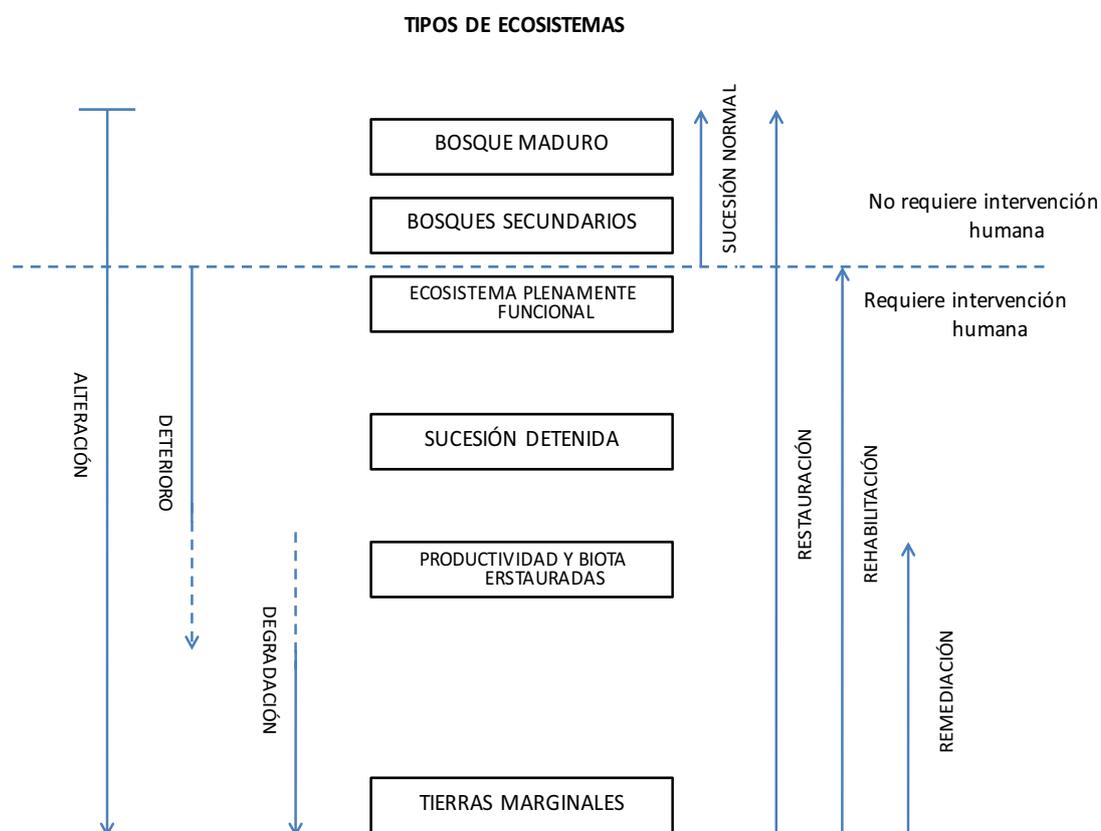
Figura N° 4.2. Representación de las distintas estrategias para controlar los procesos de degradación en los ecosistemas y su relación con la recuperación del ecosistema



Fuente: Pérez y Calvo 2003

En cuanto a la diversidad de términos en torno a la restauración ecológica, el Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente de Colombia (DAMA s/año), cita a Brown y Lugo 1994 para describir estas diferencias, de acuerdo al consenso internacional. Dichos autores las explican en la Figura N° 4.3.

Figura N° 4.3. Conceptos asociados a la Restauración Ecológica



Fuente: Brown y Lugo (1994) citado por DAMA s/año.

- La **alteración (conversión)** es cualquier pérdida funcional o estructural del ecosistema a consecuencia de una perturbación.
- Más allá de cierto punto (línea segmentada), los ecosistemas no pueden regenerar por sí solos en el tiempo requerido por los objetivos de manejo, necesiéndose la intervención humana. En tal grado de alteración se habla de **deterioro (damage)** del ecosistema. Muchos agroecosistemas y sistemas urbanos son ecosistemas profundamente deteriorados y, sin embargo, productivos.
- Cuando la alteración del ecosistema llega más lejos, se pierde la capacidad del mismo para generar bienes o servicios ambientales, lo que se conoce como **degradación (degradation)** ecosistémica. En el extremo de la alteración, la degradación conduce a la creación de tierras marginales y su salida del ciclo productivo socioeconómico.
- La **rehabilitación (rehabilitation)** es la restauración de ecosistemas deteriorados, hasta el punto en que puedan regenerarse sin apoyo en un tiempo adecuado a los objetivos de manejo. Lo esencial de la rehabilitación es el

restablecimiento de los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta.

- La **recuperación (reclamation)** es la restauración del potencial ambiental de un área dada para un uso o conjunto de usos predeterminado, pudiendo tratarse de usos consumidores (ej: agricultura, caza de subsistencia, abastecimiento hídrico) o usos no consumidores (ej: recreación pasiva, ecoturismo, investigación). La recuperación es el intervalo de la restauración que va de ecosistemas degradados a ecosistemas productivos para la obtención de bienes o servicios ambientales y sus métodos y alcances dependen del objetivo económico. La agroforestería, por ejemplo, tiene gran aplicación en la recuperación ambiental.

Al parecer, esta descripción sería la más adecuada, puesto que varios autores coinciden con ella, entre ellos Pérez y Calvo (2005), Garibello (2003), Higuera y Oyarzún (2005), SER (2004).

Por otra parte, García y Dorronsoro (2004) consideran el término restaurar como sinónimo de reparar o rehabilitar. Higuera y Oyarzún (2005) señalan que es necesario diferenciar tres aspectos: la **prevención** del impacto (que se desarrollará antes o durante las labores de explotación), la **restauración** del terreno, que consiste en devolverle en lo posible su aspecto original, y la **remediación**, que pretende solucionar los problemas más relevantes. Pérez y Calvo (2005) señalan que en ocasiones se confunden los términos restauración y rehabilitación e incluso se entiendan exclusivamente como revegetación, lo que claramente es erróneo. La Society for Ecological Restoration ha propuesto conceptos unificadores en un documento llamado The SER Primer on Ecological Restoration, entre ellos, afirma que la restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica (SER, 2004).

Las primeras restauraciones ecológicas como tales fueron conseguidas en las praderas de Wisconsin (Estados Unidos) en 1935 por Aldo Leopold, uno de los pioneros en la materia, aunque algunas aplicaciones prácticas llevan realizándose desde hace cientos e incluso miles de años. Sin embargo, el estudio de la restauración ecológica como una disciplina científica sólo tiene dos décadas. En 1987 se creó la Sociedad de Restauración Ecológica, que edita la revista "Ecological Restoration", de consulta imprescindible en este emergente campo (Fernández, 2006; Márquez-Huitzil, 2005).

4.2.3 La integración de la restauración ecológica en un programa más amplio

La restauración ecológica, a veces, es sólo uno de muchos elementos dentro de una iniciativa más amplia del sector privado o público, tal como proyectos de desarrollo y programas para el *manejo de una cuenca hidrográfica*, el manejo de un ecosistema y la conservación de la naturaleza. Los gerentes de proyecto de grandes empresas deben estar al tanto de las complejidades y costos involucrados en la planificación e implementación de la restauración ecológica. Se pueden obtener ahorros en los costos al coordinar cuidadosamente las actividades de restauración con los demás aspectos del programa más amplio (SER, 2004).

4.2.4 Aspectos a considerar para realizar una restauración

La complejidad propia de los ecosistemas hace necesario que la restauración se realice bajo algunas consideraciones básicas:

- a. Primeramente es necesario identificar y terminar con el o los factores que provocan la degradación (contaminación, invasión de especies, fragmentación, etc). Por ejemplo, en un sitio contaminado aplicar un programa de remediación o biorremediación; cuando la causa es la presencia de una especie invasora debe frenarse la propagación y establecer programas de erradicación; y si el problema está asociado con la fragmentación, determinar si es conveniente decretar zonas que sean intocables, evitar el cambio de uso de suelo e incrementar la conectividad entre los remanentes de vegetación original. En general, es conveniente evaluar a través de un grupo multidisciplinario aquellos componentes del ecosistema (bióticos o abióticos) que hayan sido abatidos y planear la estrategia de restauración.
- b. Disponer de un inventario de la biodiversidad original del sitio
- c. Conocimiento sobre la composición de las especies y la estructura de la vegetación de las áreas mejor conservadas del ecosistema.
- d. Identificar variables indicadoras de la recuperación del ecosistema.
- e. Conocimiento sobre las presiones que originaron el deterioro, su naturaleza, causas y severidad.
- f. Conocimiento sobre las características sociales, económicas y políticas vinculadas al sitio que se desea restaurar (INE/SEMARNAT 2006, Sánchez 2005).

4.2.5 Etapas a seguir en un proceso de restauración

Una vez que se toma la decisión de restaurar, el proyecto requerirá una planificación cuidadosa y sistemática y un enfoque monitoreado hacia el restablecimiento del ecosistema. La necesidad de planificación se intensifica cuando la unidad a ser restaurada es un paisaje complejo de ecosistemas contiguos (SER, 2004).

Debido a la complejidad y a la gran cantidad de componentes bióticos y abióticos que forman a los ecosistemas y a las numerosas interacciones que ocurren entre ellos, es conveniente que el proceso de restauración sea antecedido de una cuidadosa planificación que considere el tiempo de recuperación del ecosistema.

Márquez-Huitzil (2005) propone cinco pasos a seguir durante los trabajos de restauración:

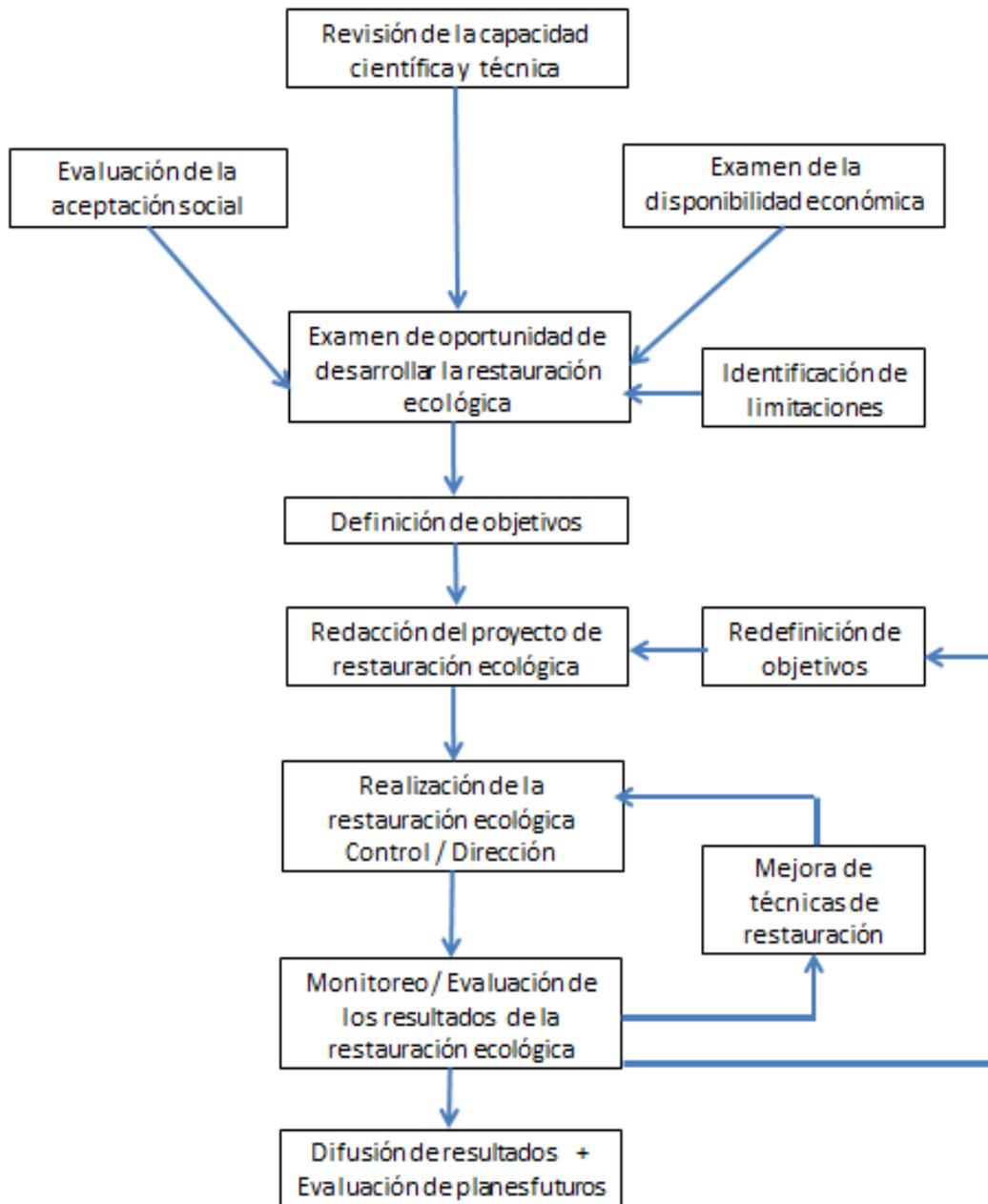
1. Terminar con la causa de la afectación,
2. Mitigar los efectos producidos por la misma,
3. Llevar al sistema a condiciones semejantes a las que se presentaban en algún estado sucesional previo,
4. Reincorporar elementos bióticos o abióticos originales al sistema y,
5. Monitorear y modificar de forma iterativa los trabajos de restauración, dirigiendo el proceso sucesional de manera congruente con el objetivo de ésta.

Comín (2002) propone un modelo que puede servir de guía para la realización de una restauración ecológica (ver Figura 4.4).

SER (2004) propone la siguiente planificación, como mínimo, para un proyecto de restauración:

- Justificación clara de la necesidad de la restauración;
- Descripción ecológica del sitio designado para la restauración;
- Declaración de las metas y los objetivos del proyecto de restauración;
- Designación y descripción de la referencia;
- Explicación de cómo la restauración propuesta se integrará con el paisaje y sus flujos de organismos y materiales;
- Planes, itinerarios y presupuestos explícitos para la preparación del sitio y las actividades de instalación y post-instalación, incluyendo una estrategia para hacer correcciones rápidas a mitad de camino;
- Estándares de desempeño bien desarrollados y explícitos, con protocolos de monitoreo mediante los cuales se puede evaluar el proyecto;
- Estrategias para una protección y mantenimiento a largo plazo del ecosistema restaurado.
- Cuando sea factible, se deberá incluir por lo menos una parcela testigo no tratada en el sitio del proyecto, para fines de comparación con el ecosistema restaurado (SER, 2004).

Figura N° 4.4. Modelo guía para la realización de una restauración ecológica



Fuente: Comín, 2002.

Por otra parte Garibello (2003) propone la siguiente planificación del proyecto de restauración.

Figura N° 4.5. Planificación del proyecto de restauración ecológica



Fuente: Garibello, 2003

4.2.6 Atributos de los ecosistemas restaurados

Un ecosistema se ha restablecido - y se considera restaurado - cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda adicional. Este ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente. SER (2004) propone algunos atributos que proveen una base para determinar que se ha logrado la restauración:

1. El ecosistema restaurado contiene una colección característica de las especies que ocurren en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura comunitaria apropiada.
2. El ecosistema restaurado consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible.
3. Todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema restaurado se encuentran representados o si no lo son, los grupos faltantes tienen el potencial de establecerse por medios naturales.
4. El ambiente físico del ecosistema restaurado tiene la capacidad de sostener a poblaciones reproductoras de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo, junto con la trayectoria deseada.
5. El ecosistema restaurado aparentemente funciona de modo normal según la fase ecológica de su desarrollo y no hay señales de disfunción.

6. El ecosistema restaurado se ha integrado adecuadamente en una matriz o paisaje ecológico más grande, con el cual interactúa a través de flujos e intercambios abióticos y bióticos.
7. El ecosistema restaurado tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad d ecosistema.
8. El ecosistema restaurado es autosostenible al mismo grado que el ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes.

Fernández (2006) simplifica los criterios expuestos anteriormente para comprobar el éxito de la restauración de la siguiente manera:

1. Sostenibilidad: los organismos vivos sobreviven y se reproducen sin ayuda del hombre
2. Protección frente a invasiones: los sistemas poco naturales son bastante susceptibles a invasiones biológicas y las invasiones son síntoma de que en los ecosistemas hay un uso incompleto de la luz, agua y nutrientes
3. Productividad: el sistema restaurado debe ser tan productivo como el original
4. Retención de nutrientes: si el sistema final pierde más nutrientes que el original, no se ha restaurado convenientemente
5. Interacciones bióticas: constituyen un buen indicador cuando faltan, especialmente las más esenciales, como la polinización o las asociaciones para fijar fósforo o nitrógeno
6. Biodiversidad: Un sistema restaurado debería tener iguales índices que el histórico o uno sano equivalente

4.2.7 El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica

La ecología del paisaje, como marco conceptual, puede ayudar a entender y ejecutar acciones propias de la “restauración” de los ecosistemas. La restauración nace a partir del reconocimiento de la alteración en los procesos que naturalmente rigen a un ecosistema en condiciones prístinas. Las causas que desencadenan procesos de alteración y que más ocupan a la restauración son aquéllas derivadas de la acción humana desmedida (Cotler *et al*, 2005).

Existen dos formas de implementar acciones de restauración de ecosistemas desde la perspectiva de paisaje. La primera se refiere a la “naturalización” del paisaje y la segunda al “refuncionamiento” del mismo. La naturalización comprende la recuperación escénica o visual de un ecosistema ya sea a través de elementos oriundos, que conforman la estructura original del paisaje o exóticos. Estos últimos pueden ser utilizados especialmente en condiciones de estrés como desertificación o salinidad. El refuncionamiento pone énfasis en aquellos procesos formadores de suelo, ciclos biogeoquímicos, interacciones suelo-agua-planta-animal (Cotler *et al*, 2005).

Los proyectos de restauración de ecosistemas deben tomar en consideración las características biofísicas, sociales y paisajísticas del medio en que se realiza la intervención. Para tales efectos, se requiere disponer de metodologías y herramientas que permitan el análisis del paisaje. Santibáñez (2001) propone una metodología para la construcción de una zonificación ecológica del área de estudio, basada en la

determinación de **distritos de conservación**. Tales distritos corresponden a macrozonas con una cierta unidad ecológica, definidas como el conjunto de **unidades de paisaje**, homogéneas según variables climáticas y geomorfológicas. Las unidades de paisaje vienen definidas por una formación vegetal propia. Finalmente, al agregar las características locales de suelo, se llega al nivel de **sitio**.

En este sentido, destaca la importancia de los **sistemas de información geográfica (SIG)**, como conjunto de herramientas que permite recuperar datos de distintas fuentes, hacerlas compatibles y analizarlos en función de distintos criterios. Las nuevas tecnologías SIG permiten operacionalizar las metodologías para la zonificación de variables ambientales. Proporcionan además una excelente plataforma para el manejo y mantención de bases ambientales, herramientas fundamentales en el monitoreo del estado de los ecosistemas y de las acciones realizadas en su manejo (Santibáñez, 2001).

Según Murcia (2002) la restauración puede ser utilizada para revertir procesos negativos a nivel del paisaje asociados con la pérdida de cobertura de un ecosistema o la fragmentación. De tal forma la restauración puede servir para:

a) Incremento de la cobertura de un ecosistema

La cobertura de un ecosistema puede aumentarse a través de la restauración con especies nativas. Este tipo de restauración debe tener como referente la vegetación original del lugar, y depende en gran parte de la presencia de remanentes de vegetación relativamente intactos y cercanos. Para aumentar sus probabilidades de éxito, la restauración tendría lugar preferentemente en la periferia de los fragmentos o en su vecindad inmediata.

El aumento de cobertura original es preferible en aquellos casos en los cuales se desea: aumentar la representatividad en el paisaje, garantizar la supervivencia del ecosistema de acuerdo con su régimen de perturbaciones y garantizar la supervivencia de una a o varias especies de interés que requieren de mayores extensiones de hábitat.

b) Mitigación de efectos de borde

La restauración también permite mitigar los efectos de borde, cuando se usa para establecer zonas de amortiguación alrededor de los fragmentos. Estas zonas de amortiguación consisten en bandas de hábitat que pueden, o no, ser iguales al ecosistema original, y que reducen el impacto del ecosistema de la matriz sobre los fragmentos. Idealmente, la cobertura vegetal que constituye una zona de amortiguación debe ser tan similar como sea posible a la vegetación sucesional del ecosistema original.

c) Restablecimiento de la conectividad

Finalmente, es posible restablecer la conectividad de un ecosistema en el paisaje a través de la restauración. Esta conectividad puede ser de dos tipos: estructural y funcional. La conectividad estructural consiste en restablecer la conexión física entre dos fragmentos. Esta conexión se puede lograr a través de un corredor o un conector. Un corredor se define como un hábitat lineal, distinguible de la matriz que lo rodea (Forman y Godron (1986), citados por Murcia (2002)). La conectividad funcional consiste en conectar dos fragmentos por medio de un ecosistema distinto al ecosistema original o a cualquiera de sus estadios sucesionales, y que permita el movimiento de algunas especies. Este ecosistema intermedio puede ser un agroecosistema, una plantación o un sistema agro-forestal. Este tipo de conexión es la mejor opción para paisajes de uso múltiple en los que se intercalan distintos usos del suelo, incluyendo conservación y producción.

4.3 RESTAURACIÓN DE TURBERAS DEGRADADAS

Las turberas drenadas y explotadas vuelven raramente a ser ecosistemas funcionales después del abandono, porque las faenas de drenaje y la extracción de la turba, alteran la composición y la hidrología de la turbera necesarias para el establecimiento del musgo *Sphagnum* (Van Seters y Price 2001, citados por Pérez, 2007). Por tal motivo, es importante actuar inmediatamente después de la finalización de la cosecha, para reducir al mínimo la degradación, descomposición y compactación de la turba superficial y otras pérdidas por erosión del viento o agua (Gorham y Rochefort 2003).

La restauración de las turberas degradadas es una actividad reciente y en consecuencia, poco estudiada. Además, es frecuentemente compleja, costosa y larga. Una vez que finaliza la extracción de turba, no sobreviven plantas ni diásporas en los sitios remanentes, pues la vegetación original ha sido completamente removida. En consecuencia, la recolonización se ve impedida. El sitio remanente presenta condiciones extremas para la germinación, debido a la sequedad y exposición a viento, evaporación y desecación. El drenaje intensivo reduce significativamente el nivel de agua. Además, la capa viva activa, el acrotelmo, responsable de la mantención del nivel de agua, ha sido completamente removida, favoreciendo la compresión del suelo remanente (Quinty y Rochefort, 2003).

Quinty y Rochefort (2003), han evaluado gran parte de las turberas cosechadas en Canadá y afirman que si no se toma ninguna medida posterior a la finalización de las faenas de extracción de turba, es muy difícil que el ecosistema retorne a su estado original. Por lo tanto, se hace imprescindible intervenir la turbera degradada para propiciar su restauración.

El objetivo de la restauración de las turberas es el restablecimiento de los mecanismos de auto regulación, que llevan a la acumulación de turba funcional. Es decir, el éxito de la restauración del ecosistema de turbera se logra una vez que este recupera su autosuficiencia y funcionalidad. Queda claro que esta meta se obtiene en un largo plazo (Quinty y Rochefort, 2003).

Dado lo anterior, en la práctica, los objetivos de la restauración de las turberas implican dos actividades fundamentales:

- El restablecimiento de la capa vegetal de la turbera dominada por Sphagnum.
- La rehidratación del sitio mediante el alza y estabilización del nivel freático, cercano a la superficie.

Así, los factores vegetación e hidrología de la turbera resultan claves en la restauración, pues ellos son los responsables de la mayoría de las funciones de las turberas (Quinty y Rochefort, 2003).

Según Wetlands International (2010), la restauración de turberas degradadas presenta una gran oportunidad para contribuir a la mitigación del cambio climático. Proyectos piloto en el sudeste Asiático, Rusia, Argentina y los Himalayas han demostrado que inversiones menores en detener drenajes y restaurar cobertura vegetal tienen un impacto significativo en términos de reducción de emisiones de gases de invernadero. La degradación de las turberas puede trastornar el suministro de agua y reducir su habilidad de controlar inundaciones, convirtiendo así la restauración de turberas en una estrategia prioritaria para la adaptación al cambio climático.

4.3.1 Grados de degradación de turberas

En una turbera existe una estrecha relación entre el sistema planta-agua-turba. Si se altera uno de estos componentes, probablemente se alteran también los demás. Sin embargo pueden alterarse en diferentes grados de intensidad, al ser afectado uno de ellos. En general se establece la regla de que los componentes más difíciles de afectar, son los más difíciles de restaurar. Por ejemplo si las plantas han sido afectadas, pero no el nivel freático, será sencilla la restauración (Schumann y Joosten, 2008).

En el cuadro N° 4.1 se establecen los niveles de degradación. En el nivel 1 es sencillo restaurar, solo es necesario eliminar el factor que está interfiriendo. Al igual, en el nivel 2, solo es necesario recuperar la hidrología del sistema. En el nivel 3 es mucho más complejo, dado que, debido al tiempo de intervención, han cambiado las propiedades hidráulicas del suelo. La reparación del régimen hídrico, especialmente en turbales (mires) de percolación es difícil. A menudo se requiere remover la capa superficial de turba compactada. El nivel 4 es propio de turberas que han sido explotadas como minas de turba, con presencia de turba muy descompuesta. El nivel 5 incluye turberas con tal pérdida de turba por el proceso de extracción, que se ha afectado todo el cuerpo de la turbera, se ha perdido completamente el balance hidrológico, por tanto es imposible lograr la restauración total del turba (Schumann y Joosten, 2008).

Cuadro N° 4.2 Sustentabilidad de las funciones de la turbera y sus requerimientos o calidad provocada

		degradación ← → restauración					
		← Nivel de degradación de la turbera →					
Funciones de la turbera		0. Mínimo	1. Menor	2. Modesto	3. Moderado	4. Mayor	5. Máximo
Funciones de producción:							
	Turba extraída y utilizada ex situ						
	Agua bebestible						
	Plantas de turbera silvestres						
	Animales de turbera salvajes						
	Agri- y horticultura (paludicultura) en turberas húmedas						
	Agri- y horticultura en turberas drenadas						
	Recolección transitoria en forestería en turberas						
	Forestería con manejo de conservación						
	Forestería con manejo progresivo						
Funciones carrier:							
	Espacio						
Funciones de regulación:							
	Secuestro de carbono de largo plazo (clima global)						
	Almacenamiento de carbono de largo plazo (clima global)						
	Secuestro de carbono de corto plazo/almacenaje (clima global)						
	Enfriamiento por transpiración en climas cálidos y secos						
	Enfriamiento por radiación en zonas boreales						
	Control de inundaciones y flujo basal garantizado						
	Liberación de C, N, y P al agua superficial						
	Desnitrificación del agua subterránea						
	Reducción de B.O.D., sólidos, P, y N en el agua superficial						
Funciones de Información:							
	Armonía social, empleo						
	Historia, identidad						
	Recreación en turberas						
	Estética de turberas						
	Símbología, espiritualidad y existencia						
	Cognición						
	Señalización						
	Transformación, educación						
	Funciones opcionales						

- Potencialmente sustentable
- No sustentable
- Compatible con este nivel
- Depende del tipo
- Incompatible con este nivel

Fuente: Schumann y Joosten, 2008

a) Funciones de producción

Extracción de turba: en turberas altamente degradadas la restauración de turberas para la extracción futura de turba no es posible debido al tiempo requerido para ello.

Calidad de agua bebestible: se limita generalmente a turberas no intervenidas con obras de drenaje ni otros usos. En las turberas intervenidas el agua se carga con partículas de turba, ácidos húmicos, nitrógeno, lo que condiciona una menor calidad de agua.

Cosecha de plantas y animales silvestres: en general sólo es posible en turberas muy poco perturbadas.

Agricultura y horticultura en turberas: es posible en turberas moderadamente perturbadas. La realización de prácticas agrícolas y hortícolas en turberas drenadas sólo es posible en aquellas muy intervenidas.

Forestación: puede realizarse en turberas con distintos grados de perturbación. La recolección simple es posible en sitios no drenados o levemente drenados.

b) Funciones de “carrier”.

Conceder espacios para todo tipo de propósitos.

c) Funciones de regulación

Secuestro de carbono en el largo plazo, solo se da en turbales (mires) que están acumulando turba activamente.

Almacenaje de carbono en el largo plazo en la turba. Esto es posible donde hay turba acumulada. Sin embargo el almacenamiento de carbono disminuye a medida que aumenta el grado de perturbación de la turbera.

Enfriamiento por transpiración en clima cálido y seco. Ocurre debido a la evapotranspiración de turberas húmedas, por lo tanto solo es posible en sitios intervenidos en forma mínima a moderada. Al drenar las turberas de zonas climáticas más frías aumenta el enfriamiento.

Regulación de flujos de agua. Esto es posible en turberas mínimamente o moderadamente intervenidas, donde la turba puede aumentar o disminuir de volumen de acuerdo al aporte de agua (respiración de la turbera), ejerciendo un efecto buffer sobre la hidrología de la cuenca. Una vez que una turbera ha sido drenada, la carga y descarga máxima son severamente reducidas.

Dependiendo de las características de la turbera, aquellas intervenidas pueden aumentar significativamente *el aporte de C, N y P* al agua de superficie. Esto no es así en aquellas donde se está acumulando turba activamente. La *desnitrificación* del agua subterránea ocurre cuando esta contiene muchos nitratos y entra en contacto con la turba saturada, anaeróbica. La *reducción de materia orgánica, de sólidos, P y N* es una función propia de la vegetación de la turbera

que recibe agua superficial, y está por lo tanto restringida a las turberas prístinas o levemente perturbadas.

d) **Funciones sociales y generación de empleos.** Esto último es menor en turberas prístinas.

e) **Registro paleoecológico.**

4.3.2 Factores claves para la restauración

Para restaurar es necesario considerar tres factores claves:

- 1) la estructura de la turba (acrotelmo y catotelmo)
- 2) flujos de agua
- 3) tensión hídrica cercana a la superficie de la turba (Quinty y Rochefort, 2003)

1) Acrotelmo y catotelmo

Tanto el acrotelmo como el catotelmo controlan el régimen hidrológico de la turbera. El catotelmo es la capa de más abajo de la turba que está permanentemente con agua bajo la napa freática. Los niveles freáticos están siempre por encima del catotelmo. El catotelmo está compuesto por turba relativamente descompuesta y compacta y el movimiento de agua es lento. En el acrotelmo es la zona donde ocurren las fluctuaciones del nivel freático. Su grosor varía entre 30 y 50 cm, pero es dependiente del hábitat (cojines o depresiones).

La restauración debe comenzar a partir del catotelmo, ya que el acrotelmo ha sido sacado por completo. El problema es que el catotelmo no provee de las condiciones adecuadas para el establecimiento y crecimiento de *Sphagnum*. El catotelmo representa un gran reservorio de agua por su profundidad, pero dada la compactación de la turba, la proporción de agua disponible para las plantas es mucho menor que en el acrotelmo donde el agua ocupa los grandes espacios abiertos. Una turbera se considera restaurada una vez que se haya establecido y desarrollado el acrotelmo (Quinty y Rochefort, 2003).

2) Flujos de agua

El almacenamiento de agua en la turbera está definido por las entradas de agua menos las salidas de ella. Las salidas de agua son principalmente por evaporación (más de 80% de las pérdidas en verano) y por escorrentía superficial y subsuperficial (en menor cantidad).

La extracción de la turba afecta a las salidas de agua y al almacenamiento. En sitios cosechados el drenaje se hace más importante y el almacenamiento de agua decae sustancialmente. Por lo tanto, el almacenar más agua es uno de los objetivos que se pretende alcanzar en la restauración.

Para limitar o evitar las pérdidas por escorrentía, lo más efectivo es bloquear los drenajes. El uso de paja también reduce la pérdida de agua por evaporación. Sin

embargo, la pérdida del acrotelmo además del drenaje y la descomposición de la turba producto de la exposición al aire reducen la capacidad de almacenamiento de agua de los depósitos de turba. Se ha demostrado que los depósitos de turba se elevan después del re-humedecimiento asociado con la restauración, sugiriendo que parte de la capacidad de almacenamiento de agua puede recuperarse en un corto plazo (Quinty y Rochefort, 2003).

3) Tensión hídrica

El agua se puede almacenar de varias formas en una turbera:

- agua que está en la superficie de la turba o en piscinas
- agua gravitacional en el acrotelmo
- agua almacenada en pequeños espacios porosos del catotelmo.

En la estación seca pueden ocurrir pérdidas de agua por evaporación en la superficie. Se rompe la capilaridad y se acaba el abastecimiento de agua, quedando poca agua retenida en la turba y los musgos no tienen acceso a ella. La tensión hídrica aumenta. Los musgos no tienen raíces ni adaptaciones fisiológicas para sobrellevar este aumento de la tensión hídrica. El uso de paja ayuda a resolver el problema. Mantiene las temperaturas diarias más bajas y provee de un escudo contra la radiación directa. Esto reduce la evaporación y disminuye la tensión hídrica en la superficie dejando libre el acceso al agua por parte del musgo (Quinty y Rochefort, 2003).

4.3.3 Planificación de la restauración

Al enfrentar cualquier tipo de restauración de una turbera, Schumann y Joosten (2008) recomiendan formular tres preguntas claves:

- *¿Qué es lo que se quiere recuperar?* Esto está relacionado con las funciones de la turbera. Es necesario conocer qué productos o servicios valorizados proporcionaba la turbera antes de ser intervenida.
- *¿Es posible recuperarla?* Esto se relaciona especialmente con las propiedades relevantes de la turbera que han sido alteradas y si tales cambios son irreversibles.
- *¿Qué es necesario realizar para recuperar la turbera?* Esta pregunta se relaciona con el método y las técnicas que deben ser aplicadas para restaurar las funciones relevantes de la turbera (Schumann y Joosten, 2008).

A continuación se presenta un resumen de los dos protocolos de restauración más relevantes y difundidos a nivel internacional, el primero preparado por un grupo de investigación canadiense, liderados por Quinty y Rochefort (2003) y el segundo

preparado por investigadores de la Universidad de Greifswald, Alemania, liderados por Schumann y Joosten (2008).

4.3.4 Propuesta de restauración canadiense (Quinty y Rochefort, 2003)

La aproximación canadiense está basada en la reintroducción activa de especies vegetales de la turbera y el manejo hidrológico en orden de alcanzar y estabilizar el nivel freático. Para tal fin, Quinty y Rochefort, 2003 plantean las siguientes operaciones:

1. Planificación de la restauración
2. Preparación de la superficie
3. Colección de plantas y su esparcimiento
4. Esparcimiento de paja
5. Fertilización
6. Bloqueo de drenaje y creación de piscinas
7. Monitoreo

1. Planificación de la restauración

Para un plan de restauración exitoso deben definirse dos componentes principales:

- a) Condiciones del sitio, metas y objetivos.
- b) Planificación de las operaciones de restauración.

a) Condiciones del sitio, metas y objetivos.

El primer paso es coleccionar información de las condiciones del sitio y definir las metas y objetivos específicos para cada sitio. Esta información debe incluir los siguientes elementos:

- Características del sitio previo a la extracción de turba.
- Ambiente hidrológico: preparar un mapa que localice los drenes principales y secundarios y los futuros bloqueos y bermas que se realizarán. En el caso de restaurar sólo una parte de la turbera y otra parte siga en explotación, el impacto del rehumedecimiento debe evaluarse para no afectar al lugar donde sigue la extracción de turba.
- Topografía. Considerar la creación de piscinas para acumular el agua en exceso, controlando inundaciones. Conociendo las pendientes del sitio se puede ver dónde colocar las bermas.
- Características de la turba. Es necesario conocer características tales como grosor de la turba, tipo de turba (de *Sphagnum*, Juncáceas, etc.) y el grado de descomposición de la turba en la escala de von Post.
- Aspectos químicos. Debe analizarse la química del agua sub-superficial y la turba para asegurar que el sitio es apropiado para especies vegetales de

turberas ombrotáficas. Para la mayoría de los sitios se requiere un análisis de pH y conductividad eléctrica.

- Vegetación existente del sitio de restauración. Si ya ha sido colonizada por especies distintas a las comunes a turberas ombrotáficas, será muy tarde para restaurar.
- Fuente de material vegetal. La cantidad de material vegetal necesaria para restaurar está dada a la razón de 1:10 (el sitio de colección debe ser 10 veces más pequeño que el sitio a restaurar). Debe encontrarse cercano al sitio de restauración y debe verificarse que contenga *Sphagnum*.
- Paisaje circundante.
- Establecer la meta y objetivos correctos.
- Monitoreo. La restauración es un proceso que no se logrará antes de que se haya reconstruido el acrotelmo, lo que significa varios años. Esto podría tardar 5 años.

b) *Planificación de las operaciones de restauración*

La planificación de las operaciones a realizar para la restauración es primordial para lograr el éxito de esta, debido a que:

- permite integrar el trabajo de restauración a las operaciones usuales de cosecha de turba.
- asegura tener el material y equipamiento correcto al tiempo correcto.
- ayuda a mantener un registro de lo que se ha hecho para restauraciones posteriores.
- disminuye los costos de restauración.

Una correcta planificación debe incluir los siguientes elementos:

- Mapa del sitio que muestre la localización del lugar de colección de material, zanjas, drenes, lagunas, etc.
- Listado de operaciones, y para cada una de ellas:
 - Descripción de operaciones
 - Recurso humano requerido
 - Equipamiento requerido
 - Material requerido
 - Evaluación de costos
- Calendario

En cuanto al momento de la restauración, lo mejor es realizarla inmediatamente después de finalizada la cosecha de turba. Si no se realiza de inmediato, las condiciones se deterioran como resultado de la degradación de la superficie de turba y la pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua de los depósitos de turba. Esto ocurre debido a la oxidación y descomposición de la misma, la ocurrencia de congelamiento y la formación de una costra.

2. Preparación de la superficie

La meta para esta etapa es mejorar las condiciones del sitio y aumentar la disponibilidad y distribución del agua para favorecer el establecimiento de las plantas que serán reintroducidas durante la restauración.

Los objetivos específicos de esta etapa son:

- Mantener la máxima cantidad de agua posible en el sitio
- Lograr una distribución del agua usando opciones de manejo de agua como nivelar el terreno, construir bermas o creando “piscinas” cuando sea necesario.
- Evitar el anegamiento por períodos extensos.
- Remover la superficie de turba suelta y costras que impidan el contacto entre las plantas y el sustrato turba, lo que en definitiva impediría el contacto con el agua.
- Remover o usar la vegetación existente en el sitio.

3. Colección de plantas y su esparcimiento

- Debe haber dominancia del género *Sphagnum* para lograr una restauración exitosa de la turbera y las funciones de esta.
- Idealmente el sitio elegido para realizar la colecta de material debe tener pocos árboles y/o arbustos para que la maquinaria pase sin problemas.
- Se recomienda colectar de un sitio que está siendo cosechado, así se minimizan los costos.
- Usar franjas angostas y largas para colectar el material. Es necesario sacar material vegetal no más allá de 10 cm de profundidad y esparcir con rotovator.
- El material colectado se puede dejar apilado hasta por un año, pero el éxito de regeneración irá disminuyendo a través del tiempo.
- Los fragmentos de musgo deben ser pequeños (2 a 5 cm).
- La mejor época para la colección de material vegetal es en primavera, cuando la turbera está aún congelada.
- La cantidad de material a aplicar y esparcir será tal que cubra la turba formando una capa delgada y continua (entre 1 y 5 cm de espesor). No pisar el material ya esparcido.
- Es difícil precisar la cantidad exacta de fragmentos en una superficie dada, debido a la variabilidad de este material.
- Los fragmentos deben estar en contacto con la turba expuesta en la superficie, para facilitar el acceso al agua, por lo tanto la capa no debe ser muy gruesa.

4. Esparcimiento de paja

El esparcimiento de paja sobre los fragmentos de *Sphagnum* ha dado los mejores resultados para proteger a las plantas y al suelo de las condiciones adversas. Es uno de los elementos clave para el éxito de la restauración, junto con la reintroducción de diásporas y el re-humedecimiento de los sitios de restauración.

Fotografía N° 4.1. Proceso de recolección e introducción de diásporas de *Sphagnum* en turberas de Canadá.



Fuente: Peat Moss and the Environment, 2003.

Fotografía N° 4.2 Proceso de esparcimiento de la paja en turberas de Canadá



Fuente: Peat Moss and the Environment, 2003.

Fotografía N° 4.3. Efectos de la cubierta de paja en el crecimiento del musgo *Sphagnum* en turberas de Canadá.



Fuente: Peat Moss and the Environment (2003).

5. Fertilización

La fertilización facilita el establecimiento de plantas. Las experiencias canadienses muestran que la fertilización con fósforo aumentaría el desarrollo y el esparcimiento de musgos como *Polytrichum*. Estos musgos proveen de buenas condiciones para el establecimiento y crecimiento de fragmentos de *Sphagnum*. La fertilización con fósforo es uno de los principales factores que contribuyen al éxito en la restauración, en bajas dosis. El nitrógeno no es necesario porque la turba ya lo posee.

6. Bloqueo de drenaje y creación de piscinas

El objetivo es mantener el agua dentro del sitio de restauración y mejorar la distribución de agua. El procedimiento de bloqueo se debe usar cuando se construyan bermas a través de los drenes. Debe haber más bloqueos que bermas a través de una pendiente para favorecer una mejor distribución de agua.

En esta etapa es relevante además la creación de piscinas, las cuales no sólo mantiene el agua permanentemente en el sitio, sino que además ayudan a que no se produzcan inundaciones y favorecen la biodiversidad.

7. Seguimiento

El seguimiento es una etapa clave porque es la única manera de evaluar el éxito o falla de la restauración y determinar el cumplimiento de los objetivos definidos previamente. Se debe monitorear:

a) Vegetación

En cuanto a la vegetación, se deben alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- 1) establecimiento rápido de la cobertura vegetal en la turbera
- 2) presencia, y eventualmente, una cobertura completa de una capa de musgo compuesta por especies de *Sphagnum*.

Para determinar si el objetivo está cumplido, las variables más importantes a considerar son las especies de plantas, la proporción del suelo que ellas cubren y su evolución en el tiempo. El procedimiento recomendado describe la vegetación en tres niveles: **sitio**, **parcela permanente** (da una mirada más detallada de la cobertura vegetal) **y suelo**. Estos niveles son complementarios y permiten una mejor caracterización de la vegetación del sitio entero.

Se debe monitorear la vegetación en períodos de tiempo diferente después de la implementación de los procedimientos de restauración para determinar si las coberturas evolucionan en la comunidad de plantas de turbera o no. Experiencias anteriores han mostrado que es inútil coleccionar datos en la estación de crecimiento después del trabajo de restauración. El monitoreo comenzará en el segundo año y se repetirá en el tercero y luego en la quinta estación de crecimiento.

b) Hidrología

- Registros de la napa freática

Se recomienda el uso de piezómetros contruidos con tubos de PVC, usualmente de 2,5 cm diámetro y 1 m largo. Los tubos deben tener agujeros por todo su largo, excepto 20 a 30 cm en la parte de más arriba que quedará expuesta, sobre la superficie de la turbera. Se recomienda poner en la punta inferior una especie de filtro para que no entre turba al tubo. Las mediciones se hacen una vez por semana en el tiempo sin nieve y hielo.

- **Contenido hídrico de la turba**

Contenido hídrico = (peso húmedo – peso seco)/ peso seco

Colectar un volumen de 250 ml en los primeros 5 cm de turba en tres lugares alrededor de cada parcela permanente o punto de muestreo. Las tres muestras se colocan en una bolsa sellada para formar una muestra representativa de la parcela permanente.

- **pH**

Tomar datos en el período de planificación y también durante el seguimiento. Los datos de pH contribuirán a la interpretación de los datos de vegetación.

4.3.5 Propuesta de restauración alemana de Schumann y Joosten (2008).

La propuesta alemana de Schumann y Joosten (2008) considera el análisis de los siguientes aspectos claves:

1. Definición del problema
2. Formulación de los objetivos
3. Participación pública
4. Planificación de las evaluaciones
5. Monitoreo
6. Tipos de restauración según objetivos

1. Definición del problema

El primer paso en cualquier proyecto de restauración es la definición del problema. Es necesario identificar los procesos claves desde el punto de vista biológico, hidrológico y químico responsables de los cambios observados al analizar los componentes del paisaje y su funcionamiento (ver cuadro N° 4.3).

Cuadro N° 4.3. Componentes clave para estimar la condición de una turbera

¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	
		Estudios de escritorio	Estudios en terreno
Topografía de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Localización del sitio (distancia a maquinaria, construcciones, material vegetal, fuerza laboral, dependencias). ° Acceso (caminos, vías fluviales, estabilidad del terreno) ° Riesgos potenciales (disposición de residuos, contaminantes) ° Efectos de uso del terreno adyacente ° Infraestructura ecológica 	Mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales (earthgoogle.com; maps.google.de)	Nivelación. Reconocimiento y mapeo
Topografía de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Posibles riesgos (zanjas de extracción de turba antiguas, lagos, ríos) ° Represas, edificios, maquinaria, zonas de acumulación de desechos 	Mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales (earthgoogle.com; maps.google.de)	Nivelación, reconocimiento y mapeo. Globo fotográfico
Clima	<ul style="list-style-type: none"> ° Cantidad de precipitaciones esperadas ° Períodos de abundancia o escasez hídrica ° Precipitaciones abundantes o leves ° Períodos de congelamiento del suelo 	Datos meteorológicos Descripción histórica Literatura Autoridades responsables	Nivelación y monitoreo. Entrevistas con gente local. Estaciones meteorológicas. automáticas
Geología de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Hidrogeología ° Sustrato mineral 	Mapas geológicos Servicio geológico	Generalmente no factible
Estatigrafía de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Tipos de turba, profundidad de la turba ° Tipo de turbera y su origen ° Conveniencia de la turba para construcción y simiento 	Literatura Informes de reconocimiento	Transectos en línea con barrenos de muestreo
Relieve de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Fuentes de agua ° Patrones de flujo de agua ° Patrones de drenaje y erosión ° Fuentes de contaminantes 	Mapas geomorfológicos Modelos de levantamiento digital	Nivelación
Relieve de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Cursos de flujo hídrico ° Drenaje y curvas de erosión 	Mapas de relieve Modelos de elevación digital	Nivelación
Hidrología de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Cambios hidrológicos recientes (drenaje, extracción de agua subterránea, cambios de uso de suelo) ° Cambio climático 	Literatura, Informes de reconocimiento Reportes de uso de suelo (drenaje, minería, forestación, agricultura).	Piezómetros en líneas de transectos Nivelación hídrica Determinación del flujo y caudal hídrico
Hidrología de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Patrones de drenaje natural y antropogénico ° Calidad de agua ° Disponibilidad de agua ° Nivel hídrico 	Literatura, Informes de reconocimiento Reportes de uso de suelo (drenaje, minería, forestación, agricultura). Autoridades responsables	Piezómetros en líneas de transectos Nivelación hídrica Determinación del flujo y caudal hídrico
Suelos de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Situación trófica 	Mapas de suelo Autoridades responsables	Mapas de suelo
Suelos de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Propiedades hidráulicas (conductividad, coeficiente de almacenaje, capilaridad) 	Mapas de suelo Autoridades responsables	Mapas de suelo
Flora y Fauna de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Metapoblaciones ° Áreas y especies de especial interés (conservación) ° Cambios en la composición de las especies ° Especies invasivas ° Selección de áreas claves via bioindicación 	Literatura, reportes de reconocimiento, fotografías aéreas, imágenes satelitales (earthgoogle.com; maps.google.de)	Registro de especies, documentación Mapeo, recolección, caza Entrevistas con gente local
Flora y Fauna de la turbera	<ul style="list-style-type: none"> ° Áreas y especies de especial interés (conservación) ° Especies invasivas ° Bio indicadores de las condiciones del sitio 	Literatura, reportes de reconocimiento, fotografías aéreas	Registro de especies, documentación Mapeo, recolección, caza Entrevistas con gente local
Patrones culturales	<ul style="list-style-type: none"> ° Objetos de valor histórico y arqueológico para la conservación 	Institutos de herencia arqueológica y local Literatura, reportes de reconocimiento	Inventarios (considerar también la topografía)
Uso antiguo de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ° Cubierta de árboles del área circundante ° Sistemas de drenaje y riego 	Literatura, reportes Autoridades responsables Descripciones históricas (fotografías, pinturas) Fotografías aéreas	Consulta a antiguos dueños de tierras Análisis de fósiles y otros restos (paleo-ecología)
Estatus de protección	<ul style="list-style-type: none"> ° Estatus de conservación ° Marco legal 	Autoridades responsables	Generalmente no factible

2. Formulación de objetivos

Los objetivos deben ser claramente formulados y priorizados, de manera que sean simples, medibles, alcanzables y repetibles. Es necesario analizar los siguientes aspectos:

- Priorizar entre objetivos en conflicto.
- Identificar metodologías adecuadas para cada objetivo.
- Verificar que los objetivos puedan ser evaluados.

El primer objetivo en una restauración de turberas es evitar que continúe la degradación, lo que significa reponer el nivel de humedad original, lo más pronto posible. En una turbera, la disminución del nivel freático en unos pocos centímetros puede afectar significativamente la composición florística, afectar fuertemente la acumulación de turba, las tasas de mineralización y otras funciones asociadas.

Las turberas también son afectadas por las intervenciones hidrológicas en áreas ubicadas fuera de la turbera en sí (ejemplos: contaminación, pozos). Los cambios en la hidrología de la turbera llevan a cambios en las condiciones hidráulicas del suelo, esto significa subsidencia, compactación, formación de fisuras, descomposición y mineralización, cambios en las propiedades hidráulicas (porosidad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenaje, capilaridad).

En la planificación de una restauración también es necesario revisar y/o considerar aspectos legales tales como: regulaciones internacionales relevantes, legislación minera, de construcción, de aguas y de residuos. Además, es necesario considerar la participación e información pública para lograr la aceptación del proyecto.

3. Participación pública

El éxito de la restauración dependerá de la opinión afirmativa de la sociedad. La sociedad involucrada debe ser consultada sobre los aspectos que la afecten.

4. Planificación de las evaluaciones

Las evaluaciones deben realizarse en la fecha más apropiada que asegure la factibilidad de recorrer el sitio. La planificación debe considerar un análisis de costos y beneficios de todos los aspectos involucrados (arriendo de maquinaria, materiales, personal, etc.).

5. Seguimiento

Para el seguimiento de turberas se recomienda considerar la combinación de los siguientes componentes:

- Biodiversidad: especies de plantas y animales
- Diversidad del hábitat: distribución en superficie y estructura
- Hidrología: nivel y flujo del agua
- Química: disponibilidad de nutrientes o sustancias contaminantes

- *Seguimiento de biodiversidad*

Trabajar con mapas de terreno, fotografías aéreas e imágenes satelitales. Visitas en terreno para medir altura de especies vegetales, estratos vegetales y distribución espacial. Estandarizar formas y tamaño de muestreo, realizar inventario vegetacional de las especies más relevantes y de interés para la restauración, especies raras o amenazadas, especies indicadoras. Se recomienda que las especies importantes sean fácilmente identificables y registrables.

- *Seguimiento de hidrología y química*

El nivel freático se monitorea a través de tubos de PVC enterrados, al menos en forma semanal o quincenal, idealmente con registradores tipo data logger. Utilizar mapas geológicos, satelitales, fotos aéreas.

Determinar la conductividad hidráulica. Los piezómetros se instalan en baterías de a cuatro, a diferentes niveles de profundidad a lo largo de un transecto.

Tomar muestras de agua desde los piezómetros, de escurrimientos superficiales de entrada y salida, precipitaciones.

Listado de materiales necesarios para un monitoreo en terreno: hojas de registro, marcadores permanentes, mapa topográfico, fotografías aéreas; GPS, Cinta marcadora, estacas para marcar parcelas permanentes, magnetos para marcar parcelas permanentes, cámara, regla plegable para medir altura, literatura para identificar especies, lupa, bolsas de papel y plásticas, cortapluma, pH metro, conductímetro, ropa impermeable, botas de agua.

6. Tipos de Restauración según objetivos

Además, Schumann y Joosten (2008) proponen diferentes enfoques de restauración según los tres grandes objetivos de restauración de una turbera:

- a) Restauración de la biodiversidad de las turberas
- b) Restauración de las funciones hidrológicas de las turberas
- c) Restauración de las emisiones de gases invernadero de turberas

a) Restauración de la biodiversidad de la turbera

Se propone considerar los siguientes aspectos:

- Mejorar las condiciones del hábitat mediante la regulación de la disponibilidad de nutrientes, regular la saturación de bases, crear nichos, reponer material genético, reducir impactos negativos causados por humanos, animales, fuego, erosión, sustancias indeseadas.
- Introducir especies claves. Para ello favorecer la inmigración natural de diásporas, conectar el hábitat para animales de pastoreo, conectar el hábitat mediante cultivo (transporte de material por maquinaria, cultivo de algunas especies relevantes, favorecer dispersión de semillas). Desparramar material molido, y darle las condiciones adecuadas, dispersar semillas, plantar especies de interés.
- Reducir el impacto humano, dando acceso solo a las áreas menos vulnerables, construir en estas pasarelas, instalar señalética, mapas, miradores, visitas

guiadas. Regular el acceso a ciertas zonas, reducir el acceso a áreas vulnerables durante los períodos más vulnerables, realizar educación ambiental.

- Reducir el impacto por animales, dándoles acceso a áreas menos vulnerables, instalar bebederos, comederos, lugares de descanso. Prevenir el acceso a áreas vulnerables, reducir la cantidad de animales mediante caza, trampas

b) Restauración hidrológica de las turberas

El mayor desafío es almacenar suficiente agua en la época de abundancia para prevenir sequías en la época de escasez.

- Elevar el nivel freático, manejando el sistema de drenaje existente, eliminar tuberías de drenaje, pozos. Aumentar el re-humedecimiento natural, disminuir la velocidad del flujo de agua superficial colocando obstáculos naturales como árboles, rocas. Cerrar los drenes con materiales adecuados (troncos, plástico, etc.). En caso de alta permeabilidad de la turba puede ser necesario transformar los drenes en zanjas que lleguen a capas más impermeables del suelo o de turba impermeable. Completar el relleno de drenes con turba más impermeable, uso de astillas de madera comprimiéndolos adecuadamente. Construir bordes para sellar áreas marginales de pérdida de agua con arcillas o turba poco permeable. Establecer sectores como reserva de agua, por ejemplo mediante la formación de depresiones para acumular agua suficiente para los períodos de sequía. En algunos casos es necesario introducir agua adicional mediante bombeo, inundación, teniendo especial cuidado con la calidad del agua. Mejorar la descarga de agua, es decir facilitar la infiltración de las precipitaciones y del agua estancada perforando la capa de turba impermeable superficial si es que esta está presente.
- Reducir la evapotranspiración. Esto requiere en ciertos casos la eliminación de árboles y la extracción de los restos. Plantar especies que ocupen menos agua, mejorar el microclima mediante la protección de los árboles del efecto del viento.

c) Restauración de turberas para reducir la emisión de gases efecto invernadero

- Para esto lo más importante es optimizar el manejo del agua, reduciendo el drenaje.
- Reactivar la acumulación de turba, reducir la descomposición de la turba, elevar el nivel del agua, erradicar las plantas de enraizamiento profundo para así disminuir la oxigenación de la turba, favorecer a las especies precursoras de turba.
- Reducir la erosión, proteger la superficie vegetal, reducir el impacto humano, estabilizar la superficie desnuda de turba, favorecer el establecimiento de plantas, cubrir la superficie desnuda, mejorar la hidrología captadora de agua.
- Reducir la presencia de sustancias nocivas mediante la cosecha y remoción de biomasa, establecer especies que extraigan estas sustancias y luego cosecharlas llevando la biomasa fuera del terreno; estimular las

precipitaciones; introducir Fe, Ca, NO₃ para precipitar a los fosfatos. Remover capas degradadas presentes en la superficie.

- Prevenir la incidencia de incendios, limitando el acceso en períodos críticos, elaborar mapas de seguridad, rutas de acceso. Establecer un sistema de patrullaje contra incendios, sistemas de control de incendios (cortafuegos), espejos de agua en drenes y zanjas. Contar con fuentes de agua para apagar. Elevar el nivel freático, desarrollar estrategias y modelos de prevención de incendios.

4.4 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES SOBRE LA RESTAURACIÓN DE TURBERAS

A continuación se describen diferentes experiencias sobre países que han trabajado en el tema de manejo y restauración de turberas. Se presentan los casos de Alemania, Irlanda, Canadá, Nueva Zelanda y Australia.

4.4.1 Experiencias de restauración de turberas en Irlanda

Las principales causas de degradación de turberas en Irlanda son: la extracción de turba, deforestación, y sobrepastoreo (Farrel, 2007).

La extracción de turberas en Irlanda se realiza mediante dos métodos:

- c) Corte en bloques que corresponde a la extracción tradicional y más utilizada en las áreas rurales, realizada por personas naturales. Generalmente esta extracción se concentra en los bordes de la turbera, por lo tanto los efectos se manifiestan como subsidencia dentro de áreas relativamente intactas.
- d) El segundo método es la extracción industrial de turba destinada principalmente al sector energético, para abastecer estaciones eléctricas y para consumo doméstico (briquetas). Además se utiliza para la producción de sustratos hortícolas. La extracción industrial de turba resulta en la pérdida completa de las características del ecosistema preexistente. Después de la extracción comercial, la turba remanente se comprime y se presentan fluctuaciones a gran escala en el nivel freático. El potencial de restaurar estas áreas es mínimo (Farrel, 2007).

Antes de iniciar un proyecto de restauración es necesario establecer los objetivos de la restauración y la factibilidad de su cumplimiento. Esto requiere analizar la condición actual de la turbera, formular los objetivos y formular un plan de manejo para alcanzarlos. A continuación se describe la iniciativa de restauración más relevante, el Proyecto de restauración Irish Raised Bog, y otras experiencias menores se describen brevemente.

4.4.1.1 Proyecto de restauración Irish Raised Bog

Este proyecto fue el resultado de una alianza estratégica entre Irlanda y Holanda. Los principales desafíos identificados fueron superar los impactos del drenaje en distintos niveles: drenaje superficial mediante eliminación de represas en la superficie de la turbera, drenaje en las zonas marginales como resultado de la extracción de turba y drenajes marginales profundos.

Se realizaron estudios exhaustivos de la ecología, hidrología y geomorfología de los sitios como base para posteriormente desarrollar e implementar procedimientos de restauración. Se llevaron a cabo estudios en las turberas altas (raised bog) de Clara Bog y Raheenmore. Ambas son Reservas Nacionales Naturales, Áreas Especiales de Conservación y Sitios Ramsar, entre 1989 y 1999). Tales turberas fueron sometidas a durante muchos años a drenaje e intensiva extracción de vegetación y turba. Han sufrido subsidencia (encogimiento), favoreciendo depresiones y pérdida de agua (Farrel, 2007).

Shouten (2002), encargado del mencionado proyecto de restauración, señala que para la adecuada formulación de un proyecto de restauración de una turbera degradada, resulta primordial realizar previamente un detallado estudio de línea base. La correcta identificación de las mediciones necesarias en un proyecto de restauración requiere estudiar:

- La ecohidrología de la turbera
- Relaciones hidrológicas entre la turbera y sus alrededores
- Posibilidad para la rehabilitación de sectores más lagg (lagg zones)
- Tamaño mínimo requerido para los sectores remanes de turberas a conservar.

Más específicamente, la planificación de las medidas de restauración de turberas degradadas debe considerar:

- Estudios sobre el balance de agua del sistema turbera
- Estudio de las condiciones hidrológicas e hidroquímicas del crecimiento de Sphagnum
- Las condiciones de hábitat de las diferentes comunidades vegetales (Shouten, 2002)

El proyecto de restauración Irish Raised Bog, liderado por Shouten (2002) contempló las siguientes etapas:

- Estudio climático
- Estudio geológico
- Estudio hidrológico
- Estudio vegetacional
- Plan de restauración
- Etapa de monitoreo

- **Estudio climático**

En Irlanda las turberas se dividen en dos tipos: blanket bogs o turberas de manto y raised bogs o turberas altas, definidas principalmente por su distribución geográfica y características climáticas.

Las turberas de manto son altamente dependientes de lluvia y presentan pendientes de hasta 15%. Su transición a suelos minerales es gradual, siendo difícil la determinación de sus límites. Ocurren en presencia de precipitaciones con media anual mayor a 1250 mm. y 225 días lluviosos al año o más.

Las turberas altas presentan posiciones más horizontales, sus bordes son claramente identificables. Su nivel de agua está muy cercano a la superficie y son alimentadas exclusivamente por agua de precipitaciones. En Irlanda ellas se presentan donde la precipitación no exceda los 1250 mm. Existen diferentes tipos de turberas altas según las condiciones climáticas locales: temperatura media del aire, precipitación y su distribución a lo largo del año, y la evapotranspiración (lisímetros, evapotranspiración potencial). Las dos turberas del presente proyecto corresponden a esta clasificación (Shouten, 2002).

- **Estudio geológico**

Una turbera forma parte de una zona de transición entre la litósfera (roca) y la biósfera (vida orgánica) y debe su existencia a la combinación de las condiciones climáticas adecuadas y las condiciones geológicas e hidrológicas correctas. Para comprender su existencia es necesario estudiar los materiales geológicos presentes. La estratigrafía de los sedimentos indica la secuencia del desarrollo de una turbera.

Dado lo anterior, este proyecto comenzó con el estudio geológico, el cual comprendió: mapas geológicos, inspección geofísica, barrenaje hasta llegar a los depósitos glaciales, roca madre, sedimentos lacustres, barrenaje de los depósitos de turba, elaboración de perfiles geológicos longitudinales (Shouten, 2002).

- **Estudio hidrológico**

Los suelos de turba generalmente se conocen como suelos orgánicos (histosoles), sin embargo su componente principal es el agua. Según Ivanov (1981), citado por Van der Schaaf (2002), el volumen de agua en una turbera prístina varía en un rango de 88 a 97%.

Una turbera y su sistema regional están interconectados mediante el flujo de agua superficial subterráneo. El sistema completo es alimentado por precipitaciones. Parte de ellas infiltran al suelo y las remanentes escurren como agua superficial. La distribución del agua entre ambos procesos depende de la morfología del paisaje y de las propiedades hidráulicas del suelo. Durante estos procesos, los compuestos disueltos cambian debido al intercambio iónico, y su cantidad aumenta como resultado de las condiciones climáticas y de la disolución de los componentes del suelo (Shouten, 2002).

Sobre la base de lo anterior, Shouten (2002), destaca los siguientes aspectos claves:

- La hidrología de la turbera y su diferenciación espacial determinan significativamente el desarrollo y especialización de la vegetación.
- Las condiciones hidrológicas de la turbera dependen del sistema hidrológico circundante, en términos de cantidad y calidad de agua.
- El potencial hidrológico determina la posibilidad de conservar y/o restaurar una turbera.

Las turberas ombrotáficas o altas (raised bog) se abastecen de agua solamente de precipitación. No reciben aguas subterráneas externas, sin embargo sí descargan agua a sus alrededores. Las principales características hidrológicas de las turberas son:

- Nivel del agua muy cercano a la superficie y con leves fluctuaciones temporales (0,2 a 0,3 m), comparados con suelos minerales (Van der Schaaf, 2002).
- El drenaje tiene un considerable efecto en la fluctuación del nivel del agua, por lo tanto es necesario elaborar curvas de fluctuación del nivel del agua (profundidad versus fechas).
- Grandes coeficientes de almacenamiento de agua. En turberas es más alto que en suelo mineral debido a la capacidad de absorción de *Sphagnum*. También influye en este parámetro el grado de humificación o descomposición de la turba.
- Oscilación vertical de la superficie debido a la estación seca (evapotranspiración) y húmeda (precipitación).
- Subsistencia de la superficie luego del drenaje.
- Constante descarga.

Los objetivos del estudio hidrológico de este proyecto fueron:

- Estudiar la dependencia de la hidrología de la turbera con la hidrología de los alrededores (cantidad y calidad de agua).
- Estudiar el potencial hidrológico para la conservación y/o restauración.

En cuanto al método utilizado para el estudio hidrológico, a continuación se enumeran las mediciones hidrológicas realizadas en ambas turberas estudiadas:

A. Mediciones periódicas en campo, realizadas cada 2 semanas:

- Medición de niveles piezométricos con piezómetros instalados y encajados a diferentes profundidades en varios puntos. Esto se realiza mediante barrenos de

profundidad. Es útil elaborar un plano que indique las posiciones de piezómetros, pozos y otras mediciones.

- Reconocimiento en terreno para explorar la extensión lateral de sedimentos hidrológicos y su descripción.
- Conductividad hidráulica en los puntos señalados en el ítem 1) y otros pozos
- Medición de los niveles freáticos del área circundante
- Precipitación
- Evapotranspiración
- Conductividad eléctrica del agua superficial
- Medición de la descarga en cursos de agua
- Análisis químico del agua en piezómetros, pozos y cursos de agua (Shouten, 2002).

B. Elaboración de un mapa geomorfológico para cada turbera. Mediante este mapa se describe la estructura geomorfológica de la turbera.

C. Elaboración de una sección transversal hidrogeológica. En relación a la litología, debe obtenerse un perfil o sección transversal hidrogeológico que refleje espesor y extensión lateral de las diferentes capas de la turbera.

D. Piezómetros y niveles freáticos. Elaborar mapa de niveles freáticos y mapa de patrones del flujo de la turbera que muestra gradientes hidráulicos. El patrón de flujo de agua en turberas altas es generalmente radial. También es ideal registrar la fluctuación de los niveles freáticos.

E. Propiedades del acrotelmo en relación a su posición en la turbera y al comportamiento del nivel freático.

F. Balance de agua. Medición de los drenajes o descargas. Esto permite evaluar la composición de las captaciones de la turbera.

G. Química del agua. Esta es determinada por los orígenes de la turbera. Las muestras de agua se extraen en los piezómetros, a diferentes profundidades y se mide:

- Análisis químico completo de muestras de agua (iones Na, Mg, Ca, HCO₃, Cl)
- Conductividad eléctrica del agua.
- pH (Shouten, 2002).

- ***Estudio vegetacional***

El proyecto consideró el estudio de las comunidades vegetales de ambas turberas y la elaboración de mapas vegetacionales y de ecotopos.

- ***Plan de Restauración***

El plan de restauración se estructuró en tres niveles:

- *Micro escala a nivel de comunidades de plantas*
 - Restablecimiento del nivel freático (superficial o cercano)
 - Recolonización de comunidades de sps. *Sphagnum* (principalmente *Sphagnum cuspidatum*, especie colonizadora).
- *Meso escala a nivel del ecosistema turbera*
 - Restaurar el acrotelmo y sus funciones.
 - Se construyeron e intercalaron pequeñas presas para redirigir flujos (6000 pequeñas presas entre 1993 y 1996) hacia los lugares en que el acrotelmo presenta un potencial de restauración.
 - Si el acrotelmo está muy dañado realizar varias represas concéntricas en la parte baja para retener la superficie de agua y favorecer el gradiente hídrico.
 - La intensidad del bloqueo depende de la topografía superficial de la turbera.
- *Macro escala a nivel del paisaje*
 - Considerar el paisaje circundante
 - Se debe bloquear todo el drenaje marginal (Shouten, 2002).

- **Etapa de Monitoreo**

- Monitoreo de ecotopos
- Monitoreo de especies indicadoras
 - *Sphagnum auriculatum*, *S. cuspidatum*, *S. papillosum*, *S. magellanicum*, *Drosera ánglica*
- Monitoreo de niveles superficial
 - Regla de medición

Como resultado final se generó una guía para el bloqueo de drenes donde la intensidad del bloqueo depende de la topografía superficial de la turbera y las represas se instalan en cada punto que represente un cambio de 10 cm (Shouten, 2002).

4.4.1.2 Proyecto Coillte

En este proyecto la restauración de turberas se realizó en un área que fue reforestada para uso comercial en los años 80'. El desafío principal fue remover pinos de escaso crecimiento y bloquear los drenes mediante láminas plásticas insertadas a lo largo de los drenes. En las áreas planas el bloqueo fue instalado cada 15 m. a lo largo de los drenes y a menor distancia en zonas con pendiente (Farrel, 2007).

4.4.1.3 Rehabilitación de turberas de Bord na Mona

Generalmente, en el 50% de los casos de turberas cosechadas se considera como opción la regeneración de hábitats semi-naturales. La colonización natural de estas turberas resulta en un mosaico de hábitats semi-naturales que incluyen: hábitat de humedales, hábitats secos (praderas ácidas, bosques de abedules). Estas áreas son ricas en biodiversidad y constituyen fuentes de biodiversidad y conservación de la vida silvestre.

Los resultados de este proyecto permitieron el desarrollo de un detallado plan de rehabilitación que incorporó los siguientes criterios: estabilización de la turbera mediante la aceleración del revegetación, mitigación de la pérdida de sedimentos y, donde fue posible, la restauración de las condiciones para volver a formar turba. Estos objetivos se lograron mediante un extensivo bloqueo de drenes, cuñas de gravilla en colinas y pendientes en las colinas de arenisca y laderas, la creación de áreas de revegetación, con énfasis en la identificación de áreas aptas para el restablecimiento de *Sphagnum* (Farrel, 2007).

4.4.1.4 Proyecto de restauración “Irish Peatland Conservation Council Lodge Bog”

Otras iniciativas relativas a la restauración de turberas son las desarrolladas por el Irish Peatland Conservation Council (IPCC). Este grupo surgió en los 80' con la finalidad de proteger y conservar las turberas irlandesas y promover la educación ambiental en este tema. El IPCC realizó extensos estudios topográficos y ecológicos en el sector conocido como Lodge Bog (35 ha), siguiendo las guías establecidas en el Irish Raised Bog Restoration Project (ver ítem 4.5.1.1). Los trabajos consistieron en un programa de bloqueo de los drenes. Se construyeron 155 represas, las que consistieron en pilotes plásticos insertados a lo largo de la turbera cada 10 cm de cambio del nivel superficial. Este proyecto fue a pequeña escala pero significó una importante plataforma educativa a través del cual IPCC pudo introducir conceptos sobre restauración de turberas a niños y adultos (Farrel, 2007).

4.4.1.5 Políticas de manejo de turberas y tendencias futuras

Debido a las presiones de manejo y amenazas a las que están sometidas las turberas en Irlanda, se hace necesario integrar esfuerzos para desarrollar una política de manejo de turberas nacional. Tales políticas deben estar orientadas a prevenir futuras degradaciones de turberas y revertir procesos de daño, mediante la ejecución de proyectos de restauración.

Las variadas experiencias de restauración en Irlanda han sido principalmente realizadas en áreas destinadas a la conservación de la naturaleza. Estas han mostrados resultados positivos en la restauración de las condiciones hidrológicas y en el establecimiento de las comunidades vegetales formadoras de turba. Han sido exitosas a nivel de comunidades vegetales, sin embargo lentas a nivel del ecosistema.

El cese de la extracción de turba en los extremos de las turberas designadas para conservación es fundamental para prevenir la degradación (Farrel, 2007).

4.4.2 Experiencias de restauración de turberas en Canadá

Años atrás, las turberas eran consideradas como tierras improductivas en Canadá, sin embargo, hoy sus valores se reconocen ampliamente. En la actualidad, las turberas cubren el 11% del territorio en este país (Quinty y Rochefort, 2003).

Las turberas en Canadá, han sido explotadas durante muchos años, principalmente para el uso de combustible, la agricultura y la silvicultura. La industria canadiense de turba lidera actualmente la producción mundial de turba para horticultura. Más de 13.000 ha de turberas son cosechadas, principalmente bajo la técnica de cosecha por aspirado (Landry, 2010). En los últimos años, la restauración de estos ecosistemas ha despertado el interés debido a la explotación de turba (Gorham y Rochefort 2003). En la década de los 90' fue creado el Peatland Ecology Research Group (PERG) bajo el mandato de desarrollar técnicas de restauración de turberas, de manera de recuperar tales ecosistemas degradados, redirigiéndolos hacia la rehabilitación de sus funciones. Esta investigación fue realizada por PERG en asociación con la Industria Canadiense de Turba y numerosos investigadores de variadas universidades (Landry, 2010).

Según este grupo de trabajo, el objetivo de la restauración se basa en devolver al ecosistema su capacidad de acumular turba, mediante el establecimiento de la vegetación precursora típica de las turberas, con énfasis en los factores que favorecen el establecimiento de *Sphagnum* y la hidrología de la cuenca (Landry, 2010).

La vasta y completa experiencia de los investigadores canadienses en restauración de turberas los ha llevado a liderar las iniciativas de restauración a nivel mundial. De hecho, Quinty y Rochefort publicaron en 1997, y luego reeditaron en 2003 el protocolo de restauración más difundido y aplicado en el mundo, resumido en el ítem 4.3.4.

Entre las principales técnicas estudiadas en Canadá, se propone cosechar la turba dividiendo las turberas en campos de 20 a 40 m de ancho y de longitud variable. Los campos son separados por zanjas de drenaje, de 75 cm de profundidad por 1 m de ancho, que drenan el agua hacia una zanja principal ubicada a un extremo del sitio cosechado (Rochefort *et al.* 2003).

Este grupo de trabajo canadiense ha colaborado con el equipo chileno que lideraba la ejecución del proyecto Bases Ambientales para el desarrollo de las turberas de Magallanes, mediante el desarrollo técnicas de restauración en turberas intervenidas y abandonadas, con la finalidad de elaborar guías para la restauración de turberas en Magallanes y establecer el manejo sostenible de las turberas. El equipo nacional estuvo conformado por diversos investigadores pertenecientes a las siguientes instituciones: INIA Kampenaike, Universidad Santo Tomás, Universidad

Andrés Bello, CEQUA (Centro de Estudios del Cuaternario), WCS (Wild Conservation Society), Universidad de Magallanes, Instituto de Ecología y Biodiversidad de Chile.

4.4.3 Experiencias de restauración de turberas en Australia

En Australia, las turberas se han visto amenazadas por la explotación de turba, drenaje, efectos del fuego y pisoteo del ganado. *Sphagnum cristatum* es la especie más común y ha sido explotada principalmente para la horticultura. La cosecha se realiza en forma manual y el uso de herramientas, como rastrillos y podadoras, queda restringido sólo a la vegetación existente en la turbera (juncos, arbustos); esto, debido a que en algunos sitios, se hacen drenajes alrededor de la turbera para una extracción más fácil, lo que a largo plazo, tiene efectos adversos para la regeneración del musgo *Sphagnum*. También, debe excluirse el uso de maquinaria pesada durante la cosecha, porque causan erosión y posterior drenaje del agua en la turbera (Whinam *et al.* 2003).

Una de las limitantes para el desarrollo de las turberas de *Sphagnum* en Australia, es la disponibilidad de agua en los meses más secos, por tal motivo, para evitar la pérdida de agua por la evapotranspiración, se sugiere dejar una cubierta de árboles y arbustos del 20% en la turbera para generar sombra, y así ayudar al crecimiento del musgo. También se debe dejar una cubierta de musgo vivo para la regeneración, se estima que un 30% de la superficie sin cosechar ayudaría a este propósito. Otro factor a considerar es la cosecha en sitios de altura, se estima que hay mala regeneración del musgo en sitios ubicados sobre 600 m (Whinam *et al.* 2003).

4.4.4 Experiencias de restauración de turberas en Nueva Zelanda

Históricamente, en Nueva Zelanda muchas áreas de turberas de *Sphagnum* se han drenado y se han fertilizado para dar un uso agrícola o se han destruido por la explotación minera de la turba. Se estima que entre un 20 a 30% de turberas que producen el musgo *Sphagnum* en Nueva Zelanda, está en manos de privados (Whinam *et al.* 2003).

En Nueva Zelanda, se cosecha principalmente el musgo *Sphagnum* en forma manual, ya que el uso de maquinarias daña el sitio. El traslado de los sacos de musgo, se hace con ayuda de helicópteros para minimizar el impacto en el sitio (Moutere River Co Limited 2006, citado por Pérez, 2007).

- Es necesario manipular el contenido de agua de las turberas después de la cosecha. Un sitio conveniente para regenerar el musgo, debe tener un alto contenido de agua, si es necesario, se debe rehumedecer el sitio (Whinam *et al.* 2003).
- Turberas de *Sphagnum* cerca de sus límites ecológicos, son más vulnerables a la recuperación después de la cosecha, por lo tanto, la regeneración puede ser más lenta en sitios sobre 600 m (Buxton *et al.* 1996).
- Mantener un cierto abrigo natural, generado por algunos árboles, para dar la protección contra la desecación y la helada, puede dar buenos resultados. El musgo *Sphagnum*, en sitios muy abiertos, tiene generalmente un crecimiento pobre (Buxton *et al.* 2003).
- La regeneración de *Sphagnum* en superficies abandonadas de turba, después de la cosecha, puede ser lenta e incluso puede estar ausente, particularmente si hay tiempos de sequía, esto puede conducir a la dominación de otras especies. Sin embargo, dejando una cubierta de aproximadamente un 30% de *Sphagnum* sin cosechar, la regeneración puede ser más rápida (Whinam *et al.* 2003).
- Otros estudios señalan, que el índice de regeneración del musgo *Sphagnum*, depende del grado de retiro del musgo al momento de la cosecha. Por tal motivo, es conveniente que los recolectores dejen entre un 10-20% del musgo en el pantano. Así, el musgo regeneraría en 3 ó 5 años (Moutere River Co Limited 2006, citado por Pérez, 2007).
- Es importante respetar los tiempos de regeneración antes de volver a cosechar los terrenos. Si estos tiempos son respetados, la cosecha se podría adelantar un año (Buxton *et al.* 1996).
- Casi todas las fábricas de embalaje del musgo *Sphagnum* en Nueva Zelanda, son certificadas por el Ministerio de Agricultura y Pesca para asegurar que el musgo esté libre de insectos, parásitos o enfermedades. Sin embargo, no hay entes de gobierno que regulen la extracción del musgo (Moutere River Co. Limited 2006, citado por Pérez, 2007).

4.5 ECONOMÍA Y AMBIENTE DE LAS TURBERAS

Las relaciones entre economía y ambiente no han sido suficientemente equilibradas, en especial en los últimos dos siglos. De hecho, el crecimiento económico se ha conseguido, en gran medida, a costa del entorno ambiental. En el caso específico de las turberas, ellas en la actualidad son ecosistemas amenazados y han sido degradadas o alteradas como consecuencia de diversas actividades humanas. En la creación de una base de datos mundial sobre humedales, y según el informe “Examen global de los recursos de los humedales y prioridades de los inventarios de humedales”, las turberas se definen como un tipo de humedal prioritario (Resolución 7.20 de Ramsar) y se señala, en particular, que se encuentran amenazadas directa e indirectamente, por amenazas dentro y fuera de su zona, a pesar de su importancia como sumidero de carbono y como recurso económico (Ramsar, 2004).

Todas las características acá expuestas han centrado la atención por parte de la comunidad científica internacional por realizar diversos estudios dirigidos hacia la conservación y el uso racional de los humedales, el término general, donde el objetivo principal de los proyectos ha estado centrado en restablecer los procesos ecológicos naturales con una mirada holística de los conceptos ecológicos básicos que consideran la relación entre los procesos, las funciones y los valores de estos ambientes, lo cual se transforma en un requisito fundamental para la toma de decisiones económicas y políticas respecto de los ecosistemas (CONAF, 2006).

En el caso específico de las turberas, su cosecha proporciona beneficios de corto plazo, sin embargo la pérdida de las funciones ecosistémicas provoca cambios irreversibles con impactos de largo plazo, tanto in situ como ex situ. Los impactos en el sitio se refieren a la destrucción del hábitat, redundando en pérdida de diversidad, productividad y servicios ecosistémicos. Los efectos ex situ se presentan a escalas locales, regionales y globales. El aprovechamiento no sostenible de las turberas no sólo provoca significativos efectos ambientales, sino también efectos socioeconómicos (Parish et al, 2007).

Como fue ampliamente discutido en el capítulo 2, las turberas son altamente valiosas para la sociedad debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel local, regional como global. Presentan múltiples funciones de regulación, productivas, trasmisoras y de información. La restauración de la funcionalidad de una turbera le permitirá restablecer la mayoría de sus roles y recuperar algunos de sus valores perdidos durante la perturbación. Así, podrá recomenzar a acumular carbono, regular el flujo hídrico y soportar la biodiversidad, entre otros (Quinty y Rochefort, 2003).

Sin embargo, la importancia de los ecosistemas de turberas es aún bastante desconocida a nivel mundial. Son ecosistemas complejos, multifuncionales y proporcionan una gran variedad de bienes y servicios cuyos efectos en el bienestar del

hombre no saltan a la vista. En algunos casos puede ser útil explotar sus recursos y degradarlos, mientras que en otros puede convenir su conservación.

La valoración económica de los humedales es relevante para el manejo/gestión y las políticas de humedales. Una de las principales causas de la disminución y conversión excesivas de los humedales, y sobre todo las turberas, es con frecuencia que sus valores no comerciales no se tienen en cuenta adecuadamente en las decisiones concernientes al desarrollo. La valoración económica permite medir y comparar los distintos beneficios de los humedales y por ende puede servir de instrumento eficaz de facilitación y mejoramiento del uso racional y el manejo/gestión de los recursos de los humedales del mundo (Barbier et al, 1997).

La valoración económica se define como todo intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales, independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo. Sin embargo, esta definición no es enteramente satisfactoria. En efecto, siendo más preciso, el valor económico de cualquier bien o servicio suele medirse teniendo en cuenta lo que se está dispuesto a pagar por él menos lo que cuesta proveerlo. Cuando un recurso ambiental existe pura y simplemente y proporciona bienes y servicios sin costo alguno, lo único que expresa el valor de los bienes y servicios que aporta es la disposición a pagar por ellos (Barbier et al, 1997).

La degradación o pérdida de recursos ambientales constituye un problema económico porque trae aparejada la desaparición de valores importantes, a veces de forma irreversible. Cada alternativa o camino susceptible de seguirse respecto de un recurso ambiental – conservarlo en su estado natural, dejar que se degrade o convertirlo para destinarlo otro uso – redundará en pérdidas o ganancias de valores. Sólo se puede decidir cómo usar un recurso ambiental determinado y, en definitiva, si los índices actuales de destrucción del mismo son ‘excesivos’, si estas ganancias y pérdidas se analizan y evalúan correctamente. Esto plantea la necesidad de analizar detenidamente *todos los valores* susceptibles de ganarse o perderse destinando el recurso a los distintos usos que admita (Barbier et al, 1997).

Con frecuencia los decisores determinan *a priori* qué estrategia de manejo/gestión de los humedales aplicar – explotarlos o conservarlos – y sólo les interesa que la valoración confirme esa decisión *a posteriori*. Uno de los mayores obstáculos para valorar un sistema ambiental complejo, como por ejemplo un humedal, es la falta de información suficiente sobre importantes procesos ecológicos e hidrológicos que sirven de base a los distintos valores generados por el humedal. A menudo no se cuenta con esta información. Un programa de restauración y conservación, tiene por objetivo identificar y ejecutar las distintas acciones que permitan el adecuado restablecimiento de las funciones y características de la turbera (Quinty y Rochefort, 2003).

Existen numerosas razones por las que las turberas continúan siendo degradadas o transformadas. Los individuos más beneficiados con la conservación de las turberas son frecuentemente los residentes locales, quienes no están involucrados en las políticas y procesos de tomas de decisiones. Tales procesos generalmente son

indiferentes a las necesidades locales. Muchos de los servicios que brindan las turberas (regulación climática, recarga de acuíferos, entre otros), no generan ingresos y por tanto no son atractivos para el mercado. Los individuos no tienen incentivos para mantener tales servicios (Parish et al, 2007).

Por otra parte, la degradación de las turberas provoca la alteración de los servicios ecosistémicos proporcionados por ellas, generando un daño importante. Se requerirán inversiones significativas para restablecer tales servicios. Los beneficios intangibles (servicios ecosistémicos), no valorados, proporcionados por las turberas son mayores que los beneficios monetarios obtenidos. Así, la valoración económica proporciona un importante argumento y constituye una poderosa herramienta para promover el enfoque de uso racional de las turberas (Parish et al, 2007).

Según Wetlands International (2010), la restauración de turberas degradadas presenta una gran oportunidad para contribuir a la mitigación del cambio climático. Proyectos piloto en el sudeste Asiático, Rusia, Argentina y los Himalayas han demostrado que inversiones menores en detener drenajes y restaurar cobertura vegetal tienen un impacto significativo en términos de reducción de emisiones de gases de invernadero. La degradación de las turberas puede trastornar el suministro de agua y reducir su habilidad de controlar inundaciones, convirtiendo así la restauración de turberas en una estrategia prioritaria para la adaptación al cambio climático.

Se observa que las tendencias futuras se orientan hacia la conservación y restauración de estos ecosistemas. A modo de ejemplo, se menciona que Noruega, Suecia y Finlandia poseen una red de turberas bajo protección ya sea como reservas ecológicas o en un programa de parques. En Alemania y Holanda, aunque unas pocas turberas se conservan en su estado original, las acciones se focalizan en pedimentos para usos agrícolas. En Gran Bretaña, a comienzos de los años 90, se llegó a un acuerdo entre los grupos conservacionistas y los productores de turba mediante el cual estos últimos acordaron dejar zonas intactas en sus sitios de producción destinadas a la conservación. Para remplazar la producción de turba perdida bajo este acuerdo grandes cantidades del producto son importadas desde los países bálticos y Rusia. El debate ha dado como resultado políticas tendientes a la restauración de las turberas cosechadas. En Irlanda el Consejo Nacional de la turba (liderado por la principal empresa Bord Na Mona) regula gran parte de la producción destinada a combustible y horticultura mediante la obligación legal de manejar las turberas en un interés nacional. Muchas organizaciones ambientalistas trabajan coordinadamente para implementar un programa nacional de conservación de las turberas. Las políticas gubernamentales están orientadas a la adquisición de terrenos para conservación.

En Canadá en 1990 el gobierno adoptó la Política Federal sobre Conservación de Humedales. El objetivo de ésta es promover la conservación de las turberas para sustentar sus funciones ecológicas y socio-económicas, ahora y en el futuro. La política identifica claramente el papel clave que juega la turba en la industria como también promueve la investigación y el uso sustentable del recurso. La Asociación Canadiense de turba esfagnácea (CSPMA) es una organización comercial integrada por los principales productores de turba en Canadá la cual interactúa con el gobierno, la industria de la turba y conservacionistas para asegurar un desarrollo sustentable de

los recursos turbosos. En Estados Unidos las turberas a nivel federal son administradas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) al amparo de la legislación relativa a humedales. Otras agencias federales que regulan e influyen el uso de las turberas son el Servicio de Pesca y Vida Silvestre, Departamento de Agricultura (USDA), Servicio de Conservación de Recursos Naturales y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército. En adición a esto algunos estados individuales han adoptado políticas aún más restrictivas que las de la EPA. Por ejemplo las turberas en Minnesota están protegidas por el Acta de Conservación de Humedales del año 1991 a nivel local (Ruiz y Doberti, 2005).

4.6 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

BARBIER, E. ACREMAN, M. y KNOWLER, D. 1997. Valoración económica de los humedales. Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar. Disponible en:

<http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d80ccd656aee> Valoracion Economica de Humedales - RAMSAR.pdf. Fecha de consulta: 05/03/2011.

BOCCO, 2005. Prólogo. Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

BUXTON, R.P., JOHNSON, P.N. y ESPIE, P.R. 1996. *Sphagnum* research programme: The ecological effects of commercial harvesting. Science for Conservation 25. Published by Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 34 p.

CONAF. 2006. Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del Río Cruces. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales - Universidad Austral de Chile.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

COMÍN, F. 2002. Restauración ecológica: teoría versus práctica. Rev. Ecosistemas U. Barcelona 2002. Disponible en:

http://www.revistaecosistemas.net/index_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D305%26Id_Categoria%3D3%26tipo%3Dportada

COTLER HELENA, BOCCO GERARDO, VELÁSQUEZ ALEJANDRO, 2005. El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica. En: Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

DAMA Departamento técnico administrativo de medio ambiente de Colombia. Sin año. Protocolo distrital de restauración ecológica. Bogotá D.C.

FARREL, CATHERINE. 2009. Restoration of peatlands in Ireland. Bord na Móna, Boora, Leabeg, Tullamore, Co. Offaly. Disponible en: http://www.pole-tourbieres.org/docs/Lamoura_Farrell.pdf. Fecha consulta: 15/06/2010.

FERNÁNDEZ, ALEX. 2006. Restauración ecológica. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/05/05/151595.php Fecha de consulta: 05/12/2008

GARCÍA, INÉS Y DORRONSORO, CARLOS. 2004. Contaminación del suelo. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada. España. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema00/progr.htm>. Fecha de consulta: 20/09/2008

GARIBELLO, JUAN CAMILO. 2003. Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Colombia, Banco Mundial, CONIF. Bogotá, Colombia.

GORHAM, E. y ROCHEFORT, L. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with special reference to *Sphagnum* bogs. Wetlands Ecology and Management 11: 109-119.

HIGUERAS, PABLO Y OYARZÚN, ROBERTO. 2004. Curso de Minería y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/>. Fecha de consulta: 21/09/2008

INE (Instituto Nacional de Ecología)/SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2006. Restauración ecológica. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/conhc/webredline.htm. Fecha de consulta: 21/11/2008

LANDRY, J. *et al.* 2010. Canadian peatland restoration framework: a restoration experience in Chilean peat bogs. *Peatlands International* 2/2010: 50-53.

MAASS, MANUEL 2004. La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala

MÁRQUEZ-HUITZIL ROBERTO, 2005 a. Fundamentos teóricos y convencionales para la restauración ecológica: aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración. En: *Temas sobre restauración ecológica*. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

MÁRQUEZ-HUITZIL ROBERTO, 2005 b. Planificación para la restauración asociada con el aprovechamiento de los recursos naturales. En: *Temas sobre restauración ecológica*. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

MURCIA, C., 2002. Bases conceptuales de ecología del paisaje para la restauración ecológica. En: *Memorias del Seminario - Taller Enfoques y metodologías de investigación para reforestación y restauración ecológica*. Ministerio del Medio Ambiente - Corporación Nacional para la Investigación y el fomento forestal CONIF. Bogotá, Colombia.

PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change*. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PEAT MOSS AND THE ENVIRONMENT. 2003. *Restoration Research*. Consultado el 18 de agosto de 2006. [En línea]. Disponible en: www.peatmoss.com/pm-resre.php

PÉREZ, IVAN. 2007. Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. *Memoria (Ingeniero Forestal)*. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Santo Tomás. 93 p.

PEREZ, M y CALVO, E. 2005. *Uso de vegetación autóctona para restauración ambiental*. Universidad de Extramadura.

QUINTY, F. y ROCHEFORT, L. 2003. *Peatland restoration guide*. Canadian *Sphagnum* Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Second edition. Quebec.

ROCHEFORT, LINE; LODE, ELVE. 2006. *Restoration of Degraded Boreal Peatlands*. Capítulo 17. *Ecological Studies*, Vol.188. R.K. Wieder and D.H.Vitt (Eds.) *Boreal Peatland Ecosystems*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

ROCHEFORT, LINE. 2000. *Sphagnum: a keystone genus in habitat restoration*. Invited Essay. *The Bryologist* 103(3):503-508

ROCHEFORT, L., CAMPEAU, S. y BUGNON, J. 2002. Does prolonged flooding prevent or enhance regeneration and growth *Sphagnum*?. *Aquatic Botany* 74: 327-341.

ROCHEFORT, L., QUINTY, F., CAMPEAU, S., JOHNSON, K. y MALTERER, T. 2003. North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* 11: 3-20.

RUIZ y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0 Informe Final. Punta Arenas.

SÁNCHEZ, JOSE LUIS. 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. En: Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

SANTIBAÑEZ, F. 2001. Rehabilitación a gran escala. En: Experiencias internacionales en la rehabilitación de espacios degradados. Proyecto FONDEF D9811036. Publicaciones Misceláneas Forestales N°3.

SER (Society for ecological restoration internacional). 2004. Ponencia introductoria de SER Internacional. Disponible en:
http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=11376958591SER_Res_tauraci%F3n_Ecol%F3gica.pdf. Fecha de consulta: 05/12/2006

SHOUTEN, M.G.C. 2002. Conservation and restoration of raised bogs: geological, hydrological and ecological studies. Department of the Environmental and Local Government, Ireland. Geological Survey of Ireland, Dublin.

SCHUMANN MARTIN; JOOSTEN, HANS. 2008. Global Peatland Restoration Manual. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.

VAN DER SCHAAF, S. 2002. Acrotelm transmissivity asa paramenter to asses ecological conditions and ecological potential in the Irish Midlands raised bogs. Land Reclamation N° 33: 49-56.

VÁZQUEZ , BATIS , ALCO CER, GUAL Y SÁNCHEZ, s/año. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

WHINAM, J., HOPE, G.S., CLARCKSON, B.R., BUXTON, R.P., ALSPACH, P.A. y ADAM, P. 2003. *Sphagnum* in peatlands of Australasia: Their distribution, utilisation and management. Wetlands Ecology and Management 11: 37-49.

CAPÍTULO V

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Se puede afirmar que las turberas emplazadas en la región de Magallanes constituyen ecosistemas de alto valor económico ambiental y son frágiles ante la intervención humana. Por ello se plantea que el uso y gestión de ellas ha de ser concebido bajo los conceptos de **uso racional**, conservación, zonificación y gestión del territorio, estableciendo cómo realizar las labores de extracción, medidas específicas de mitigación y áreas destinadas a la actividad extractiva, de conservación y restauración.

Cualquier actividad productiva desarrollada en torno a las turberas debe realizarse en forma sustentable. Así, resulta clave estudiar las dinámicas biológicas y funciones ecológicas de estos ecosistemas, para establecer protocolos de explotación, manejo, conservación y restauración, que permitan la permanencia del recurso para futuras generaciones. Este estudio pretende enriquecer la escasa información existente sobre las turberas de la región de Magallanes, de manera de avanzar hacia el uso racional de las turberas. Para lograr contribuir a estos problemas, la presente investigación se plantea los siguientes objetivos e hipótesis.

5.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de gestión ambiental de turberas para Magallanes elaborado a partir del conocimiento existente, fundamentado en el análisis vegetacional, hidrológico, físico, químico y microbiológico de turberas en intervención y no intervenidas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar bibliométricamente y mediante visitas técnicas el grado de conocimiento de las turberas a nivel nacional e internacional.
2. Identificar y analizar las regulaciones relativas a las turberas a nivel nacional e internacional.
3. Diseñar una metodología funcional teórico práctica que permita sentar las bases de un plan de gestión ambiental en turberas a nivel nacional.

4. Aplicar la metodología propuesta en las turberas de la región de Magallanes.
5. Describir la estratigrafía de turberas en intervención y no intervenidas en Magallanes, definiendo grados de humificación (descomposición).
6. Caracterizar vegetacionalmente las turberas intervenidas y no intervenidas en Magallanes.
7. Estudiar hidrológicamente diferentes tipos de turberas en Magallanes.
8. Analizar las propiedades físicas y químicas de la turba proveniente de turberas naturales y antropizadas en Magallanes.
9. Reconocer las propiedades microbiológicas de turba proveniente de turberas intervenida y otra no intervenida.
10. Contrastar las turberas en intervención y prístinas en Magallanes desde el punto de vista vegetacional, hidrológico, físico químico y microbiológico.
11. Proponer potenciales usos de turba de Magallanes mediante la caracterización y análisis realizados.
12. Diseñar las bases de un plan de gestión ambiental para las turberas de Magallanes mediante la propuesta de un modelo geosistémico de gestión ambiental para el manejo y uso de turberas en la Región de Magallanes, basado en la gestión ambiental adaptativa.

5.3 HIPÓTESIS

El estudio de las turberas a nivel nacional e internacional y el análisis de las regulaciones legales correspondientes, junto con el análisis específico de las turberas de Magallanes, nos permitirán diseñar, validar y aplicar una metodología funcional teórico práctica, la cual establecerá gran parte de las bases de un plan de gestión ambiental de turberas a nivel nacional.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA METODOLÓGICA

De acuerdo al conocimiento preexistente sobre las turberas a nivel nacional, se puede afirmar que las turberas chilenas son ambientes bastante desconocidos, de hecho sólo han existido catastros locales para cuantificar el recurso. En el caso particular de las turberas de la región de Magallanes, ellas abarcan una amplia extensión del territorio regional (17%), de las cuales un 80% aún se encuentran prístinas y conservadas bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

Se identifica que la explotación de las turberas de la región de Magallanes representa tanto una oportunidad de desarrollo, como un complejo problema creciente. Aunque todavía existen problemas para el acceso a los depósitos de turba en la región de Magallanes, debido a su distribución en áreas con escasas redes viales, el mejoramiento de estas y la apertura de nuevos caminos en la última década ha favorecido dicho acceso. Esto ha llevado a aumentar el interés de empresarios por extraer este recurso, a pesar de que en la actualidad aún son escasas las faenas de extracción identificadas. Desde sus inicios, la extracción comercial de turba en la Región se ha desarrollado con métodos artesanales, poniendo en riesgo su sustentabilidad y el de las comunidades vegetales vecinas.

Dado el paisaje que constituyen y la importancia que la comunidad otorga a las mismas en el plano social, cultural, ambiental, científico y económico, resulta indispensable su protección en beneficio de las generaciones presentes y futuras. Las turberas emplazadas en la región de Magallanes constituyen ecosistemas de alto valor económico - ambiental y resultan frágiles ante la intervención humana.

En relación al marco regulatorio de la turba, en Chile no existe una normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas, por el contrario, la normativa actual promueve la extracción de turba en desmedro de la conservación.

Se hace necesario implementar instancias tendientes a fomentar e incentivar el desarrollo de esta actividad productiva, estudiando todas las dinámicas biológicas y funciones ecológicas de tales ecosistemas para establecer protocolos de explotación, manejo y conservación que permitan la permanencia del recurso para futuras generaciones. 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 establezca cómo realizar las labores de extracción y las medidas específicas de mitigación, como también cuáles serán las áreas destinadas a la actividad extractiva y de conservación.

Sobre la base de lo analizado en los capítulos precedentes, para dar cumplimiento a los objetivos planteados, en el presente capítulo se describe un método personalizado, específico para esta investigación, con la finalidad de generar un modelo replicable a otras situaciones similares.

Así, se propone un esquema metodológico estructurado en cinco etapas. La primera etapa consiste en un trabajo teórico basado en una exhaustiva revisión bibliográfica de la temática referente a las turberas, específicamente e lo que respecta a su dimensión ecológica. En la segunda etapa se describen las regulaciones a nivel internacional y nacional. La tercera etapa consiste en un estudio aplicado sobre el caso particular de las turberas de Magallanes. Sobre la base del trabajo teórico y aplicado desarrollado en las etapas anteriores, en la cuarta etapa se presentan resultados preliminares, mediante la realización de un diagnóstico de la problemática relativa a las turberas de Magallanes. En la quinta y última etapa se proponen las bases para un plan de gestión ambiental para las turberas de Magallanes y además se pretende validar la propuesta desarrollada mediante la verificación de su funcionalidad. En el cuadro N° 6.1 se presenta el esquema metodológico propuesto.

Es necesario mencionar que el esquema propuesto en esta investigación consiste en un modelo, el cual está en permanente retroalimentación, es decir considera un mejoramiento continuo.

6.1 ETAPA METODOLÓGICA I. DIMENSIÓN ECOLÓGICA DEL PROBLEMA

La primera etapa pretende entregar los fundamentos ambientales del problema a nivel nacional e internacional, mediante un exhaustivo análisis bibliográfico internacional y nacional. Como se aprecia en el Cuadro N° 6.1, este análisis está constituido por cuatro apartados: antecedentes sobre las turberas, las turberas a nivel nacional, la valoración y funciones de las turberas y aspectos sobre la restauración de turberas degradadas, todos ellos tratados en detalle entre los capítulos I y IV, respectivamente y sintetizados y analizados en el capítulo IX.1.

6.1.1 Antecedentes sobre las turberas

El primer apartado se presenta en el **capítulo I** y consiste en una completa revisión y análisis de antecedentes y conceptos sobre las turberas a nivel internacional. Esta revisión comienza con una sección de consideraciones generales destinada a aclarar conceptos y términos relativos a humedales y turberas y a caracterizar estos ecosistemas. Se analizan aspectos sobre la distribución de las turberas en el globo, su formación y clasificación y se describe su ecología. Finalmente se analiza la situación actual de las turberas a nivel internacional.

Cuadro N° 6.1. Esquema metodológico general

COMPONENTE	ETAPAS	DESCRIPCIÓN	POSICIÓN
Antecedentes básicos	Etapa I (Cap. 6.1) Dimensión ecológica del problema	Fundamentos ambientales del problema <ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes sobre las turberas - Las turberas a nivel nacional - Valoración y funciones de las turberas - Restauración en turberas degradadas 	Capítulos I A IV
	Etapa II (Cap. 6.2) Regulaciones del problema	Normas, leyes, convenciones y recomendaciones <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos normativos para el uso de las turberas a nivel internacional <ul style="list-style-type: none"> Convenios internacionales (Convención de Humedales Ramsar, Convenio de Biodiversidad, Cambio Climático, Protocolo de Kioto) - Aspectos normativos para el uso de las turberas a nivel nacional <ul style="list-style-type: none"> Constitución, LBGMA, Código Minero, Ley de Bosque Nativo Institucionalidad relativa a turberas 	Capítulo VII
Casos específicos	Etapa III (Cap. 6.3) Análisis de componentes e interacciones	Valoración de las turberas de Magallanes <ul style="list-style-type: none"> - Selección de los sitios - Descripción de las unidades de estudio - Caracterización vegetal de las turberas. - Reconocimiento de las características hidrológicas - Determinación de las características físicas y químicas de la turba. - Descripción de las propiedades microbiológicas de turba. - Identificación y análisis de potenciales productos derivados de turba, de acuerdo a las características físicas, químicas y microbiológicas. 	Capítulo VIII
Resultados	Etapa IV (Cap. 6.4) Diagnóstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resultados sobre la dimensión ecológica del problema 2. Resultados sobre los aspectos normativos e institucionales 3. Resultados específicos sobre la valoración de las turberas de Magallanes <ul style="list-style-type: none"> - Estudio comparativo entre turberas no intervenidas, intervenidas y abandonadas 	RESULTADOS PRELIMINARES Capítulo IX
	Etapa V (Cap. 6.5) Pronóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Propuesta de Plan de Gestión Ambiental para las turberas de Magallanes. - Verificación de la funcionalidad de la propuesta. 	RESULTADOS Capítulo X

Fuente: Vaccarezza y Rubio, 2011

6.1.2 Valoración y funciones de las turberas

La alta valoración ambiental, social y económica y multifuncionalidad de las turberas hace imperiosa la necesidad de enfrentar su manejo desde un punto de vista global, integral y racional. Este tema se desarrolla en profundidad en el **capítulo II**, el que comienza describiendo los múltiples beneficios que proporcionan los ecosistemas de turberas, clasificando sus funciones en cuatro diferentes grupos: funciones de regulación (servicios ecosistémicos), funciones productivas, funciones trasmisoras o “carrier” y funciones de información. En las funciones de regulación se analiza la influencia de las turberas en el cambio climático, y su importancia en la hidrología de la cuenca que la soporta. En las funciones productivas se describen aspectos sobre los variados usos de la turba, se caracteriza a la turba y sus métodos de extracción.

En las funciones de información, se describe el aporte de las turberas a la biodiversidad, los registros históricos, culturales, turísticos. Luego se profundizan aspectos claves tales como las turberas y el cambio climático y su rol en la biodiversidad. Finalmente se analiza el impacto del ser humano sobre las turberas.

6.1.3 Las turberas a nivel nacional

La situación y problemática de las turberas a nivel nacional se describe exhaustivamente en el **capítulo III**. Este análisis comienza describiendo en primer término los humedales chilenos y su tipología. Luego se detalla la distribución de las turberas en el país y aspectos sobre su formación, ecología y descripción y presencia del género *Sphagnum* en Chile. Más adelante se analiza la situación de las turberas a nivel nacional, destacando aspectos sobre la explotación del musgo *Sphagnum*, la extracción de turba y el drenaje y forestación de turberas degradadas. Este completo estudio sobre las turberas a nivel nacional mencionado anteriormente permite analizar en profundidad la problemática de las turberas en el país, descrita en el capítulo IX.

6.1.4 Restauración de turberas degradadas

Estos ecosistemas son considerados por los especialistas como de alto riesgo de desaparición y, de no mediar un uso racional, el recurso aprovechable se extinguirá. Por ese motivo, se ha destacado como un hábitat en situación crítica en términos de conservación. En varios casos, las perturbaciones en turberas ocurren naturalmente, o fueron realizadas en el pasado, en otros casos son inevitables pues corresponden a actividades humanas que rinden algún beneficio. Las turberas drenadas y explotadas vuelven raramente a ser ecosistemas funcionales después del abandono, porque las faenas de drenaje y extracción de la turba alteran la composición e hidrología de la turbera. En tales situaciones la restauración de estos ecosistemas degradados es imprescindible.

Al respecto, el **capítulo IV** comienza introduciendo el concepto de conservación de turberas, para luego analizar consideraciones generales sobre la restauración ambiental, tales como los niveles de restauración, etapas en una

restauración, atributos de ecosistemas restaurados y el análisis del paisaje como base para la restauración ecológica. Luego se describen los últimos avances en términos de la restauración de turberas degradadas, actividad de reciente desarrollo. Se analizan factores claves para la restauración y las actividades comprendidas en la planificación de la restauración. En este capítulo se presentan los protocolos de restauración internacionales canadiense y alemán y experiencias en Canadá, Irlanda, Australia, Nueva Zelanda. Finalmente se describe la estrecha y difícil relación entre estos ecosistemas y los aspectos económicos.

Como resultado de la discusión realizada en el capítulo IV, en el capítulo IX se plantea una comparación entre los dos protocolos internacionales de restauración de turberas más difundidos y destacados, en conjunto con la relevante experiencia de restauración realizada en Irlanda.

6.2 ETAPA METODOLÓGICA II. REGULACIONES DEL PROBLEMA

La segunda etapa, desarrollada en el **capítulo VII**, está orientada a identificar, describir y analizar todas las regulaciones e institucionalidad existentes a nivel internacional y nacional sobre turberas que delimitan el problema. En lo que respecta a los aspectos normativos para el uso de las turberas a nivel internacional, se analizan iniciativas tales como la Convención de Humedales de Ramsar, el Convenio de Biodiversidad, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kioto, entre otros. Por otra parte, los aspectos normativos para el uso de las turberas a nivel nacional son escasos. Se analizan las siguientes normativas: Constitución, Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, Código de Minería, Ley de Bosque Nativo. También se presenta una sección destinada a describir la institucionalidad y organismos nacionales e internacionales relativos turberas.

6.3 ETAPA METODOLÓGICA III. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES E INTERACCIONES

La tercera etapa corresponde al análisis del caso específico de las turberas de Magallanes, a modo de aplicación práctica del problema. Esto se trata en el **capítulo VIII**. Sobre la base de lo analizado en los capítulos precedentes, se seleccionó a turberas ubicadas en la región de Magallanes debido a:

- La región presenta la mayor abundancia del recurso a nivel nacional, estimándose en 2.270.000 ha, abarcando un 17% del territorio regional (Ruiz y Doberti, 2005).
- La amplia extensión de turberas prístinas en la Patagonia, el paisaje que constituyen y la importancia que la comunidad otorga a las mismas en el plano social, cultural, ambiental, científico y económico.

- El potencial del recurso y la posibilidad cierta de que la actividad productiva en torno a las turberas de esta región pueda desarrollarse en forma sustentable, y en consecuencia, aportar a la diversificación de la matriz económica regional. Desde sus inicios, la extracción de turba se ha desarrollado con métodos artesanales, poniendo en riesgo su sustentabilidad y el de las comunidades vegetales vecinas.

Esta investigación contó con el apoyo del Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, financiado por el Fondo para el Desarrollo de Magallanes, FONDEMA, del Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena. La unidad técnica del proyecto es la Seremi de Agricultura de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. El ente ejecutor es INIA – Kampenaike y su período de ejecución es 2009 - 2012. El programa considera la entrega de financiamiento parcial para la realización de esta tesis doctoral.

A continuación se detalla el la metodología propuesta.

6.3.1 Selección de los sitios

A continuación se describen los criterios para la selección de los sitios de estudio en la Región de Magallanes, en orden de importancia:

- a) **Turberas de *Sphagnum magellanicum***: compuestas principalmente por esta especie de musgo.
- b) **Grado de Intervención (3 tipos)**: turberas naturales sin intervención, en explotación actual y explotadas - abandonadas
- c) **Accesibilidad**: turberas de fácil acceso, cercanas a un camino

De acuerdo a los criterios anteriormente expuestos, se seleccionaron 7 unidades de estudio. Durante septiembre de 2009 se realizó una visita a tales sitios para comprobar en terreno sus características y viabilidad como unidades de estudio. En el Cuadro N°6.2 se presentan los sitios seleccionados.

Cuadro N° 6.2. Unidades de estudio clasificadas según su ubicación y grado de intervención.

Provincias	Turberas naturales sin intervención	Turberas en explotación	Turberas abandonadas
Magallanes	---	Grazzia San Juan	Andino
Última Esperanza	Maynard	Plinius	Rubens
Tierra del Fuego	Parque Karukinka WCS, Vicuña	Cameron	---

Los límites de cada turbera están definidos por los bordes formados con otras asociaciones vegetales (bosque o pradera) u otros límites físicos (camino, altas cumbres, ríos o lagos).

6.3.2 Descripción de las unidades de estudio. Determinación de las variables biogeográficas.

En cada unidad de estudio se registraron los siguientes antecedentes generales:

- Ubicación geográfica y administrativa,
- Vías de acceso, asentamientos poblacionales, caminos o construcciones cercanas
- Usos anteriores y actuales
- Altitud, coordenadas geográficas.
- Descripción geomorfológica
- Superficie intervenida y no intervenida y límites
- Recopilación de planos y fotografías

6.3.3 Caracterización vegetal de las turberas.

El estudio de la flora y la vegetación fue realizado por Juan Marco Hernández, Biólogo especialista en Botánica de la Universidad de Magallanes, durante dos temporadas (2004 y 2011). La metodología utilizada consistió en el relevamiento de parcelas anidadas Whittaker modificadas (Stohlgren et al 1995, citado por Henríquez 2011), técnica que ha sido descrita como la más adecuada para estimar la riqueza de especies local, la cobertura promedio y permite realizar análisis de la diversidad de plantas a múltiple escala, evitando subjetividad en la interpretación de los datos.

Se ubicaron tres parcelas anidadas de múltiple escala espacial en cada uno de los sitios de estudio (Maynard, San Juan, Vicuña Karukinka, Plinius, Rubens y Punta Arenas. No fue posible medir la turbera de Cameron por problemas de accesibilidad. Las parcelas consistieron en rectángulos de 20 x 50 m (1000 m²), cada una con 10 subparcelas de 10 m² cada una. La identificación de las especies se hizo in situ.

En cada turbera se realizó un inventario florístico a través de colecciones dirigidas de plantas, para formar un herbario. Los ejemplares colectados fueron clasificados de acuerdo a su forma de crecimiento y ciclo de vida según Raunkiaer (1934) y de acuerdo a su hábito de crecimiento: árboles, arbustos, subarbustos, herbáceas anuales y herbáceas perennes. El estado de conservación de las especies se estableció en base a literatura disponible: Benoit 1989, Walter & Gillett 1998, Baeza et al. 1998, además de los boletines emitidos por la CONAMA en el Diario Oficial de Chile (Henríquez, 2011).

Se determinó el origen biogeográfico de las especies, considerando tres categorías (Font Quer, 1982, citado por Henríquez, 2011): plantas nativas, endémicas e introducidas. El endemismo se determinó mediante los rangos de distribución entregados en la Flora de Chile (Marticorena & Rodríguez, 1995, citado por Henríquez, 2011).

Con la información obtenida se determinaron parámetros comunitarios de riqueza específica, diversidad y abundancia relativa para cada tipo de vegetación. La cuantificación

En los sitios no estudiados por Henríquez, fue necesario recurrir a la información disponible en el Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes, realizado por la Consultora Ruiz y Doberti, durante 2005.

6.3.4 Reconocimiento de las características hidrológicas

El estudio de las características hidrológicas de los sitios seleccionados es fundamental al momento de caracterizar a este tipo de ecosistemas. Es clave estudiar la dependencia de la hidrología de la turbera con la hidrología de los alrededores (cantidad y calidad de agua) y su potencial hidrológico para la conservación y/o restauración.

A la fecha, este objetivo aún se encuentra en desarrollo y ha presentado dificultades, debido a problemas presupuestarios, de tiempo y complejidades propias

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

La ecohidrología de las turberas en Chile no ha sido estudiada aún, salvo el único estudio realizado por Díaz *et al* (2008) en la Región de los Lagos, denominado “Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile”. En la región de Magallanes existen sólo estudios preliminares y/o incompletos sobre este tema. Dada las dificultades para desarrollar la metodología propuesta para el presente estudio, se recurrió a investigaciones desarrolladas en Tierra del Fuego Argentina y estudios menores realizados en algunas de las turberas seleccionadas por un equipo de investigadores liderados por los Consultores Ruiz y Doberti, durante el 2011.

A continuación se presentan los términos de referencia considerados inicialmente para caracterizar la hidrología de las turberas estudiadas.

- Levantamiento topográfico taquimétrico, con curvas de nivel de acuerdo a la pendiente promedio de la turbera; con una malla de puntos de medición de 20*20 m; con mapas a escala detallada, de acuerdo a la superficie de la turbera.
- Elaborar los planos de los sistemas de drenaje de cada sitio (naturales y/o artificiales).
- Descripción y monitoreo hidrológico:
 - Estimar patrones de carga y descarga hídrica de la turbera en relación a su ubicación en la cuenca, indicando las fuentes de agua de ingreso y drenaje respectivas.
 - Instalar piezómetros para determinar la dirección de movimiento del agua y las variaciones estacionales del nivel freático, determinar el número y distribución de piezómetros de acuerdo a superficie, topografía, tipo de turberas.
 - A partir de las lecturas en los piezómetros (al menos 2 durante el período de duración de la consultoría), establecer el nivel base para el estudio de las variaciones del nivel freático, lo que se expresará en un plano de curvas de nivel freático y perfiles representativos del nivel freático, con respecto a los drenajes principales.
- Descripción de los perfiles generales de las turberas en estudio:
 - Medir al menos 4 perfiles en cada sitio, 1 longitudinal y 3 transversales del lecho de la turbera. El perfil longitudinal estará ubicado en la sección más larga o extensa de la turbera. Dicho perfil longitudinal estará compuesto de 5 puntos de muestreo, distribuidos homogéneamente previa evaluación cartográfica para determinar la distribución de puntos más adecuada (Figura 1). Para cada punto de muestreo se realizará una lectura de horizontes mediante el método de Von Post (1922) cada 50 centímetros hasta el lecho de la turbera. Para los perfiles transversales se utilizará similar metodología, considerando 3 muestreos por transecto.

- Graficar y relacionar esta información con la información topográfica.
 - Los resultados emanados del muestreo de los perfiles trasversales y longitudinal serán expresados en gráficos, los cuales correlacionarán la profundidad total de la turbera con el tipo de turba (roja y negra) con el objeto de determinar la proporción de los horizontes de mayor humificación.
- Estimar la capacidad de almacenamiento de agua de la turbera (cubicar el volumen de la hoya).
 - El volumen de la hoya se obtendrá a partir del cruce de información generado a partir del levantamiento topográfico, más los perfiles longitudinales y trasversales descritos anteriormente.

6.3.5 Determinación de características físicas y químicas

Esta determinación fue realizada en parte por el proyecto realizado por INIA Kampenaike. Los muestreos se realizaron en 6 sitios y en dos fechas:

- Grazzia, Andino, Rubens y Plinius, en Enero del 2010.
- Cameron y Maynard, en Febrero del 2010.

En todos los sitios de estudio se realizaron sondeos con un barreno de profundidad o sonda rusa extrayendo testigos a diversas profundidades del suelo. Se aplicó el método de Von Post (ver capítulo 2.3.3.1) que permite determinar el grado de humificación y grado de descomposición según escala de 1 a 10, definiendo estratos, mediante análisis in situ.

Por otra parte, también se obtuvieron muestras para el análisis físico químico en los sitios señalados, a distintas profundidades. En la porción de turba a extraer desde el estrato elegido para la muestra, se insertó un cilindro de acero previamente rotulado, de esta forma, la turba contenida en el cilindro sería destinada al análisis físico y una cantidad aproximada de 2 kilos del restante, para análisis químico.

Una vez terminado el periodo de toma de muestras, estas fueron enviadas a INIA La Platina para análisis químico y a INIA Rayantué para someterlas a los análisis físicos correspondientes.

A cada muestra se le determinó: Porcentaje de materia orgánica, pH, Conductividad Eléctrica, Nitrógeno total, Nitrógeno disponible, Fósforo disponible, Potasio disponible.

Dado que no todas las turberas seleccionadas en para el presente estudio fueron muestreadas, los resultados obtenidos fueron completados con la información facilitada por la Consultora Ruiz y Doberti, quienes en 2005 realizaron el Catastro y Caracterización de las turberas de Magallanes. A continuación se describe la metodología aplicada por estos investigadores.

En cada unidad de estudio se trazó un transepto longitudinal ubicado en el sector medio de cada turbera. En cada transepto se determinaron 3 puntos

equidistantes de acuerdo a la siguiente condición: zona transición (bosque), zona borde, zona central.

Fotografía N° 6.1. Extracción de muestras con barreno de profundidad en la turbera San Juan (2010)

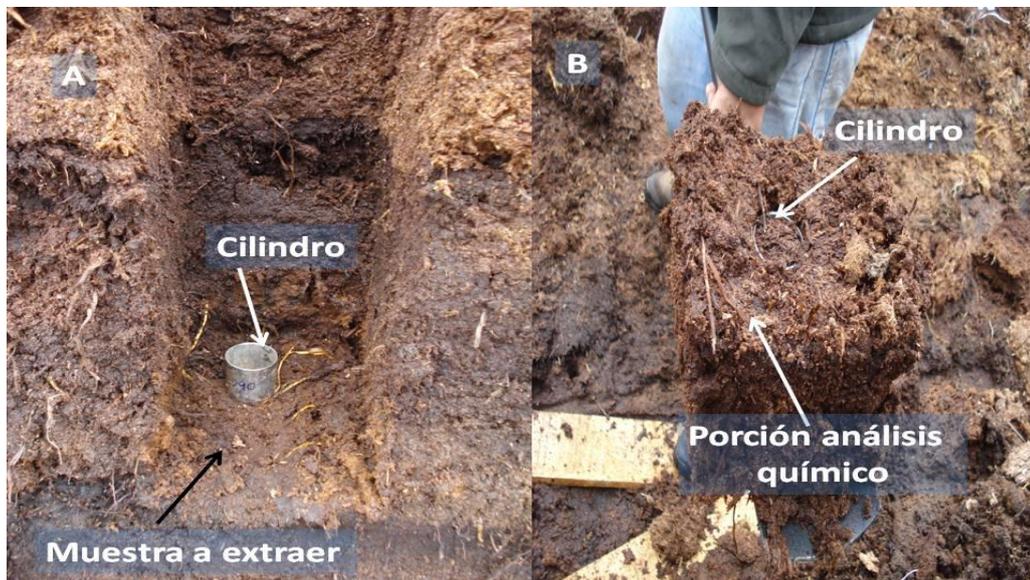


a) Colocación del barreno en la turba

b) Cuchillo para extracción de la columna

Fuente: Vaccarezza, 2010

Fotografía N° 6.2. Método de extracción de muestras de suelo, desde un perfil característico, para análisis fisicoquímicos.



A) Cilindro rotulado antes de ser insertado en la turba

B) Cilindro insertado en la porción de turba que se disgrega manualmente para separar las muestras

Fuente: INIA Kampenaike, 2011.

En cada punto se realizaron mediciones de la profundidad de los depósitos de turba utilizando varas de incremento de acero inoxidable para determinar, de manera aproximada, la profundidad de la turba. En los mismos puntos se obtuvo muestras del

perfil de la turbera, con barrenos de profundidad, a 10 cm., entre 10 y 50 cm, 100 a 400 cm. de profundidad. Se consideró una profundidad estándar definida hasta los 4.0 metros (m) y una diferenciada o extraordinaria hasta los 8.0 m. En cada punto se describió, además de la profundidad, la estratigrafía preliminar del perfil en terreno, mediante el estudio de los componentes identificables, utilizando lupa (color, porcentaje de restos de vegetación, turbidez del agua al estrujar).

Se aplicó el método de Von Post que permite determinar el grado de humificación y grado de descomposición según escala de 1 a 10, definiendo estratos (ver Cuadro N° 2.3).

Cada una de las muestras colectadas del perfil completo según rango de profundidad (columna estratigráfica) fue cuidadosamente envasada en bolsas resellables, rotulada y trasladada a laboratorio certificado para su caracterización física y química. Se almacenaron en cámara fría a 4°C previo a su análisis.

Para la obtención de resultados para las variables físico-químicas, las muestras fueron remitidas a laboratorios especializados. Comisión Nacional de Energía Nuclear y Laboratorio de Suelos de la Universidad de Magallanes (Instituto de la Patagonia).

Para cada muestra se ejecutaron cuatro análisis específicos con el fin de obtener los valores referenciales para las siguientes variables medidas en laboratorio:

- a) pH: se determinó mediante el método de pasta de saturación, midiéndose por potenciometría.
- b) Conductividad Eléctrica: en la pasta de saturación utilizada para la determinación de pH, la conductividad eléctrica se determinó con un conductímetro de sobremesa.
- c) Porcentaje de Humedad: 20 g de muestra se saturaron durante 24 horas y luego se dejaron drenar por 48 horas para luego ser puestas a rehidratar por 4 días. La cantidad de agua presente en cada muestra se determinó por diferencia secando la muestra por 24 horas en una estufa a 105°C.
- d) Capacidad de rehidratación: La metodología utilizada para determinar la capacidad de rehidratación consistió en secar muestras de 20 g al aire por 3 días para luego ser puestas a rehidratar por 4 días. Una vez completado este período se volvió a pesar cada muestra y por diferencia se obtuvo el % de rehidratación.

6.3.6 Descripción microbiológica de turba proveniente de los distintos estratos identificados.

El estudio realizado por Pérez (2010) caracterizó e identificó microorganismos autóctonos en turba del musgo *Sphagnum magellanicum* proveniente de turberas de la Región de Magallanes. Además evaluó posibles efectos antimicrobianos "in vitro" de la turba del musgo *Sphagnum magellanicum* en sus diferentes estratos sobre Bacterias Gram positivas, Gram negativas y sobre un hongo de tipo levaduriforme.

6.3.6.1 Toma de muestras

Cerca de la ciudad de Punta Arenas, en la Región de Magallanes, se llevó a cabo el proceso de extracción de muestras en dos turberas, San Juan, ubicada a 60 kilómetros al sur de Punta Arenas, y Andinos, a 2 km de Punta Arenas. La primera se encuentra actualmente en intervención, mientras que la segunda fue intervenida y abandonada. En ambas turberas se escogió una zanja de cosecha al azar en la que se extrajo turba en 2 niveles de profundidad (estratos): un primer nivel entre 1 a 50 cm y otro entre 50 a 100 cm de su cosecha. La nomenclatura utilizada para identificar ambos estratos fue H1-H3 y H4-H5 respectivamente, según la clasificación de la tabla de Von Post.

En cada turbera se realizaron 3 repeticiones para cada profundidad, con extracciones de muestras de 1 Kg. cada una, por lo que se obtuvieron 12 muestras, totalizando 12 Kg. Previo a la extracción, la pala fue esterilizada, las muestras se colocaron en bolsas selladas, previamente esterilizadas. Luego fueron pesadas. Finalmente, fueron trasladadas vía aérea en bolsa térmica con packs de gel congelado, a objeto de mantener las muestras a la temperatura adecuada para su traslado (0-5°C), hasta la llegada al Laboratorio de Química la Universidad Santo Tomás, en Santiago.

6.3.6.2 Análisis de la microflora presente en la turba

En laboratorio, las muestras obtenidas en condiciones de esterilidad, fueron mezcladas y homogenizadas. Todos los materiales fueron esterilizados para la correcta identificación de los microorganismos. La unidad analítica para identificar y caracterizar los microorganismos autóctonos en la turba correspondió a 25 gr. por muestra.

Se procedió a macerar cada unidad analítica de turba en mortero con agua destilada estéril. El macerado se colocó en embudo con papel filtro, se aplicó bomba de vacío y se filtró. De este proceso se extrajo 1 ml de cada muestra para su posterior siembra. Los líquidos obtenidos fueron vertidos en tubos estériles y su contenido fue homogenizado en un agitador Vortex.

En el Cuadro N° 6.3 se resume los distintos procesos en las muestras de turba, expresado en ml y gramos, para su posterior siembra y análisis.

Cuadro N° 6.3. Resumen de los procesos en las muestras para su análisis

Nomenclatura Muestra	Cantidad de turba extraída (gr)	Mezcla de turba (gr)	Extracción para maceración (gr)	Líquido filtrado-homogenizado (ml)
Turbera S.J. H1-H3	300 X 3	900	25	1
Turbera S.J. H4-H5	300 X 3	900	25	1
Turbera Andino H1H3	300 X 3	900	25	1
Turbera Andino H4-H5	300 X 3	900	25	1

Fuente: Pérez, 2010

Posteriormente se empaparon tómulas estériles con el contenido de los tubos. Luego se procedió a sembrar en estría tres veces en los medios agar Papa Dextrosa, Sangre, Baird Parker y McConkey, en condiciones de aerobiosis. Se utilizó un control sin sembrar en cada medio. En total las pruebas totalizaron 64 placas. Se incubaron durante 18-24 horas a una temperatura de 35-37°C en condiciones de aerobiosis. Los medios agar Papa Dextrosa se incubaron durante 2 semanas a una temperatura de 20 °C.

Se cuantificaron los cultivos con colonias y se caracterizó su crecimiento mediante los siguientes parámetros: nulo, escaso, moderado y abundante, dando puntuación a la cantidad de crecimiento: 0, 1, 2, 3, respectivamente. Por último, se caracterizaron macroscópicamente los cultivos obtenidos.

En cuanto a la diferenciación de microorganismos, se procedió a hacer frotis de cada una de las colonias obtenidas. Se tiñó con coloración Gram, diferenciando según su color de tinción, microorganismos Gram positivos de Gram negativo. Se diferenció morfológicamente los microorganismos según su forma y agrupación.

Los microorganismos Gram positivos fueron diferenciados según las siguientes pruebas:

- Microorganismo Gram positivos: Prueba de la Catalasa para diferenciar *Staphylococcus* de *Streptococcus*.
- Microorganismos catalasa positivos: Prueba de Coagulasa para identificar *Staphylococcus aureus*.
- Microorganismos coagulasa negativos: Prueba de sensibilidad a Novobiocina.

Los microorganismos Gram negativos fueron diferenciados mediante 6 pruebas bioquímicas y medios selectivos (agar Urea, TSI (Triple Sugar, Iron), LIA (Lisina, Iron, Agar), MIO (Movimiento, Indol, Ornitina), citrato y Agua Peptonada).

Para la diferenciación de hongos se realizó un análisis macroscópico de las colonias obtenidas en los medios agar Papa Dextrosa.

6.3.6.3 Evaluación de posibles efectos antimicrobianos "in vitro" de turba

Siembra en aerobiosis

Se sembraron 4 medios enriquecidos con el contenido de los tubos homogenizados, mediante tómulas estériles, en condiciones de anaerobiosis. Los resultados se analizaron después de 3 a 5 días de efectuada la siembra, se cultivó a una temperatura de 35-37°C. Una vez obtenida las siembras se analizaron las características macroscópicas de las colonias obtenidas según tipo de medio que se utilizó, color, diámetro en mm, densidad, halos de hemólisis, características de su superficie y consistencia. A continuación se hizo un frotis y se procedió a hacer coloración y tinción Gram.

Obtención del extracto

Luego se realizó el proceso de extracción de la esencia de las muestras de turba, bajo campana de seguridad. La turba se colocó en un mesón, se desmembró, se limpió, se lavó con agua destilada y luego se remojó en metanol. Se colocó la turba en mortero, junto con acetona y hexano y se maceró enérgicamente. La solución obtenida fue filtrada en papel filtro y algodón.

Se obtuvo dos soluciones, las cuales fueron separadas mediante un embudo de decantación. Se utilizó la parte superior de la solución, que contenía la esencia y la acetona. La parte inferior, que contenía restos de solventes y agua, se desechó. La solución obtenida se dispuso en matraz y se conectó a rotavapor a temperatura de 45° C durante 30 minutos para separar los solventes orgánicos del extracto. Los extractos se guardaron en frascos de penicilina esterilizados y se refrigeraron hasta su análisis.

Test de difusión en disco.

Se preparó 12 medios agar Mueller Hinton para su utilización en antibiograma. Las cepas utilizadas fueron 3 microorganismos representantes de bacterias Gram positivas y 3 bacterias Gram negativas. Se preparó 2 agar Papa Dextrosa, utilizados para realizar Pruebas de susceptibilidad antimicrobiana en *Candida albicans*.

Se prepararon los inóculos con tórula estéril. Cada tórula impregnada con el inóculo, fue diluida en 0,5 ml de suero fisiológico estéril contenido en tubo tapa rosca estéril, luego se estandarizó con método de Bauer-Kirby y se homogenizó con agitador Vortex.

Posteriormente, se inocularon las placas, sembrando las cepas en los medios agar Mueller Hinton y Papa Dextrosa con las cepas, mediante la técnica en rayado. Se impregnaron sensidiscos neutros con cada extracto de turba. Unos sensidiscos se probaron en microorganismos Gram positivos, otros en Gram negativos y otros en una levadura. La concentración del extracto utilizada fue de un 100%.

Se incubaron las placas de manera invertida a 35-37°C por 18-24 hrs. Posteriormente se midieron los halos inhibitorios con un pie de metro expresado en milímetros. Los halos inhibitorios generados corresponderían al efecto antimicrobiano.

Dilución del extracto

Para probar el efecto del extracto diluido, se diluyó uno de los extractos de turba con metanol en una proporción de 1:20 respectivamente. El extracto diluido pertenecía a la Turbera San Juan de una profundidad de 1 a 50 cm de su cosecha (H1-H3).

Análisis estadístico

Las variables en este estudio fueron descritas en términos de promedios, desviación estándar y coeficiente de variación, según las cepas probadas y el origen de la muestra. Además se utilizó ANOVA para comparar las variables en estudio. La diferencia entre los promedios se determinó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

6.3.7 Identificación de potenciales usos derivados de las turberas

De acuerdo a las características físicas, químicas y microbiológicas de la turba de Magallanes, se identifican y describen potenciales usos y productos derivados de estos ecosistemas australes. Tales usos han sido clasificados según las propuestas de Joosten y Clarke (2002), Hilli (2008), Parish et al (2007) y descritos en el capítulo II. A saber:

USOS IN SITU

- Usos de las turberas para agricultura
- Uso de las turberas para forestación
- Ecoturismo y turismo científico
- Investigación científica
- Áreas Silvestres Protegidas y la Conservación de Espacios Naturales
- Crecimiento de plantas silvestres y recolección de frutos silvestres en turberas.

USOS EX SITU

- Humus y fertilizante orgánico para la agricultura
- Sustrato agrícola en base a turba para floricultura, horticultura, fruticultura, producción de hongos comestibles
- Generación de energía
- Turba utilizada como materia prima en la industria química
 - Soluciones húmicas derivadas de la turba para la purificación de superficies metálicas de sustancias radioactivas.
 - Preparaciones húmicas solubles en ácido para la extracción de metales valiosos.
 - Carbón activado derivado de la turba es efectivo en la descontaminación de suelos y agua contaminados.
 - Turba usada como inhibidor de corrosión.
- Usos de la turba como material absorbente y filtrante
- Utilizada en balneología, terapias y medicina facial y corporal
- Usos de la turba como material de construcción y aislante
- Utilización como potenciador de sabor en alimentos y licores

6.4 ETAPA METODOLÓGICA IV. DIAGNÓSTICO: VALORACIÓN DEL ESTADO REAL DE LAS TURBERAS DE MAGALLANES

En el **capítulo IX** se presentan los resultados preliminares del estudio, mediante el diagnóstico de los aspectos analizados sobre la dimensión ecológica del problema, sobre las regulaciones del problema y finalmente sobre la valoración de las turberas de Magallanes. En este último ítem se realiza un estudio comparativo entre los tres tipos de turberas estudiadas en Magallanes, desde el punto de vista vegetacional, hidrológico, físico químico y microbiológico:

- a) 2 turberas sin intervención: Karukinka en Tierra del Fuego y Maynard, sector Río Rubens.
- b) 3 en intervención: Grazzia San Juan en Punta Arenas, Cameron en Tierra del Fuego y Plinius en Última Esperanza.
- c) 2 abandonadas: Andinos en Punta Arenas, Rubens.

6.5 ETAPA METODOLÓGICA V: PRONÓSTICO: PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

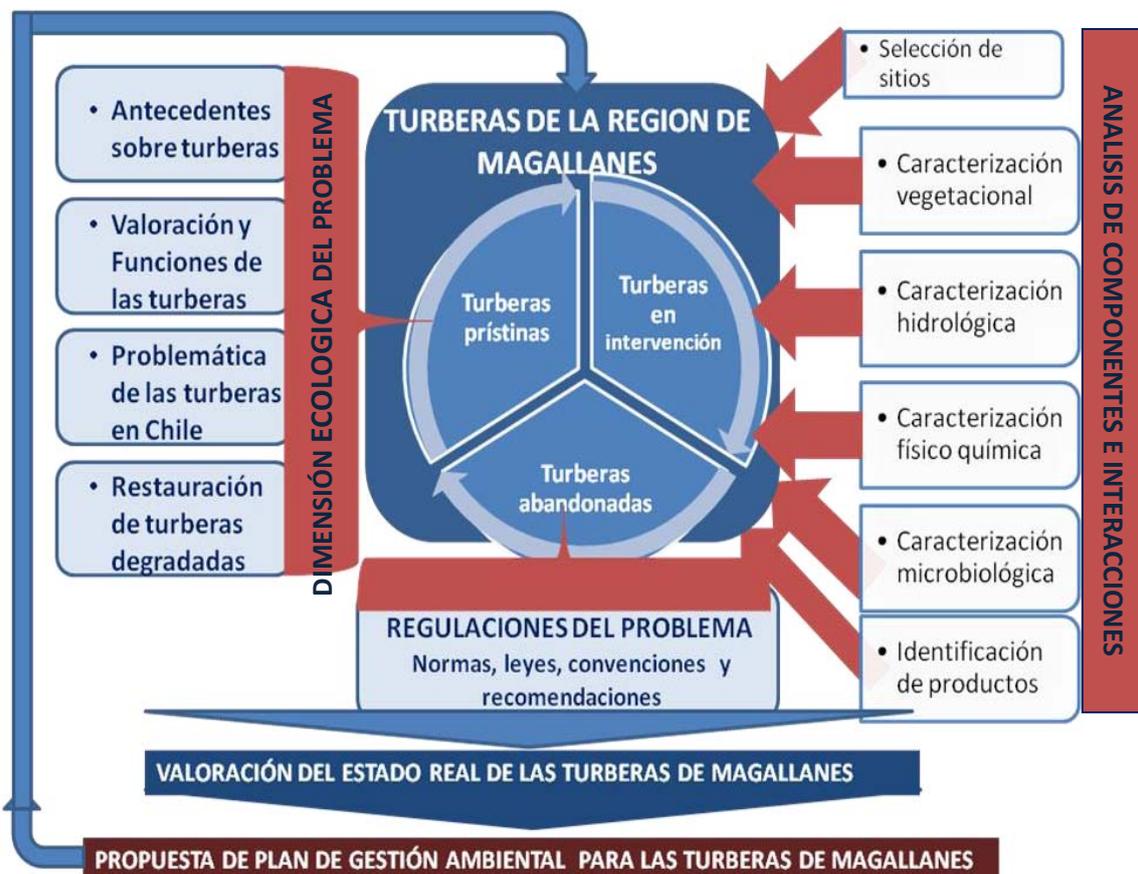
Esta etapa, descrita en el **capítulo X**, pretende analizar los distintos enfoques de manejo propuestos por diversos autores. Se realiza un análisis comparativo entre los diversos enfoques propuestos: enfoque ecosistémico, manejo integrado de cuencas, enfoque de uso racional de las turberas, considerando los aspectos establecidos en la gestión adaptativa y gestión estratégica. También se ha incluido, debido a su similitud y cercanía con la Región de Magallanes, los avances logrados en el caso del uso racional en las turberas de la provincia de Tierra del Fuego, Argentina.

Este análisis permite recabar los elementos claves de cada uno para proponer un modelo de gestión ambiental adaptado específicamente al caso de las turberas de Magallanes, que facilite su manejo y uso racional.

6.5.1 El Premodelo Geosistémico Magallánico

A continuación se explica de manera gráfica el modelo geosistémico de gestión ambiental propuesto para el manejo y uso racional de las turberas de la Región de Magallanes.

Figura N° 6.2. Modelo de gestión ambiental sistémico para las turberas de Magallanes



Fuente: Vaccarezza y Rubio, 2011

El modelo propuesto se desarrolla sobre un marco integrado entre los enfoques de uso racional de turberas y el enfoque ecosistémico, ya discutidos en los capítulos precedentes. El modelo de gestión que se propone considera la Gestión Ambiental Adaptativa. Dicho modelo es la herramienta que permite tener una visión esquemática, integradora y analítica para poder emitir una evaluación del funcionamiento del plan de gestión propuesta para las turberas de Magallanes.

Los recursos de la Tierra se utilizan como una forma de ganarse la vida, aún sin reconocer, o comprender los sistemas naturales lo suficiente como para situarse dentro de los límites o umbrales ambientales aconsejables en la utilización de los recursos. La gestión adaptativa considera, explícitamente, que existe incertidumbre y que nuestros conocimientos sobre los sistemas naturales son escasos (Lee, 1993, citado por CONAF, 2006).

Si el proceso de gestión ambiental no se acompaña con un esfuerzo para abordar la incertidumbre para obtener beneficios de lo inesperado, los mejores métodos de predicción solamente ocasionan problemas mayores y más frecuentes. Este punto es el centro de la gestión ambiental adaptativa, un proceso interactivo en el que no solamente no se va a reducir la incertidumbre, sino que se busca beneficio de ella. La meta es desarrollar un plan de gestión con cada vez mayor resiliencia. El enfoque adaptativo no apunta hacia un punto final fijo, la meta es conseguir la resiliencia como resultado de un análisis continuo, esto es, del cambio y de la presión, de la supervivencia de los más aptos a ambientes hostiles (Lee, 1993, citado por CONAF, 2006).

6.6 BILIOGRAFÍA ESPECÍFICA

CONAF. 2006. Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del Río Cruces. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales - Universidad Austral de Chile.

DÍAZ, MF., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista chilena de Historia Natural. 81(4): 455.468

HENRIQUEZ, J.M. 2011. Caracterización de la flora vascular de turberas de la Región de Magallanes, Chile. En: SEREMI Agricultura Magallanes – INIA Kampenaike. 2011. Informe de Avance. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. Punta Arenas.

HILLI, MATTI. 2008. Usos de la turba. Empresa Vapo Oy, Finlandia. En: 17th Congreso Internacional de Turba, Tullamore, Irlanda.

INIA KAMPENAIKE. 2011. Segundo Informe de Avance Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. SEREMI de Agricultura Región de Magallanes y Antártica Chilena. Punta Arenas.

JOOSTEN, HANS & CLARKE, DONALD. 2002. Wise Use of mires and Peatlands. International Mire Conservation Group, Internatynional Peat Society.

PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PÉREZ, PABLO. 2010. Caracterización y determinación microbiológica de posibles efectos antimicrobianos “in vitro” de la turba del musgo *Sphagnum magellanicum* BRID de la Región de Magallanes. Tesis (Médico Veterinario). Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Santo Tomás.

RUIZ Y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0. INFORME FINAL. Punta Arenas.

CAPÍTULO VII

ASPECTOS NORMATIVOS E INSTITUCIONALES PARA EL USO RACIONAL DE LAS TURBERAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Los ecosistemas de turberas y la riqueza de servicios ambientales asociados a ellos generan el desafío de lograr establecer los medios que permitan su uso racional y – a la vez - garanticen su conservación. Además del manejo y uso racional, surge la necesidad de identificar los instrumentos jurídicos que permitan también avanzar hacia ese logro.

Tal objetivo debe concebirse siempre desde la perspectiva de la sustentabilidad, noción que constituye el eje central del Derecho Ambiental como disciplina y de toda actividad humana contemporánea. Ésta involucra, muchas veces la contraposición de intereses, que no siempre se concilian y provocan conflicto. Por una parte preservar la naturaleza, como asimismo lograr como fin último la satisfacción del bien común general. Este incluye el derecho de los particulares de desarrollar todo tipo de actividades reconocidas por el propio derecho mientras ellas no se encuentren prohibidas, y de acuerdo a las normas jurídicas que las regulen. Al respecto, la protección adecuada de ciertos ecosistemas supone impedir o restringir el uso y aprovechamiento de sus componentes, lo que en un concepto más extremo lleva a la noción de preservación (Praus y Ríos, 2009).

En los últimos años el reconocimiento internacional sobre la importancia de estos ambientes de turberas y la necesidad de su uso racional ha ido en aumento. En la actualidad el uso racional de estos ecosistemas es un aspecto relevante en variadas normativas, convenciones, acuerdos y reglamentaciones internacionales, los cuales serán tratados en este capítulo. Entre otros, la **Convención sobre los Humedales de Ramsar**, el **Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**, el **Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)** (Blanco et al, 2004). Las normas internacionales reconocen a la turbera como un ecosistema del tipo humedal, independiente y autónomo, con fuertes y claros componentes bióticos.

A nivel nacional, en la práctica la explotación comercial de las turberas, especialmente en Magallanes y Chiloé, aún se realiza a una escala de corte artesanal, existiendo muy pocas faenas de extracción mecanizada. En otras palabras, ha sido incipiente y una parte importante del recurso se encuentra inexplorado, y por lo mismo prestando los servicios ambientales que le son propios, entre ellos un alto almacenamiento de CO₂. Así, se requiere una política preventiva, pues el deterioro de estos ecosistemas es aún incipiente en Chile (Praus y Ríos, 2009).

En el caso de las turberas chilenas, el desarrollo normativo e institucional ha sido escaso. Es necesario destacar que a nivel nacional el campo jurídico de las turberas se relaciona con el marco jurídico minero-extractivo como principal

instrumento regulatorio. En el presente capítulo, se describen y analizan las normativas e institucionalidad, tanto a nivel nacional como internacional

7.1 CONVENIOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON LAS TURBERAS

El interés internacional en promover el uso racional y la conservación de los ecosistemas de turbales y sus recursos, se ha puesto de manifiesto en numerosas declaraciones. Tal es el caso de la Declaración de Trondheim del Sexto Simposio del International Mire Conservation Group celebrado en 1994 en Trondheim (Noruega), el Simposio Internacional sobre la Turba llevado a cabo en 1994, patrocinado por la Sociedad Internacional de la Turba y celebrado en Bruselas (Bélgica), y la Declaración de Edimburgo del Simposio sobre Turberas de 1995, patrocinado por el Scottish Wildlife Trust, celebrado en Edimburgo (Reino Unido) (Blanco et al, 2004).

Todos los instrumentos internacionales expuestos a continuación se encuentran vigentes e integrados plenamente al ordenamiento jurídico nacional, si bien no se evidencia una aplicación práctica y actual de estos tratados en turberas, tampoco se descarta su uso.

7.1.1 Convención sobre Humedales de Ramsar

La Convención sobre Humedales de Ramsar es un tratado intergubernamental relativo a la conservación y el uso racional de los humedales, aprobado el 2 de febrero de 1971 por representantes de 18 países en la ciudad iraní de Ramsar. Dicho acuerdo entró en vigor en 1975 y en la actualidad más de 130 países de todo el mundo han adherido a ella, entre los que cuenta Chile. Su misión es “la conservación y el uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”. Según la Convención de Ramsar “son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Convención de Ramsar, 2004).

Las turberas constituyen uno de los tipos de humedales más vulnerables del planeta. No obstante la urgente necesidad de protección, ellas están insuficientemente representadas en la Lista de Ramsar de Humedales de Importancia Internacional y las Partes Contratantes de la Convención de Ramsar han concedido prioridad a la designación de turberas como sitios Ramsar. En algunos países estos ambientes están mejor representados que en otros (Blanco et al., 2004).

Un aporte muy significativo del presente tratado, es el desarrollo del concepto de "uso racional", el que se adoptó en la tercera reunión de la Conferencia de las Partes, celebrada en Regina, Canadá en 1987, y continuamente se han actualizado las directrices que permitan alcanzar dicho objetivo. El "uso racional" de los humedales consiste en su aprovechamiento sostenible para beneficio de la humanidad

de manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema (Praus y Ríos, 2009).

Según la Convención de Ramsar (2011), la Lista Ramsar de Humedales de Importancia Internacional, es la piedra angular de la Convención de Ramsar y su principal objetivo es “crear y mantener una red internacional de humedales que revistan importancia para la conservación de la diversidad biológica mundial y para el sustento de la vida humana a través del mantenimiento de los componentes, procesos y beneficios/servicios de sus ecosistemas”. De hecho, el mantenimiento de la Lista de Ramsar es una de las dos obligaciones originales y fundamentales de la Secretaría de Ramsar, junto con la organización de las reuniones de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar (COP).

En la Lista Ramsar de Humedales de Importancia Internacional se registra el nombre de todos los “sitios Ramsar”, su fecha de designación, posición geográfica dentro del país, superficie y coordenadas del punto central, y está disponible en la página web de la Secretaría de Ramsar (www.ramsar.org).

La Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar (COP) ha reconocido la importancia mundial de las turberas, incitando a una mayor cooperación para la conservación mundial de las turberas. Así mismo, el uso racional y la conservación de las turberas, así como también, el inventario de estos ecosistemas, es un tema primordial para la COP. Esto se ha concretado en una serie de lineamientos, resoluciones y recomendaciones, elaborados por las Partes Contratantes de la Convención, durante las diez reuniones de la COP realizadas a partir del año 1971. A continuación, se describen brevemente los lineamientos, resoluciones y recomendaciones más relevantes.

Recomendación VI.1 (6ª Reunión de la COP, Brisbane, 1996).

Esta recomendación insta a las Partes Contratantes a elaborar directrices para lograr un uso racional, desarrollo sostenible y conservación de las turberas. También se pide a las Partes que le asignen prioridad a la tarea de inventariar y evaluar las turberas situadas dentro de sus fronteras y que, de ser procedente, designen nuevos ecosistemas de turberas como sitios Ramsar. Recomienda además que la Partes Contratantes amplíen los mecanismos internacionales de coordinación y cooperación respecto de las iniciativas y los programas de conservación de turberas (Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar COP 1996).

Esta recomendación también exhorta a las Partes Contratantes a que apoyen con carácter prioritario la legalización del inventario y la evaluación de todo tipo de turberas y, en los casos pertinentes, designen más ecosistemas de turbera de su territorio para su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional e insta a las Partes Contratantes, a que emprendan actividades destinadas a aumentar la conciencia y la comprensión de las funciones y los valores de las turberas en el mundo, y a proteger sitios que se encuentren en una situación de riesgo especial, tales como las turberas tropicales y boreales.

Recomendación VII.1 (7ª Reunión de la COP, San José, 1999)

Esta recomendación se refiere a la elaboración de un Plan de acción mundial para el uso racional y el manejo de las turberas, en la Conferencia de las Partes

Contratantes de la Convención de 1999. Se centró en ocho temas prioritarios (Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención COP 1999):

1. Comprensión de la terminología de la turberas;
2. Base de datos mundial sobre turberas;
3. Programa mundial de seguimiento y concienciación sobre las turberas;
4. Comprensión y uniformización de los conceptos de uso racional;
5. Utilización de instrumentos de política y legislativos;
6. Directrices nacionales y regionales sobre manejo de las turberas;
7. Redes y centros especializados en materia de investigación y cooperación; y
8. Fijación de prioridades programáticas y de investigación.

Resolución VII.7 (7ª Reunión de la COP, San José, 1999)

La Resolución VII.7 de Ramsar establece lineamientos para examinar las leyes y las instituciones a fin de promover la conservación y el uso racional de los humedales (Manual N° 3 de Ramsar). Estos lineamientos están destinados a ayudar a las Partes Contratantes a asegurar que disponen del marco jurídico e institucional adecuado para el cumplimiento efectivo de sus compromisos en virtud de la Convención de Ramsar para el uso racional de los humedales (que incluyen, entre otros, las turberas), y que otras medidas sectoriales, por ejemplo los mecanismos y la legislación relativos a la ordenación del agua, estén en consonancia y sean compatibles con sus objetivos en materia de uso racional (Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar COP 1999).

Resolución VIII.11 (8ª Reunión de la COP, Valencia, 2002)

Esta resolución exhorta a las Partes Contratantes a que, otorgándole alta prioridad, renueven sus iniciativas encaminadas a designar turberas y otros humedales, para su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Señala la importancia de las turberas, sus amenazas y las turberas que deberían incluirse como sitios Ramsar (Blanco *et al.* 2004).

Resolución VIII.11 (8ª Reunión de la COP, Valencia, 2002) Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas.

Estos lineamientos se han elaborado a partir del proyecto de Plan de acción mundial para el uso racional y el manejo de turberas de Ramsar. Tales lineamientos se han desarrollado mediante la labor de las Organizaciones Internacionales Asociadas de la Convención, organizaciones internacionales para la conservación de las turberas, en particular, el International Mire Conservation Group (IMCG) y la Sociedad Internacional de la Turba (IPS), y las Partes Contratantes interesadas, con la colaboración y la evaluación del Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) y su Grupo de Trabajo sobre las Turberas (Ramsar, 2011).

En estos lineamientos se recomienda una serie de enfoques y actuaciones prioritarias para una acción mundial en materia de uso racional y manejo de las turberas, agrupados en siete temas (Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención 2002 b):

- A. Conocimiento de los recursos mundiales
 - Elaboración y aplicación de una terminología y de sistemas de clasificación normalizados
 - Creación de una base de datos mundial sobre las turberas
 - Detección de los cambios y las tendencias en la cantidad y la calidad de los recursos de turberas
- B. Educación y concienciación del público sobre las turberas
- C. Instrumentos normativos y legislativos
- D. Uso racional de las turberas
- E. Redes de investigación, centros regionales especializados y capacidad institucional
- F. Cooperación internacional
- G. Ampliación y apoyo (Ramsar, 2011)

Estos lineamientos son la base para el desarrollo de un Plan de Acción Mundial para las turberas por parte de las Partes Contratantes de Ramsar, los organismos de la Convención, las Organizaciones Internacionales asociadas y otras organizaciones que se ocupan de las turberas.

Resolución IX.1 (9ª Reunión de la COP, Kampala, 2005)

Esta resolución se refiere a las orientaciones científicas y técnicas adicionales para llevar a la práctica el concepto de Ramsar de uso racional. Especifica el marco conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas.

Resoluciones X (10ª Reunión de la COP, Changwon, 2008)

A continuación se nombran las resoluciones más relevantes de la 10ª Reunión de la COP:

- Resolución X.15. Descripción de las características ecológicas de los humedales, y necesidades y formatos de datos para un inventario de base: orientaciones científicas y técnicas armonizadas.
- Resolución X.16. Marco para los procesos de detección de cambios en las características ecológicas de los humedales, comunicación de los mismos y adopción de medidas al respecto.
- Resolución X.17. Evaluación del impacto ambiental y evaluación ambiental estratégica: orientaciones científicas y técnicas actualizadas.
- Resolución X.18. La aplicación de las opciones de respuesta de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM) en el marco del Juego de Herramientas de Ramsar para el Uso Racional. El Juego de Herramientas de Ramsar se refiere a los Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales.
- Resolución X.19. Humedales y manejo de las cuencas hidrográficas: orientaciones científicas y técnicas consolidadas
- Resolución X.24. Cambio climático y humedales

7.1.2 Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)

En el marco de la Cumbre de Río de Janeiro, en 1992, varios gobiernos, preocupados por la crisis de la biodiversidad, firmaron el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), convirtiéndose en el primer acuerdo mundial enfocado en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Este convenio, legalmente vinculante, entró en vigor a finales de 1993. Actualmente, lo conforman más de 185 países miembros (PNUMA/ORPALC, 2002). En Chile está vigente como ley de la república desde el 6 de mayo de 1995, fecha de su publicación en el Diario Oficial.

Dicho Convenio es el primer acuerdo global cabal para abordar todos los aspectos de la diversidad biológica: recursos genéticos, especies y ecosistemas, y el primero en reconocer que la conservación de la diversidad biológica es "una preocupación común de la humanidad", y una parte integral del proceso de desarrollo. Establece nexos entre las medidas tradicionales de conservación y la meta económica de utilizar de forma sostenible los recursos biológicos, al tiempo que, sienta los principios de una distribución justa y equitativa de los beneficios resultantes del uso de recursos genéticos.

El CDB tiene tres objetivos principales:

- Conservación de la biodiversidad
- Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica
- Participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos (Secretariat of the CDB, 2011).

El CDB le exige a los países miembros:

- Elaborar estrategias nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la biodiversidad.
- Identificar hábitats y especies críticas y establecer programas de seguimiento.
- Establecer áreas protegidas para estos hábitats y especies.
- Regular y dar seguimiento a las actividades que puedan amenazar a la biodiversidad.
- Cooperar con otros estados en la educación, el entrenamiento, y la investigación para proteger la biodiversidad.
- Compartir equitativamente los recursos genéticos y los beneficios de la biotecnología entre los estados miembros (PNUMA/ORPALC, 2002).

Además, los países desarrollados tienen la obligación de proporcionar apoyo financiero a proyectos para la protección a la biodiversidad en países en vías de desarrollo.

Su funcionamiento se basa en la organización de Conferencias de de las Partes (COP) en las que las partes deben presentar periódicamente informes sobre sus avances. La COP incluye representantes de cada país miembro, y se reúne cada dos años para discutir los avances y problemas. En sus informes, cada país describe las medidas que ha adoptado para lograr los objetivos del Convenio y la protección de la biodiversidad. El Convenio también proporciona recursos financieros para proyectos

de biodiversidad mediante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, o GEF por sus siglas en Inglés). Países desarrollados proporcionan recursos al fondo GEF, y los países en vías de desarrollo pueden solicitar fondos para apoyar sus proyectos (PNUMA/ORPALC, 2002).

7.1.3 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático. A la fecha han firmado 194 países.

Este instrumento establece como objetivo general lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas que repercutan negativamente en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (CMNUCC, 1992).

Las países firmantes se comprometen, entre otros, a actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero; Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático y cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático (CMNUCC, 1992).

Este acuerdo fue ratificado por Chile y promulgado mediante Decreto Supremo N° 123 de 1995, del Ministerio Relaciones Exteriores (publicado el 13 de abril de 1995) (Praus y Ríos, 2008).

7.1.4 Protocolo de Kioto

Este protocolo pretende lograr los objetivos de la Convención precedentemente citada. Con la finalidad de promover el desarrollo sustentable, las políticas y medidas a llevar a cabo por las Partes incluidas en el Anexo I de dicho instrumento, se basan particularmente en los compromisos para la limitación y reducción cuantificada de emisiones y en la transferencia y adquisición de unidades de emisión. Este acuerdo surge de la necesidad de adoptar compromisos más firmes y detallados para los países industrializados. Fue adoptado en Kioto, Japón, el 11 de diciembre de 1997. Contempla un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para contribuir al cumplimiento de los fines de la Convención (Secretaría CMNUCC, 2011).

No obstante, quedaron “pendientes” un considerable número de cuestiones, incluso después de la adopción del Protocolo de Kioto. En éste se esbozaban los rasgos básicos de sus “mecanismos” y el sistema de cumplimiento, por ejemplo, pero no se especificaban las trascendentales normas que regulaban su funcionamiento. Aunque 84 países firmaron el Protocolo, muchos se resistían a dar ese paso y hacer que el Protocolo entrara en vigor, antes de tener una idea clara sobre las normas del tratado. Por ello, se inició una nueva ronda de negociaciones para especificar las normas concretas del Protocolo de Kioto. Esta ronda culminó finalmente en la CP7 con la adopción de los Acuerdos de Marrakech, en que se establecían normas detalladas para la aplicación del Protocolo de Kioto (Secretaría CMNUCC, 2011).

El Protocolo de Kioto de 1997 tiene los mismos objetivos, principios e instituciones de la Convención, pero refuerza ésta de manera significativa ya que a través de él las Partes incluidas en el anexo I se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Sólo las Partes a la Convención que sean también Partes al Protocolo (es decir, que lo ratifiquen, acepten, aprueben o adhieran a él) se ven obligadas por los compromisos del Protocolo. Los objetivos individuales para las Partes incluidas en el anexo I se enumeran en el anexo B del Protocolo de Kioto. Entre todos suman un total de recorte de las emisiones de gases de efecto invernadero de al menos el 5% con respecto a los niveles de 1990 en el periodo de compromiso de 2008-2012 (Secretaría CMNUCC, 2011).

7.1.5 Convención para la Protección de la flora y fauna y las bellezas escénicas de América o Convención de Washington

Esta Convención, también conocida como Convención de Washington, fue suscrita en dicha ciudad en el año 1940, siendo ratificada por Chile en el año 1967. Desde entonces ha ocupado un lugar clave en la regulación de las áreas silvestres de Chile, ya que el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, se ha basado en gran parte en este Convenio (Eisendecker, 2001).

El objetivo general de esta convención es la conservación y protección de las especies de la flora y fauna endémica americana, incluyendo en su esfera de protección a recursos vivos tales como: a) las aves migratorias; b) paisajes de incomparable belleza; c) regiones y objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico y d) lugares donde existen condiciones primitivas, dentro de los casos a que esta Convención se refiere. Esta norma internacional clasifica los diferentes tipos de áreas protegidas en: Parques Nacionales, Reservas Nacionales Monumentos Naturales y Reservas de Regiones Vírgenes (Eisendecker, 2001).

Este texto legal presenta alta relevancia y aplicación en Chile sobre la protección de áreas silvestres, y en consecuencia para la protección de gran parte de los ecosistemas de turba a nivel nacional.

7.1.6 Otros acuerdos internacionales relacionados con las turberas

A continuación se presenta un listado de otros acuerdos internacionales relacionados de alguna manera con las turberas.

- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES). Vigencia: 25.03.75.
- Convenio de las Naciones Unidas para Luchar contra la Desertificación. Vigencia:13.02.98
- El Proceso de Montreal (1994). Declaración de Santiago: Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de bosques Templados y Boreales. 1995.
- La Convención sobre protección del patrimonio mundial cultural y natural (1980)
- La Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (1981) (Oltremari, 2008).

7.2 ACUERDOS SUSCRITOS ENTRE CHILE Y OTROS PAÍSES

7.2.1 Tratado entre Chile y Argentina sobre Medio Ambiente.

El Tratado de Medio Ambiente entre Chile y Argentina nace de la inquietud de ambos países por el severo y persistente deterioro del medio ambiente a nivel global y a partir de ello reconocen la necesidad de armonizar la utilización de los recursos naturales que comparten, pretendiendo como objetivo conjunto la protección del medio ambiente (Praus y Ríos, 2009).

Este instrumento fue promulgado por Decreto Supremo N° 67 del Ministerio de Relaciones Exteriores del 16 enero de 1992, siendo precisamente ese Ministerio el encargado de su implementación en Chile. En cuanto a su objetivo general, se resume en el emprendimiento acciones coordinadas o conjuntas en materia de protección, preservación, conservación y saneamiento del medio ambiente y orientadas a la utilización racional y equilibrada de los recursos naturales, teniendo en cuenta el vínculo existente entre medio ambiente y desarrollo. Este propósito resulta de vital importancia en cuanto a uso racional y conservación de turberas, debido a que con Argentina es precisamente con quien compartimos los amplios territorios que conforman la Patagonia, lugar donde se encuentra geográficamente la Región de Magallanes y los mayores reservorios de estos ecosistemas (Praus y Ríos, 2009).

A través de la firma de este Tratado, Chile y Argentina asumen que deberán llevar a cabo acciones coordinadas o conjuntas, destacando los siguientes compromisos conjuntos:

- Protección de la atmósfera: cambios climáticos, deterioro de la capa de ozono y contaminación atmosférica transfronteriza.
- Protección del recurso suelo: degradación de los suelos, desertificación y sequía.

- Protección y aprovechamiento del recurso agua.
- Protección de la diversidad biológica.
- Prevención de las catástrofes naturales y ecológicas (Praus y Ríos, 2009).

El Tratado cuenta con dos Protocolos, uno sobre la Protección del Medio Ambiente y el segundo Protocolo trata los Recursos Hídricos Compartidos, con el objeto de establecer reglas sobre el aprovechamiento de estos, calificados como prioritarios por ambas Partes. Permite abordar en forma conjunta a través de la investigación y las normativas nacionales la protección de turberas de la Patagonia chileno-argentina (Praus y Ríos, 2009).

7.2.2 Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile – Canadá (1997) y Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de la República de Chile y el Gobierno de los EEUU (2004).

Ambos Acuerdos promueven el efectivo cumplimiento de las normativas ambientales en sus respectivos países. El acuerdo con EEUU, es especialmente crítico dado el nivel de dependencia comercial y estratégica de Chile.

7.3 INSTITUCIONES Y ORGANISMOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON LAS TURBERAS

7.3.1 International Peat Society (IPS)

La Sociedad Internacional de la Turba (IPS) es una organización no gubernamental y sin fines lucrativos, cuya misión consiste en promover la cooperación internacional en torno al uso racional de las turberas y la turba gracias al progreso de los conocimientos y la comprensión de sus aspectos científicos, técnicos, económicos y sociales. Está integrada por representantes de diferentes intereses: científicos especializados en ciencias aplicadas y teóricas, ingenieros y personas pertenecientes al mundo de la empresa y el comercio. Actualmente cuenta con 1422 miembros, ya sea individuales e institucionales, de 29 países (IPS, 2011).

La Sociedad Internacional de la Turba lleva a cabo sus principales actividades mediante sus ocho comisiones, dependientes de las cuales se han establecido grupos de trabajo encargados de planear y llevar a cabo proyectos. Las comisiones se ocupan de la clasificación y la conservación de las turberas; sus aplicaciones industriales; sus aplicaciones en la agricultura; las características físicas, químicas y biológicas de la turba; el uso que se puede dar a las turberas alteradas; sus aplicaciones médicas y terapéuticas; la ordenación de las turberas arboladas; y sus aspectos culturales. Dichas comisiones organizan simposios, seminarios y talleres en cooperación con comités nacionales y, una vez cada cuatro años, la Sociedad celebra un congreso internacional sobre la turba. La Sociedad publica un boletín mensual, *Peat News*; una revista, *Peatlands International*; y una publicación periódica científica, el *International Peat Journal*. La secretaria de la Sociedad Internacional de la Turba se encuentra en Jyväskylä, Finlandia (IPS, 2011).

7.3.2 International Mire Conservation Group (IMCG)

El International Mire Conservation Group (IMCG) es una red internacional de especialistas que promueven, alientan y, cuando procede, coordinan la conservación de las turberas y de los ecosistemas conexos con ellos y promueven el intercambio de informaciones y experiencias. La red abarca un amplio abanico de conocimientos especializados e intereses, desde investigadores a consultores, de especialistas de organismos oficiales a administradores de sitios en que hay lodazales naturales, y cuenta con más de 400 contactos en casi 60 países. En gran medida, desarrolla sus actividades por correo electrónico y boletines y celebra periódicamente talleres y simposios. Fue establecido en 1984, en Austria, para promover la conservación de turberas y su amplia biodiversidad (IMCG, 2010).

7.3.3 Wetlands International

Es un organismo internacional con sede en Wageningen, Holanda, que ha trabajado en la protección de los humedales desde 1954. Estaba constituido en sus inicios por tres organismos regionales (International Waterfowl and Wetlands Research Bureau, The Asian Wetlands Bureau y Wetlands for the Americas) que se fusionaron en uno solo llamado Wetlands International en 1995. Es necesario mencionar que este organismo cuenta con un programa para Latinoamérica y el Caribe el cual se desarrolla a partir de sus dos oficinas en Buenos Aires, Argentina y Ciudad de Panamá.

Su misión es mantener y restaurar los humedales, sus recursos y biodiversidad para las generaciones futuras. Promueven acciones para la conservación y uso racional de los humedales, debido a su contribución significativa a la conservación de la biodiversidad, al desarrollo sostenible y la mitigación de la pobreza, mediante la salvaguarda de las especies que dependen de los humedales, de recursos hídricos de mucho valor, y de otros productos y servicios de los humedales.

7.4 LEGISLACIÓN NACIONAL RELACIONADA CON LAS TURBERAS

7.4.1 Constitución Política de la República de Chile.

En la Constitución Política, vigente desde el 11 de marzo de 1980, se refleja la preocupación por la conservación y la preservación del patrimonio ambiental, pues establece entre las garantías constitucionales derechos fundamentales que se relacionan directamente con la protección del medio ambiente, entre las que se puede mencionar el derecho a la vida y a la integridad física y psíquica de las personas. Como corolario de lo anterior asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Este derecho se garantiza de dos maneras, a saber: a) mandando al Estado velar porque no sea afectado; y, b) haciendo procedente el Recurso de Protección cuando sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada (SOFOPA, 2010).

La Carta Fundamental, adicionalmente, manda al Estado tutelar la preservación de la naturaleza y faculta al legislador para establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades con el fin de proteger el medio ambiente. Asimismo, faculta a la ley para someter el derecho de dominio a las

limitaciones y obligaciones que deriven de la conservación del patrimonio ambiental. En ambos casos, previene que los preceptos legales que por mandato de la Constitución regulen o complementen las garantías que ésta establece o que las limiten en los casos en que ella lo autoriza, no podrán afectar los derechos en su esencia, ni imponer condiciones, tributos o requisitos que impidan su libre ejercicio (SOFOFA, 2010).

7.4.2 Ley N° 19.300 / 94 de Bases Generales del Medio Ambiente y D. S. 95 / 2001 del Reglamento el SEIA

La última versión de la Ley N° 19.300 fue actualizada por la CONAMA luego de la dictación de la Ley 20.173 que crea el cargo de Presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y le confiere rango de Ministro de Estado (Ley N° 19.300).

En un primer acercamiento respecto del alcance que esta norma otorga a los ecosistemas de turbera, esta ley en su artículo 8° establece que los proyectos señalados en el artículo 10, que contiene una nómina de actividades, solo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, ya sea mediante un Estudio de Impacto Ambiental o mediante una Declaración de Impacto Ambiental, de conformidad con los procedimientos y requisitos establecidos en la misma ley (Praus y Ríos, 2009).

Las disposiciones de la Ley General de Bases del Medio Ambiente que pudiesen resultar relevantes en el marco regulatorio de manejo sustentable de la turba son al menos las siguientes:

- Artículo 10. Indica los proyectos o actividades condicionadas a someterse al Sistema de Evaluación Ambiental. En su letra i, cita explícitamente la extracción de turba.
- Artículo 38. Establece la obligación para los órganos competentes en la confección de inventarios de especies de flora y fauna silvestre y en la fiscalización las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medias tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Establece además la adopción de criterios de categorías de conservación.
- Artículo 39. Establece expresamente que la ley velará porque el uso del suelo se haga en forma racional, a fin de evitar su pérdida y degradación.
- Artículo 41. Se refiere al uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuarán asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.
- Artículo 42. Se refiere al organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, el que exigirá, de acuerdo con la normativa vigente, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación (Praus y Ríos, 2009).

La Ley 19.300, se encuentra complementada por el **Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**, Decreto Supremo 95/01 del 21 de agosto de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Este, en su artículo 3, establece todos y cada uno de los proyectos o actividades que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y de manera específica se refiere a la turba en las siguientes disposiciones:

- Letra a) inciso segundo, referente a las presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración significativos de cursos naturales de agua, estableciendo que se entenderá que estos proyectos son significativos, entre otros el caso de la letra a.2 donde en su inciso tercero señala expresamente el drenaje o desecación de cuerpos naturales de agua tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas turberas, vegas, albuferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los incisos anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea superior a diez hectáreas (10 ha), tratándose de las Regiones I a IV; o a 20 hectáreas (20 ha), tratándose de las Regiones V a VII, incluida la Metropolitana; o a treinta hectáreas (30 ha), tratándose de las Regiones VIII a XII.
- Letra i) Se refiere a los proyectos de desarrollo minero. En su inciso sexto señala de manera específica la extracción industrial de áridos, turba o greda; estableciendo de inmediato cuando se entenderá que estos proyectos o actividades son industriales en su letra i.3), lo que ocurrirá si la extracción de turba es igual o superior a cien toneladas mensuales (100 t/mes), en base húmeda, o a mil toneladas (1.000 t) totales, en base húmeda, de material removido durante la vida útil del proyecto o actividad (Pérez, 2007).

En consecuencia, de cumplirse los niveles señalados anteriormente, para la explotación de la Turba se debe obtener una Calificación Ambiental favorable, por parte de la autoridad competente. Este requisito es previo a la obtención de la autorización de Sernageomin (Adasme, 2008).

Por otra parte, el drenaje de las turberas genera una serie de efectos adversos, motivo por el cual, resulta conveniente identificar artículos dentro del Reglamento que contemplen dichos efectos. El artículo 6 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, señala lo siguiente:

- Artículo 6°: El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire (Pérez, 2007).

Se desprende del artículo 6° del reglamento, que para calificar el grado de impacto ambiental de la explotación de las turberas, se debe evaluar entre otros elementos, la relevancia florística del ecosistema turbera. En este caso, ninguna de las especies de la flora de las turberas y pomponales nacional sugerida por Díaz *et al.* (2005), está contenida ni sugerida en el Libro Rojo de la Flora Chilena (CONAF, 1989), lista oficial de las especies de flora terrestre chilena con problemas de conservación. Si bien, no existen especies con algún problema de conservación, se debe considerar que las turberas albergan especies que se encuentran únicamente en estos ecosistemas y la alteración de éstos, con actividades como el drenaje o la desecación,

puede generar problemas en el desarrollo y la diversidad de estas especies (Pérez, 2007).

En el artículo 10, se hace mención al valor paisajístico o turístico de una zona que puede ser alterada por algún proyecto o actividad. En este sentido, la intervención de las turberas para drenaje, desecación o extracción de turba genera un impacto visual bastante negativo en el paisaje, debido a su degradación y transformación, factor que resulta muy importante y que debe ser considerado, en una región que es reconocida por sus paisajes y por albergar una gran cantidad de turistas (Pérez, 2007).

7.4.3 Ley N° 18.248 / 83. Modificada Ley N° 19.719 Código de Minería

El código minería establece, en general, que cualquier interesado podrá constituir pertenencia sobre sustancias no metálicas. La turba en Chile, independiente de las características físico-químicas, grado de descomposición de la materia orgánica, o clasificación respecto de la vegetación remanente, es considerada una sustancia fósil, no metálica y concesible, de acuerdo al Código de Minería (Ley N°18.248, Art. 5°) y por lo tanto, su explotación se rige por las normativas del Código de Minería (Adasme, 2008; Ruiz y Doberti, 2005).

Sin embargo, ninguno de sus artículos regula su extracción y sólo hace referencia a su condición de recurso concesible al ser un producto fósil, señalando también que constituye un derecho real e inmueble, distinto e independiente del dominio superficial. Su explotación requiere de un pedimento minero. La concesión minera es el título jurídico en virtud del cual el Estado le entrega al titular o concesionario minero, mediante los Tribunales Ordinarios de Justicia, el derecho a explorar o a explotar en forma exclusiva, las sustancias concesibles que se encuentren en el subsuelo de una superficie territorial determinada (Adasme, 2008). Puede ser solicitada por cualquier persona, nacional o extranjera y su duración es indefinida, debiendo ser amparada anualmente por el pago de una patente, cuyo monto, será establecido en relación con la superficie que se ampare (Hauser, 1996; Pérez, 2007).

En sus artículos 2 y 5 se señala que la concesión minera, es un derecho real e inmueble distinto e independiente del predio superficial en cuyas entrañas se encuentra el yacimiento. Pueden coexistir, el propietario superficial (puede ser un particular o el Estado) y el concesionario minero, con el derecho a explorar o a explotar el subsuelo del mismo terreno. Esta condición permite, sin el consentimiento del propietario del predio superficial, acceder a pertenencias mineras, tales como sustancias fósiles, entre ellas la turba producida en ecosistema de turberas (Adasme, 2008; Praus y Ríos, 2009).

Por otra parte, el artículo 17 señala en sus números 2 y 6 que en lugares declarados parques nacionales, reservas nacionales o monumentos naturales o en lugares que hayan sido declarados de interés histórico o científico, se necesitará el permiso escrito del Intendente o del Presidente de la República, respectivamente, para desgravarlos y / o efectuar labores mineras en ellos (Praus y Ríos, 2009).

Debido a que en Chile la extracción de turba corresponde a una actividad minera, los respectivos proyectos de intervención deben consignar detallados estudios o declaraciones de impacto ambiental, en el marco de la normativa consignada en el texto de la Ley N° 19.300 promulgada el 9 de marzo de 1994 (Ley de

Bases del Medio Ambiente), cuyo control corresponde al Servicio de Evaluación Ambiental (ver capítulo 7.4.2).

7.4.4 Ley N° 18.097 / 82. Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras

La Ley orgánica constitucional sobre concesiones mineras, establece que: “Son concesibles, y respecto de ellas cualquier interesado podrá constituir concesión minera, todas las sustancias minerales metálicas y no metálicas y, en general, toda sustancia fósil” (Art. 3) (Adasme, 2008).

7.4.5 Ley N° 20.283 de Bosque Nativo y Fomento Forestal

Esta ley tiene como objetivos la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental. A continuación se resumen los artículos que dicen relación con los ecosistemas de turberas. Debe destacarse los referidos a los productos forestales no madereros, pues la turba podría corresponder a uno de ellos, aunque no está explícitamente mencionada.

El artículo 20 se refiere a los productos no madereros del bosque nativo. Los define como todos aquellos bienes y servicios que no corresponden a recursos leñosos o madera en pie y que existen o se pueden desarrollar al interior de un bosque nativo a partir de las especies nativas que lo componen. Se entenderá para estos efectos, y sin que esta enumeración sea taxativa, bienes tales como: hongos; plantas de usos alimenticios; frutos silvestres de árboles y arbustos; especies vegetales de usos medicinales, químicos o farmacológicos; fauna silvestre; fibras vegetales, y servicios de turismo (Ley N° 20.283).

En el artículo 17 se especifica que el Reglamento determinará la normativa para la protección de los humedales declarados Sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, debiendo considerar los criterios señalados en el inciso anterior, así como también los requerimientos de protección de las especies que lo habitan (Ley N° 20.283).

El artículo 19 prohíbe la corta, eliminación, destrucción o descepado de individuos de las especies vegetales nativas clasificadas, de conformidad con el artículo 37 de la ley N° 19.300 y su reglamento, en las categorías de "en peligro de extinción", "vulnerables", "raras", "insuficientemente conocidas" o "fuera de peligro", que formen parte de un bosque nativo, como asimismo la alteración de su hábitat.

Se destaca el artículo 22 pues se refiere a la existencia de un Fondo Concursable destinado a la conservación, recuperación o manejo sustentable del bosque nativo, en adelante "el Fondo", a través del cual se otorgará una bonificación destinada a contribuir a solventar el costo de las actividades comprendidas en cada uno de los siguientes literales:

a) Actividades que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación, con el fin de lograr la mantención de la diversidad biológica, con excepción de aquellos pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Dicha bonificación alcanzará hasta 5 unidades tributarias mensuales por hectárea;

b) Actividades silviculturales dirigidas a la obtención de productos no madereros. Dicha bonificación alcanzará hasta 5 unidades tributarias mensuales por hectárea (Ley N° 20.283).

El artículo señala que la Ley de Presupuestos contemplará todos los años un fondo destinado a la investigación del bosque nativo, cuya finalidad será promover e incrementar los conocimientos en materias vinculadas con los ecosistemas forestales nativos, su ordenación, preservación, protección, aumento y recuperación, sin perjuicio de los aportes privados que puedan complementarlo. Tales recursos estarán dedicados especialmente a incentivar y apoyar la investigación científica y tecnológica relacionada con el bosque nativo y la protección de su biodiversidad, y la investigación y los proyectos de desarrollo tecnológico que propendan a la protección del suelo, de los recursos hídricos, de flora y fauna y de los ecosistemas asociados al bosque nativo, entre otros aspectos (Ley N° 20.283).

7.4.6 Ley 18.755, Mod. Ley 19.283, Ley Orgánica del SAG (2006)

Esta ley trata, en sus artículos 2 y 3f, sobre la conservación de los recursos naturales, la aplicación de la Ley de Caza y el cumplimiento de las convenciones pertinentes. El artículo 46 indica la responsabilidad del SAG en materia de subdivisiones de predios rústicos y cambios de uso de suelos, procesos que contribuyen a la pérdida y deterioro del recurso suelo y biodiversidad (Praus y Ríos, 2009).

Por otra parte, los artículos 3.g, 3.j, 3.k y 3.l establecen la facultad del Servicio para realizar estudios y catastros específicos sobre la magnitud y estado de los recursos naturales renovables del ámbito agropecuario, y proponer regulaciones en materia de flora del ámbito silvoagropecuario y promover planes o programas destinados a la protección de suelos y aguas (Praus y Ríos, 2009).

7.4.7 DL. 3.557/80 Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola

Su artículo 26, obliga a que las exportaciones de musgo sean amparadas por un certificado fitosanitario y por lo tanto al control de su comercio exterior (Praus y Ríos, 2009).

7.4.8 Ley 18.450 Mod. Ley 19604, Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje

Desde su gestación, en 1985, esta normativa ha tenido por finalidad incrementar la superficie regada del país, provocar un mejoramiento del abastecimiento de agua en aquellas áreas regadas en forma deficitaria, incentivar un uso más eficiente de la aplicación del agua e incorporar nuevos suelos a la explotación agropecuaria, esto último, por la vía de eliminar el mal drenaje o facilitar la puesta en riego predial. Corresponde a un instrumento de fomento en el desarrollo del subsector riego y en el aumento de la productividad (Pereira, 2010).

Las implicancias de esta Ley son particularmente relevantes en materia de drenaje, por cuanto, en la práctica los proyectos con subsidio estatal no se someten al SEIA al no sobrepasar los criterios establecidos en el reglamento de la LBGMA. En el caso de las turberas, presenta implicancias negativas pues favorece su drenaje, lo que ha ocurrido, principalmente en la región de los Lagos.

La Ley otorga subsidios a proyectos de riego cuyo costo no supere las UF.12.000, en el caso de proyectos individuales, ni sobrepase las UF.30.000 en el caso de ser proyectos presentados por organizaciones de regantes. El monto máximo de bonificación al cual puede optar un proyecto determinado es del 90% de su costo total. En otras palabras, esta ley faculta al Estado de Chile para manejar un Programa de Obras Menores de Riego y Drenaje que opera mediante un sistema de Concursos Públicos para que los agricultores puedan optar al fomento estatal (Pereira, 2010).

7.4.9 D.L. 701. Mod. Ley 19.561, Ley Sobre Fomento Forestal

Los artículos 1 y 12 de este cuerpo legal promueven la forestación a través de incentivos en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados. La literatura adjudica a esta actividad gran responsabilidad en la pérdida de humedales por cuanto la necesidad de suelos va en aumento.

La forestación de suelos ñadis, es una actividad destinada a pequeños propietarios forestales y bonificable por el Estado, así se desprende del artículo 12. Este mismo artículo señala que el Estado, por una sola vez, bonificará un porcentaje de los costos netos de la forestación en suelos frágiles, en ñadis o en áreas en proceso de certificación (Pérez, 2007).

Desde el punto de vista de las turberas, esta normativa es altamente perjudicial para la conservación de estos ecosistemas. Los suelos ñadis albergan grandes cantidades de turba y la forestación de estos sitios, al ser una actividad bonificable, ha despertado el interés por parte de los agricultores. Esto queda reflejado en la gran cantidad de sitios de la X región, que antes albergaban *Sphagnum* y que hoy en día se encuentran totalmente forestados con especies de rápido crecimiento, principalmente del género *Eucalyptus* (Pérez, 2007).

No obstante el alcance de esta Ley en el fomento forestal, el artículo 13 incentiva y fomenta la protección de fuentes de recursos hídricos. En esta condición es aplicable a la protección de turberas y humedales en general. Por su parte, el Artículo 29 del Reglamento señala los requisitos que debe contener el plan de manejo en explotaciones forestal y puede perfeccionarse para contener medidas para proteger el ecosistema forestal que contenga turberas (Praus y Ríos, 2009).

7.4.10 Situación de Chile frente a las Resoluciones y Recomendaciones establecidas por la Convención Ramsar

La Convención sobre Humedales de Ramsar, fue suscrita por Chile el 2 de febrero de 1971, e incorporada como Ley de la República en septiembre de 1980 y publicada en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981 mediante el D.S. 771 del Ministerio de Relaciones Exteriores. La máxima autoridad a cargo de la administración de Ramsar en Chile es la Dirección de Medio Ambiente del Ministerio de Relaciones Exteriores. La secretaría técnica está a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y está integrada, entre otros, por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General de Aguas (DGA), la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Comisión Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología (Conicyt) (CONAF, 2010).

Si la explotación de la turba es realizada en zonas declaradas como Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (Conocidas como sitios Ramsar), debe ingresar al SEIA (Adasme, 2008). Actualmente Según CONAF (2010), Chile ha adscrito 12 sitios 2010 a esta convención, sin embargo existe una escasa representación de los humedales costeros y una nula representatividad de ecosistemas de turberas. Aun cuando en ninguno de los sitios Ramsar declarados en nuestro país está representado por turbales, con su participación en la Convención el Estado chileno adhiere al Plan de Acción Mundial para el uso racional y manejo de los turbales.

Como ya se señalara en el ítem 8.1.1, la Convención de Ramsar, hace un llamado a realizar un inventario de humedales a las Partes y a priorizar a las turberas para su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, debido a que son los humedales más amenazados a nivel mundial. Por tal motivo, es de vital importancia realizar un catastro de las turberas a nivel nacional y estudiar el estado de conservación actual de este tipo de humedales (Praus y Ríos, 2009).

Las Resoluciones y Recomendaciones establecidas en la Convención de Ramsar, son una herramienta útil para lograr un manejo eficiente de las turberas en Chile, por tal motivo, se debe tener la capacidad de desarrollar acciones que permitan cumplir con las resoluciones antes mencionadas y comprometer a las distintas instituciones del Estado y al sector privado, en el estudio, difusión y aplicación de medidas destinadas a lograr un uso racional y conservación de las turberas, y así, cumplir con el compromiso internacional que adquiere Chile al formar parte de esta Convención. También, a nivel local, se debe contar con una legislación que permita hacer operativas dichas resoluciones y recomendaciones, situación que en la actualidad no ocurre (Praus y Ríos, 2009).

7.4.11 Situación de Chile frente al Convenio de Diversidad Biológica

La Convención implica para el Estado chileno una obligación real y concreta de desarrollar determinados comportamientos y abstenerse de otros, a fin de cumplir a cabalidad el compromiso asumido (Praus y Ríos, 2009). En efecto, y dando cumplimiento a una de las obligaciones que surgen de este Convenio, el Estado chileno, a través de la CONAMA, ha elaborado la Estrategia Nacional de Biodiversidad, como parte de los instrumentos de política ambiental desarrollados por el Estado, a través del Ejecutivo.

7.4.12 Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile

La Estrategia Nacional de Humedales fue aprobada en diciembre de 2005 por Acuerdo N° 287/2005 del Consejo Directivo de CONAMA. Esta responde a un compromiso internacional de Chile, al adherir a la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, comúnmente referida como la Convención Ramsar. La Estrategia contempla la conformación de su Directorio o Comité Nacional de Humedales, integrado por 16 Servicios Públicos (CONAMA, CONAF, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Minería, Ministerio de Bienes Nacionales, Subsecretaría de Marina, Subsecretaría de Pesca, Comité Oceanográfico Nacional, Servicio Nacional de Pesca, Servicio Agrícola y Ganadero, Dirección General de Aguas, Dirección de Obras Hidráulicas, Museo de Historia Natural, CONICYT, DIRECTEMAR y Comisión Nacional de Riego). Esta estrategia responde a la necesidad del país de abordar de manera concertada, adecuada y eficiente la protección efectiva de sus espacios húmedos (CONAMA, 2005).

A noviembre de 2005, Chile contaba con nueve humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar), cubriendo un total de 160.154 hectáreas (CONAMA, 2005). Actualmente existen 12 sitios Ramsar.

La Estrategia Nacional de Biodiversidad, aprobada a fines del 2003, establece este desafío asumiendo que los humedales constituyen espacios donde se concentra biodiversidad y son determinantes en el funcionamiento de los ecosistemas y por ende la vida humana. Al adherir a la Convención de Ramsar, el país compromete su participación y asume responsabilidades en torno a la protección de los humedales (CONAMA, 2005).

La actual Estrategia responde entonces, a las necesidades nacionales y a un compromiso país con la Convención Ramsar. Entre las necesidades nacionales se encuentra la definición de objetivos de calidad ambiental del agua en nuestros principales ríos o norma secundaria de calidad de aguas. La implementación de las normas secundarias estimulará el manejo integrado de cuencas hidrográficas y bahías, para alcanzar los objetivos de calidad ambiental definidos a través de planes de descontaminación y/o prevención en el medio hídrico. Como parte de las cuencas hidrográficas, los humedales se verán favorecidos por esa gestión (CONAMA, 2005).

El objetivo general de la Estrategia es la promoción de la conservación de los humedales prioritarios de Chile y de sus funciones y beneficios en un marco de

desarrollo sustentable. Con este fin es que se plantea incrementar el conocimiento sobre los humedales, implementar un marco de acción legal e institucional para lograr su conservación y uso sostenible, y desarrollar instrumentos de planificación y gestión participativa (CONAMA, 2005).

Específicamente, la estrategia permitirá desarrollar un proceso de planificación y priorización de los humedales para implementar la gestión y conservación sustentable de estos ecosistemas, incorporando la participación de privados, pueblos originarios y la comunidad en general. Al mismo tiempo, incrementará la investigación científica y la valoración de los humedales por parte de toda la comunidad (CONAMA, 2005).

Entre las medidas más específicas planteadas en la estrategia resaltan la elaboración y mantención de un catastro nacional de humedales, el desarrollo de un sistema de información en esta materia, además de la identificación y proposición de nuevos sitios Ramsar. Parece lógico que las turberas sean consideradas y reguladas bajo esta estrategia nacional de humedales.

7.4.13 Decreto 82 / 2011. Reglamento de Suelos, Agua y Humedales

Este decreto se origina de la Ley N° 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, según lo establecido en su artículo 17. Tiene por objeto proteger los suelos, manantiales, cuerpos y cursos naturales de agua y humedales declarados sitios prioritarios de conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, evitando su deterioro y resguardando la calidad de las aguas. Para ello, y en cumplimiento de lo establecido en la Ley 20.283 sobre "Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal", regula la forma y casos en que se podrán intervenir especies de árboles y arbustos nativos, en bosque nativo, y la corta, destrucción o descepado de árboles, arbustos y suculentas, en formaciones xerofíticas, estableciendo criterios, imponiendo restricciones y prohibiciones, en algunos casos.

Dicho decreto no hace mención específica a las turberas, pues se refiere a humedales en general. Al respecto, recientemente el Centro de Ecología Aplicada (CEA) y el Ministerio de medio Ambiente han elaborado un Inventario Nacional de Humedales (2011), sin embargo no considera explícitamente a los ecosistemas de turberas.

7.4.14 Otras normativas relacionadas con la conservación de humedales en Chile

- Ley N° 19.283 Ley de caza
- Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura
- D.S. N° 475 Subsecretaría de Marina. Uso de Borde Costero del Litoral
- Ley N° 18.695, de Municipalidades - zonas de protección ecológica
- Ley 17.288/70. Mod. Ley 20.021 2005 Ley de Monumentos Nacionales
- Ley 20017/05 Código de Aguas.

- Ley 3.557/80 Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola.
- Ley 18.362/84 Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
- Ley 18.378/84 Conservación en Predios Agrícolas.
- D. L. 1.939/77 Sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado (Praus y Ríos, 2007; Tala, 2008).

7.4.15 Normativa que se muestra contraria a los intereses de la conservación de los humedales

- Ley 18.450 Mod. Ley 19604, Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje.
- Código de Minería (Tala, 2008).
- D.L. 701. Mod. Ley 19.561, Ley Sobre Fomento Forestal

7.5 INSTITUCIONALIDAD NACIONAL RELACIONADA CON LAS TURBERAS

Debe mencionarse que durante el año 2010, Chile ha presentado su nueva institucionalidad ambiental. Desaparece la actual Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) y se da vida a nuevas instituciones, cada una con atribuciones y funciones independientes: **Ministerio del Medio Ambiente**, **Servicio de Evaluación Ambiental** y **Superintendencia del Medio Ambiente**. Además, serán prontamente creados los **Tribunales Ambientales** y el **Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas**. En la figura N° 7.1 se presenta este nuevo esquema (Gobierno de Chile, 2011).

Figura N° 7.1. Nueva Institucionalidad Ambiental de Chile



Fuente: Gobierno de Chile, 2011.

7.5.1. Ministerio del Medio Ambiente

Es la Secretaría de Gobierno encargada de diseñar las políticas públicas, planes y programas medioambientales, cuyos objetivos son:

- Proteger y conservar la biodiversidad
- Promover el desarrollo sustentable

Esta Secretaría de Estado se encarga de colaborar con el Presidente de la República en:

- El diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental;
- La protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos;
- Todo ello, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa (Cordero, 2010).

El Ministerio dispone de una sede central en Santiago y Secretarías Regionales Ministeriales en cada región del país. Asimismo, cuenta con un Consejo Consultivo Nacional y Consejos Consultivos Regionales, los que están integrados por científicos, ONGs, representantes del sector privado y de los trabajadores.

Por otra parte, se crea el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, presidido por la Ministra del Medio Ambiente, e integrado por once Ministros de Estado, quienes deberán velar por que la perspectiva medio ambiental esté incorporada en las distintas políticas y planes de las distintas carteras de Gobierno (Gobierno de Chile, 2011).

Sus áreas de trabajo:

1. Política, regulación y gestión ambiental
2. Información y economía ambiental
3. Educación, participación y gestión local
4. Recursos naturales y biodiversidad
5. Cambio climático y cumplimiento de convenios internacionales (Gobierno de Chile, 2011).

7.5.2 Servicio de Evaluación Ambiental

Su función principal es administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), instrumento que evalúa ambientalmente los proyectos de inversión o actividades que se quieren desarrollar en el país, según lo establecido en la normativa ambiental vigente. A efectos de disponer de un sistema de gestión moderno y adecuado, se ha decidido sustraer del conocimiento del Ministerio del Medio

Ambiente la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Sus objetivos son:

- Tecnificar la evaluación ambiental de proyectos y actividades, con el objeto que ellas sean llevadas a cabo velando por el desarrollo sustentable del país.
- Fomentar y facilitar la participación ciudadana en la evaluación de proyectos y actividades presentadas al SEIA.
- Uniformar criterios de carácter ambiental que establezcan los Ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento de guías trámite.
- Proponer la simplificación de trámites para los procesos de evaluación o autorizaciones ambientales (Gobierno de Chile, 2011; Cordero, 2010).

Este modelo de gestión es más eficiente, permite combinar los incentivos para la existencia de políticas y regulaciones, y la decisión de proyectos concretos sin confundir los ámbitos de objetivos (Cordero, 2010).

7.5.3 Superintendencia del Medio Ambiente

Tiene la misión de fiscalizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y de las condiciones en base a las cuales se aprueba el desarrollo de proyectos o actividades. Es el ente encargado de aplicar sanciones en caso de detectar incumplimientos (Gobierno de Chile, 2010).

La Superintendencia tendrá por objeto administrar un Sistema Integrado de Fiscalización Ambiental destinado a garantizar el debido cumplimiento de las regulaciones ambientales (Cordero, 2010).

7.5.4 Tribunales Ambientales

Los Tribunales Ambientales serán organismos de carácter especializado, de integración mixta y con amplias competencias, que conocerán y resolverán los conflictos de carácter ambiental que se susciten en el futuro en nuestro país. Actualmente se encuentra en tramitación en el Congreso Nacional (Gobierno de Chile, 2010).

7.5.5 Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Actualmente, el Ministerio del Medio Ambiente se encuentra elaborando el proyecto de ley que permitirá su puesta en marcha. Sus objetivos son:

- Velar por la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, con el objeto de proteger la diversidad biológica.

- Proponer al Ministerio del Medio Ambiente la creación de áreas protegidas para que sean promovidas al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

7.5.6 Otras instituciones con competencia en el ámbito de las turberas

A continuación se enumeran las instituciones que tienen competencia en el ámbito de los ecosistemas de turberas.

- Corporación Nacional Forestal
- Ministerio de Minería
- Ministerio de Bienes Nacionales
- Servicio Agrícola y Ganadero
- Servicio Nacional de Pesca
- Dirección General de Aguas
- Dirección de Obras Hidráulicas
- Comisión Nacional de Riego
- Subsecretaría de Marina
- Subsecretaría de Pesca

7.6 SÍNTESIS DE LOS ASPECTOS NORMATIVOS E INSTITUCIONALES

Sobre la base de lo discutido en el presente estudio, es evidente que en los últimos años el reconocimiento internacional sobre la importancia de estos ambientes de turberas y la necesidad de su uso racional ha ido en aumento. En la actualidad el uso racional de estos ecosistemas es un aspecto relevante en variadas normativas, convenciones, acuerdos y reglamentaciones internacionales.

Todos los instrumentos internacionales expuestos en este capítulo se encuentran vigentes e integrados plenamente al ordenamiento jurídico nacional, si bien no se evidencia una aplicación práctica y actual de estos tratados en turberas, tampoco se descarta su uso, toda vez que constituyen compromisos asumidos por el Estado de Chile principalmente en materias medioambientales diversas, pero que tiene como denominador común la búsqueda de protección de este bien jurídico a través de distintos mecanismos. Sin duda, la iniciativa de mayor relevancia a nivel mundial en este tema es la Convención sobre los Humedales de Ramsar.

A nivel nacional, la regulación normativa de las Áreas Silvestres Protegidas es extensa, pero a la vez carece de sistematicidad y coherencia. Sólo un análisis pormenorizado de ellas permitirá establecer las bases sobre las cuales se deberá realizar la modificación e implementación de una política nacional de preservación de la biodiversidad, ello a la luz del mandato legal de la Ley N° 19.300.

En el país las actividades de aprovechamiento del recurso turba se encuentran regidas principalmente por reglas establecidas que parten desde la Constitución Política de la República, el Código de Minería, y otras normas sectoriales como son la

Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras y el Reglamento de Seguridad minero principalmente.

En el caso particular de las turberas chilenas, el desarrollo normativo e institucional ha sido escaso. Es necesario destacar que a nivel nacional el campo jurídico de las turberas se relaciona con el marco jurídico minero-extractivo como principal instrumento regulatorio, con todos sus requerimientos y procesos. Esta regulación desconoce que la turba más bien es un ecosistema independiente y autónomo, con componentes bióticos, no inertes, y reconocido como ecosistema de humedal en las normas internacionales y políticas internas y algunas normas nacionales. Esta regulación está más orientada a las actividades extractivas de las riquezas que al uso sustentable de los recursos.

El marco regulatorio actual de la turba en Chile no constituye una normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas, por el contrario, promueve la extracción de turba en desmedro de la conservación, ya que la turba al ser considerada como recurso minero se encuentra disponible a concesión. Dado lo anterior, es urgente establecer un marco regulatorio orientado hacia el uso sostenible de estos ecosistemas. Más específicamente, es importante desarrollar herramientas de manejo y guías de restauración para los productores de turba (Landry, 2010). Se destaca la reciente promulgación del Decreto 92, correspondiente al reglamento de suelos, agua y humedales. Sin embargo no se hace mención explícita a turberas.

Debe tenerse en cuenta que los convenios internacionales gozan de una jerarquía superior a la del propio Código de Minería nacional en esta materia. Existe una clara falencia a nivel nacional de regulaciones que protejan estos ecosistemas, resguarden sus componentes ambientales y su importancia estratégica en base a su valor económico, social y ecosistémico (Praus y Ríos, 2009).

Sin embargo, han existido acciones concretas por parte de organismos competentes en materia ambiental, que han desarrollado un conjunto de políticas y estrategias, amparadas en convenios internacionales suscritos por Chile, los que guardan relación tanto con la protección de la diversidad biológica, como de los humedales y ecosistemas entre los cuales se encuentran expresamente incluidos las turberas.

Por otra parte, recientemente en Chile ha comenzado a regir una nueva institucionalidad ambiental, liderada por el Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental, los Tribunales Ambientales y el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Es de esperar que este esquema fortalezca los aspectos ambientales y la conservación de los ecosistemas, otorgándole prioridad en la agenda gubernamental.

Según el estudio de Ruiz y Doberti (2005), se determinó que de la superficie de total de turberas emplazadas en la región de Magallanes, una importante proporción se encuentra dentro del SNASPE. Así, de los 2.270.126 de hectáreas calculados y catastrados de turberas en la región, una alta proporción, del orden del 65 % se encuentra en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE). Lo anterior constituye un escenario favorable para la protección y resguardo, tanto de la turba como del ecosistema de turbera.

Praus y Ríos (2009) y Hervé *et al* (2011), plantean y sintetizan algunos aspectos claves en relación a la problemática normativa de las turberas en Chile:

- Existe una notable dispersión de la normativa aplicable a la gestión de las turberas en diversos Ministerios y Servicios.
- Se requiere de un marco legal específico que considere la explotación y protección turberas de *Sphagnum*. Dicha regulación debe considerar el uso racional y conservación de las turberas y debe ser coherente con la estrategia nacional de humedales.
- Parece necesario revisar algunas leyes nacionales, con el objetivo de implementar parte de su articulado que aún no tenga aplicación plena. Entre estas leyes destaca la LBGMA y su reglamento, el DL 701 y la Ley de Bosques, entre otras.
- En materia de Convenios Internacionales, urge revisar e implementar, por sus implicancias económicas, los alcances ambientales que tengan los TLC con Canadá y EEUU, por cuanto éstos comprometen en forma directa el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable en turberas.
- Se aprecian vacíos legales que no precisan las responsabilidades institucionales en la fiscalización.
- El e-SEIA muestra una notable ausencia de proyectos relacionados con turberas en sus registros.
- La regulación de las turberas debe considerar la recuperación del sitio intervenido, durante la etapa de abandono.
- La capacidad institucional para fiscalizar y controlar es otra de las debilidades que se manifiestan. No está claro que organismos ejercen competencia en este tipo de ecosistemas. Actualmente presentan cierto nivel de competencia el SAG, CONAF, SERNAGEOMIN y SEA, sin embargo no se ejercen de manera coordinada ni coherente.
- Con todo y pese al panorama inicialmente desalentador, existen algunos instrumentos que permiten proteger parcialmente el recurso de las turberas.

Estos aspectos, son elementos que confirman que la institucionalidad y normativas nacionales no aseguran una adecuada protección de las turberas nacionales.

7.7 BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA

ADASME, CECILIA. 2008. Normativa y Aspectos Técnicos Generales de la Explotación de Turba en Chile. Departamento Ingeniería y Gestión Ambiental. Sernageomin. En: Simposio sobre Sphagnum. Puerto Montt.

BLANCO D.E., DE LA BALZE, V.M., BENZAQUÉN L., LINGUA, G. Y SCHLATTER, R.P. 2004. La conservación de los turbales y la Convención de Ramsar. En: De la Balze y Blanco. 2004. Los turbales de la Patagonia.

CMNUCC, 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. Fecha de consulta

CONAF. 2010. Sitios Ramsar - Humedales. Disponible en: <http://www.conaf.cl/parques/seccion-sitios-ramsar.html>

CONAMA. 2005. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de Humedales. http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2011. Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2004. Manual Ramsar para el uso racional de los humedales. Manual N° 14: Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 2ª Edición.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 1999. Manual Ramsar para el uso racional de los humedales. Manual N°7. Manejo de cuencas hidrográficas: Lineamientos para integrar la conservación y el uso racional de los humedales en el manejo de cuencas hidrográficas.

CONVENCIÓN DE RAMSAR. 1996. Manual Ramsar para el uso racional de los humedales. Manual N°1. Concepto de uso racional: Marco Conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas.

CORDERO, LUIS. 2010. Proyecto de Ley que rediseña la Institucionalidad Ambiental. Disponible en: http://www.cepchile.cl/dms/lang_1/doc_4518.html. Fecha de consulta: 10/03/2011

EISENDECHER, PABLO ANDRÉS. 2001. Regulación de las Áreas Silvestres Protegidas en Chile y la inclusión de las áreas privadas de conservación en la ley 19.300. Universidad Austral de Chile. Rev. Derecho (Valdivia). Dic. 2001. Vol. 12 (2): 149-167 p.

GOBIERNO DE CHILE. 2011. Nueva institucionalidad ambiental de Chile. Disponible en: <http://www.gobiernodechile.cl/especiales/conoce-la-nueva-institucionalidad-ambiental-de-chile/>

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

HERVÉ, D., MEWES, I., MARTÍNEZ, A., VICUÑA, J. y AGÜERO, T. 2011. Estudio jurisprudencial y legal del recurso turba a nivel regional, nacional e internacional. En: SEREMI Magallanes – INIA Kampenaike. Informe de Avance. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. Punta Arenas.

IPS, 2011. About IPS. <http://www.peatsociety.org/>

IMCG, 2010. About IMCG. <http://www.imcg.net/>

LANDRY, J. *et al.* 2010. Canadian peatland restoration framework: a restoration experience in Chilean peat bogs. *Peatlands International* 2/2010: 50-53.

LEY N° 20.283 sobre Recuperación del bosque nativo y Fomento Forestal. Publicada en el Diario Oficial de 30 de Julio de 2008.

MMA – CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y seguimiento ambiental. Ministerio de medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 p.

OLTREMARI, JUAN. 2008. Sistema nacional de áreas protegidas en Chile. En busca de una institucionalidad. *Rev. Agronomía y Forestal* N° 35: 9-15. Universidad Católica de Chile.

PEREIRA, NELSON. 2010. Ley de Riego y Reglamento. Comisión Nacional de Riego. Disponible en: http://www.cnr.gob.cl/opensite_20041126124214.aspx. Fecha consulta: 15/03/2011.

PÉREZ, IVAN. 2007. Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Memoria (Ingeniero Forestal). Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Santo Tomás. 93 p.

PNUMA / ORPALC. 2002. Convenio de la Diversidad Biológica. Disponible en: <http://www.pnuma.org/reccat/esp/diversidadbiologica.php>. Fecha de consulta: 10/03/2011.

PRAUS y RÍOS 2009. Informe Diagnóstico sobre la normativa Chilena en relación al uso racional y conservación de las turberas. En: SEREMI Magallanes – INIA Kampenaike. Informe de Avance Diciembre 2009.

RUIZ y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0 Informe Final. Punta Arenas.

SECRETARÍA CMNUCC, 2011. Disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/about_the_website/items/3334.php

SECRETARIAT OF THE CDB, 2011. About de Convention. Disponible en: <http://www.cbd.int/convention/about.shtml>. Fecha consulta: 2-3-2011

SOFOFA, 2010. Medio Ambiente y Constitución Política de la República de Chile. Disponible en: <http://www.sofofa.cl/ambiente/constitucionpolitica.htm>

TALA, 2008. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Comité Nacional de Humedales. Estrategia Nacional de Humedales. En: Simposio sobre Sphagnum. Puerto Montt.

CAPÍTULO VIII

VALORACIÓN DE LAS TURBERAS DE MAGALLANES

8.1 PROBLEMAS DE LA APLICACIÓN METODOLÓGICA PROPUESTA

La XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena es la más austral de las quince regiones en las que se encuentra dividido Chile. Ubicada en el extremo meridional del continente sudamericano, en la parte sur de la Patagonia, cuenta con población estimada al año 2010 de 158.657 habitantes, distribuida principalmente en la zona continental, que posee 132.033 km².

La Región de Magallanes presenta un singular valor patrimonial tanto por su unicidad como por su extensión, dado que es la región que posee mayor porcentaje de su superficie bajo protección en el país, casi siete millones de hectáreas, las cuales cubren casi el 52% de su territorio. Entre estas áreas protegidas se encuentra el Parque Nacional Torres del Paine, que por sí solo canaliza el 50% de los visitantes extranjeros que llegan a las áreas protegidas del país (SERPLAC XII e Intendencia Región XII, 2001, citados por Repetto, 2009).

Sin embargo, su condición de lejanía, aislamiento, poca accesibilidad debido a la presencia de una escasa red vial e infraestructura, no facilitan el trabajo de campo, que en el caso del estudio implicó visitar los 7 sitios, ubicados en las provincias de Magallanes, Última Esperanza y Tierra del Fuego. Debido a lo anteriormente expuesto, fue necesario incurrir en significativos esfuerzos logísticos y presupuestarios.

Por otra parte, la región se emplaza en una condición climática extrema y limitante. Su clima varía de estepario frío a tundra y hielo, con gran humedad. De hecho, las turberas presentan una condición de nieve y hielo gran parte del año, desde abril hasta septiembre aproximadamente, lo que hace dificultosa su visita. Las turberas ubicadas en las provincias de Magallanes y Última Esperanza, gracias a su cercanía y accesibilidad, presentan la mayor cantidad de información. Además, en el país existe escaso conocimiento sobre estos ecosistemas, especialmente en lo que respecta a su hidrología.

Dado lo anteriormente mencionado, las situaciones en las que no fue posible obtener información de campo, fueron complementadas con investigaciones anteriores, realizadas por otros investigadores en el mismo sector o en sectores cercanos al mismo.

Por otra parte, es necesario señalar que esta etapa del presente estudio contó con financiamiento parcial del Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, financiado por el Fondo para el Desarrollo de Magallanes, FONDEMA, del Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena. La unidad técnica del proyecto es la Seremi de Agricultura de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. El ente ejecutor es INIA – Kampenaike y su período de ejecución es 2009 - 2012.

El referido programa fue concebido y formulado durante 2008 por un equipo de trabajo encabezado por la Seremi de Agricultura Magallanes en conjunto con profesionales de Wildlife Conservation Society (WCS), Centro de Estudios del Cuaternario Fuego-Patagonia y Antártica Chile (Cequa), Universidad de Magallanes, Universidad Andrés Bello y Universidad Santo Tomás, institución en la que se desempeñaba la suscrita durante ese período. Al respecto, el equipo de investigadores de Universidad Santo Tomás fue convocado a esta iniciativa gracias a su experiencia en *Sphagnum* y turberas, basada en proyectos relacionados, tanto en Chile como en el extranjero (Canadá, Irlanda), además de la participación y/o organización de seminarios, conferencias y estudios en terreno sobre esta temática.

Debido a la gran cantidad de equipos científicos involucrados en el programa y a las dificultades para coordinar y llegar a acuerdos entre los integrantes de tan variado grupo, no siempre fue posible contar con toda la información necesaria para el presente estudio. De hecho, la caracterización hidrológica y parte de la caracterización vegetal fue recopilada de estudios previos

Cabe mencionar que, además de todos los problemas inherentes al trabajo, la coordinadora del Programa en Magallanes, Carolina Tapia, Ingeniero Agrónomo, fue víctima de un fatal accidente vehicular mientras se dirigía con el equipo de trabajo a la turbera de San Juan, en junio 2010. Ella trabajó con compromiso y convicción en la formulación, ejecución y coordinación del Programa.

8.2 CONTEXTO DE LA REGIÓN EN ESTUDIO

8.2.1 Contexto geológico y geomorfológico

Según Ruiz y Doberti (2011), en la región de Magallanes se desarrollan dos unidades morfológicas desarrolladas en franjas longitudinales: la Cordillera de los Andes (denominada Cordillera Magallánica en estas latitudes), cuya formación se asocia a periodos anteriores al Mesozoico, y la planicie o pampa fría magallánica, cuya morfología actual se asocia a la actividad fluvio-glacial ocurrida durante la glaciación del Cuaternario.

Henríquez (2004) reconoce cuatro zonas fisiográficas bien representadas en Patagonia Austral y Tierra del Fuego. En varios casos se encuentran zonas transicionales con características compartidas entre las colindantes. Las turberas de *Sphagnum magellanicum*, de interés en este estudio, se ubican en la zona denominada Región Subandina Oriental. Esta zona representa fisiográficamente una

franja de transición hacia el este de los Andes, entre la cordillera y las planicies orientales, formada por mesetas de escasa altitud, atravesada por cordones montañosos bajos de escasa altitud (inferiores a 2000 m).

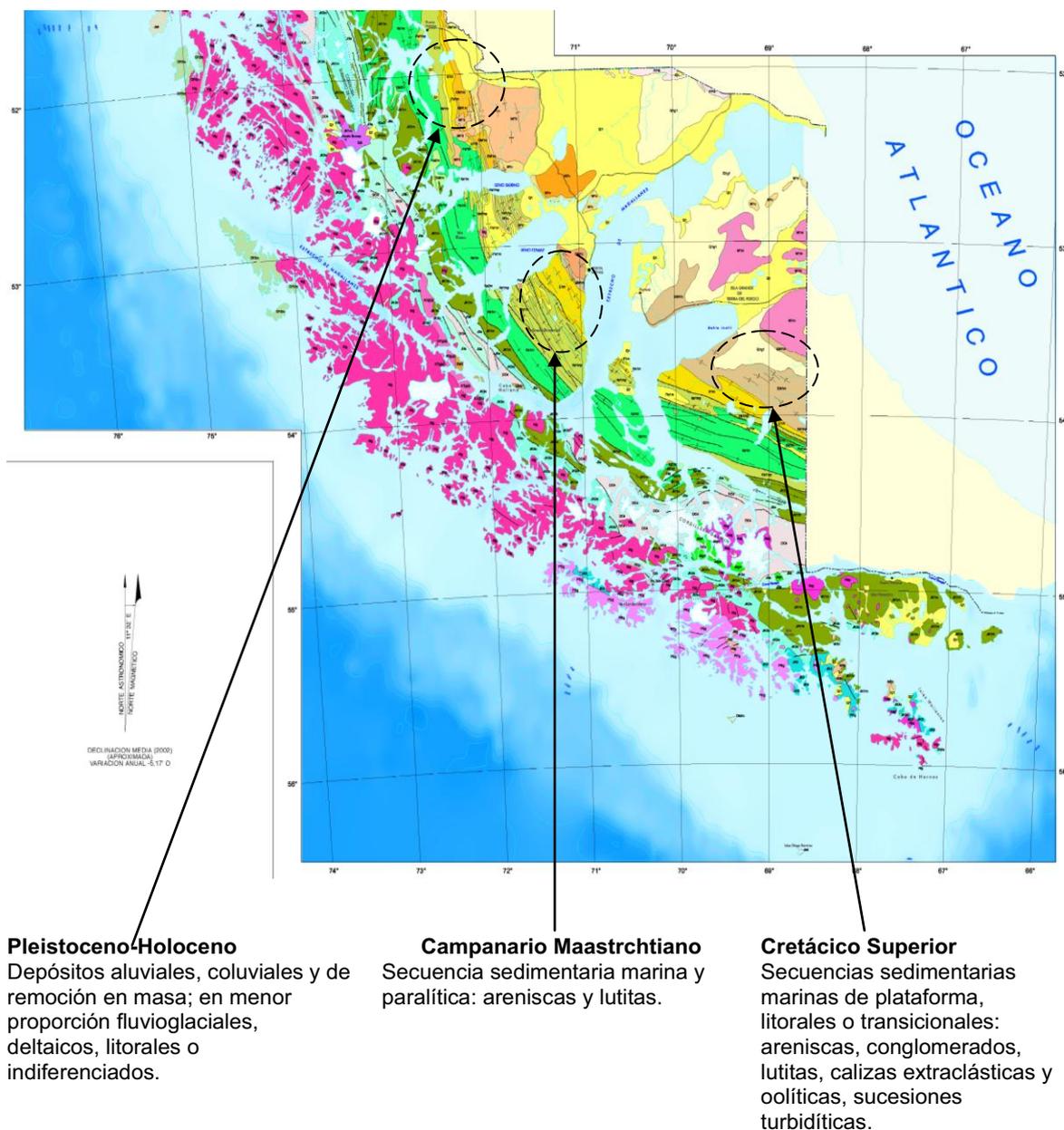
Según Ruiz y Doberti (2005), el proceso de formación de las turberas de la Patagonia Austral y Tierra del Fuego representan un fenómeno geológico reciente. Muchas están aún en vías de formación, de hecho las primeras capas de turba no tienen una edad más antigua del postglacial. En la región de Magallanes ocurrieron cuatro reavances glaciales. Durante el último máximo glacial (UMG), ocurrió el último avance de hielo, el cual finalizó hace 17.500 años Antes del Presente (AP), como lo evidencian recientes estudios en las áreas de Torres del Paine, Última Esperanza y Estrecho de Magallanes (Moreno et al. 2009; Sagredo 2008; McCulloch et al., 2005, todos citados por Aravena, 2009). Una vez que el hielo comenzó a retroceder, debido a un incremento de las temperaturas globales, el paisaje fue ocupado por grandes lagos. La tendencia de retroceso fue interrumpida por un reavance glacial pleistocénico acompañado de fenómenos postglaciales subsecuentes, los que labraron amplios valles y depositación de sedimentos que formaron planicies de variada extensión. Este proceso finalizó alrededor de los 12.800 años AP (Aravena, 2009).

Geológicamente, las turberas estudiadas se ubican en distintas formaciones geológicas. Maynard, Plinius y Rubens se encuentran sobre formaciones del Pleistoceno – Holoceno, principalmente depósitos aluviales y en menor proporción sobre depósitos fluvioglaciales. En tanto la turbera San Juan y Andinos se encuentran sobre depósitos de secuencias sedimentarias marinas y paralíticas de la formación del Cretácico Campaniano- Maastrichtiano. Por último las turberas de Tierra del Fuego, Vicuña y Cameron se encuentran en una formación del Cretácico Superior sobre secuencias sedimentarias marinas de plataforma, litorales o transicionales (ver figura N° 8.1).

Debido a la subducción de las placas de Nazca y Antártica, esta zona presenta una abundancia de volcanes, los cuales presentaron gran actividad durante el Holoceno (Kleinebecker, 2007). Según Kilian (2003), el monte Burney, ubicado en la península Muñoz Gamero, tuvo cuatro pequeñas y dos grandes erupciones volcánicas durante el Holoceno que, según los análisis de radiocarbono practicados, originaron estratos de tefra (ceniza volcánica) en turberas que en algunos casos superan los 9 mil años. También se registran estratos de tefra producto de las erupciones de los volcanes Reclus, Hudson y Aguilera. Auer (1933, 1950, 1958, 1974), citado por Heusser (1989) identificó cuatro estratos de tefra, las cuales designó, comenzando con la más antigua, Tefras O, I, II y III.

Algunas de estas depresiones o concavidades del sustrato carecían de efluentes que permitieran la evacuación de las aguas recibidas, por lo que fueron retenidas, formando lagunas, corrientemente de escasa profundidad. Otras, en cambio, se desaguaban parcialmente por escurrimiento. Estas diferencias se manifestaron en una diversificación básica en el proceso de origen y desarrollo de la vegetación, lo que se puede reconocer al presente por medio del análisis de los estratos más profundos de las turberas (Ruiz y Doberti, 2005).

Figura N°8.1. Formaciones geológicas de las turberas en estudio.



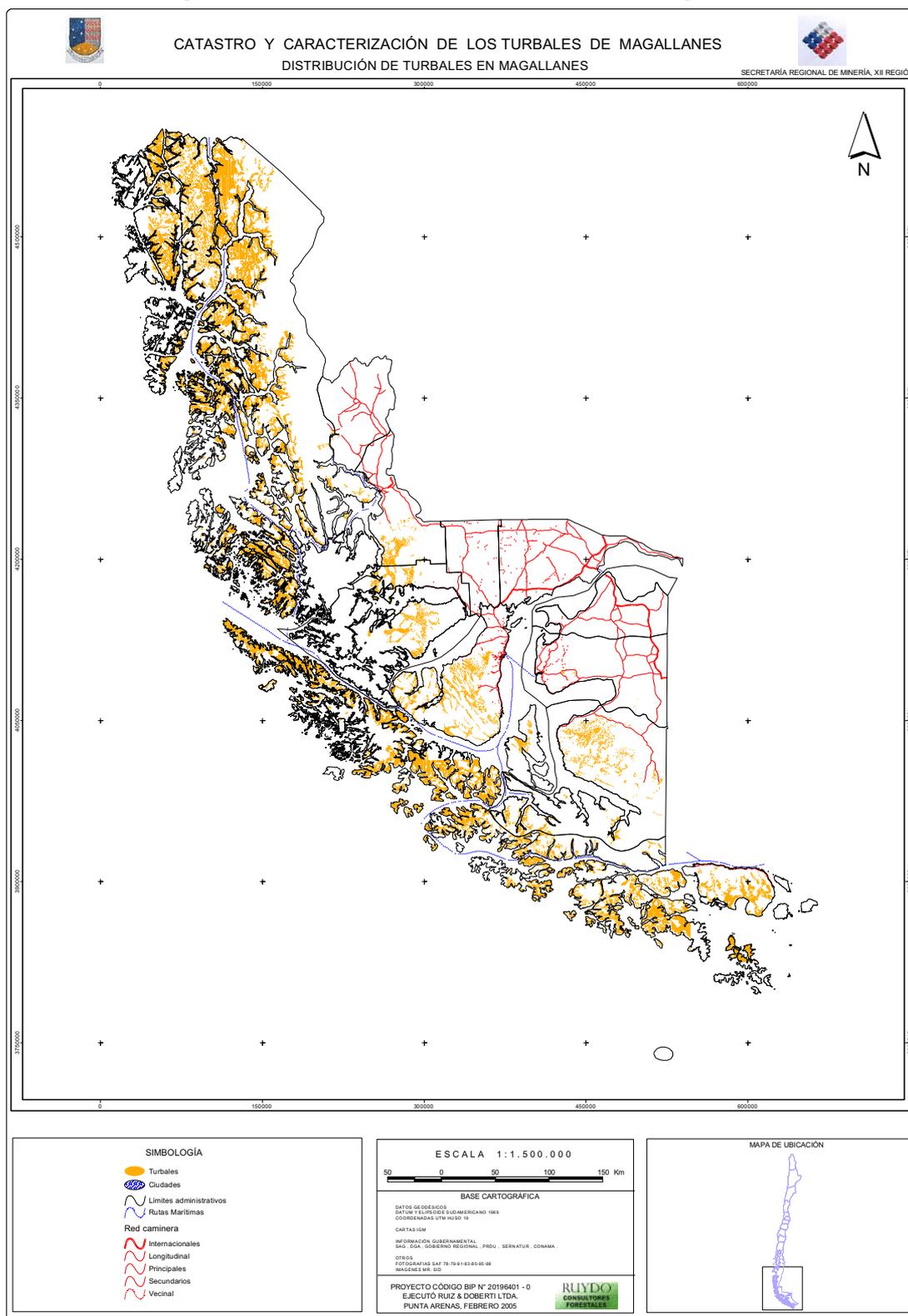
Fuente: Adaptado de SERNAGEOMIN, 2003.

Durante el proceso de deglaciación, la vegetación probablemente comenzó a colonizar la región desde el sector oriental. A partir de esta condición los ambientes de la región de Magallanes han estado en un proceso de recolonización de ambientes previamente glaciados, lo que se refleja en el amplio predominio que las formaciones de turberas tienen en la vegetación de esta región (Aravena, 2009).

Así, cuando la cantidad de agua perdida por escurrimiento y evapotranspiración era inferior al volumen recibido, se estableció una cubierta herbácea de plantas higrófilas, formada principalmente por ciperáceas, juncáceas y otras de pantanos ácidos. Cuando la intensidad de acumulación de restos vegetales superó a la de la actividad de los procesos de descomposición biológica, comenzó a formarse un tipo de turba especial, conocida como ciperoídea, por descomposición de los restos vegetales, la cual se efectuaba bajo la superficie del agua, en condiciones de acidez y carencia de oxígeno, aunque con cierta cantidad de elementos minerales en disolución. Tales condiciones detenían la actividad bacteriana y el proceso de putrefacción y descomposición biológica, por lo que las estructuras formadas por ellos se mantienen permanentemente inalteradas, pudiendo ser reconocidas hasta el presente (Ruiz y Doberti, 2005).

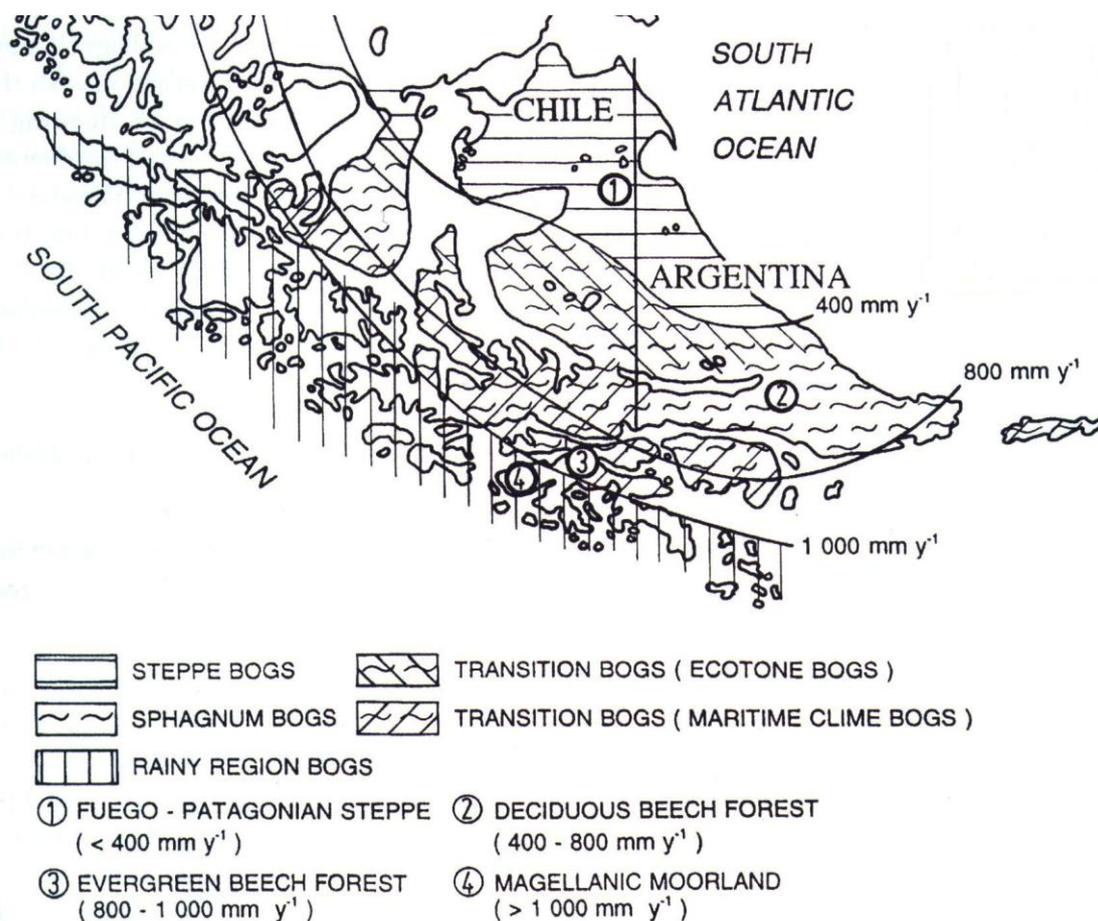
En varios casos la composición botánica de estas turberas se estabilizó, principalmente como respuesta a cambios climáticos que se tradujeron en variaciones en la suma de precipitaciones u otros fenómenos que afectaron la profundidad de la napa freática. En otros, como en las turberas de lugares que reciben una precipitación anual comprendida entre aproximadamente 600 a 1200 mm., los musgos no esfagnosos y las hepáticas fueron paulatinamente eliminadas, por competencia interespecífica, tal como plantas vasculares o superiores, creando en la superficie del turbal condiciones de alta iluminación perjudicando su desarrollo y posibilitando el establecimiento de musgos esfagnosos heliófitos. En Magallanes la especie que se estableció fue *Sphagnum magellanicum* Brid., que también forma muchos turberas o secciones de ellos en el hemisferio norte, Australia oriental y sur de África (Ruiz y Doberti, 2005).

Figura N° 8.2. Distribución de las turberas en Magallanes



Fuente: Ruiz y Doberti, 2005

Figura N° 8.3. Distribución de Turberas y Pluviometría en el Archipiélago Fueguino.



Fuente: Lappalainen, 1996.

8.2.1.1 Turberas Maynard, Plinius y Renoval en el Sector de Rio Rubens-Rio Tranquilo

El área de Última Esperanza, sector en el que se encuentran ubicadas las turberas de esta sección, fue ocupada durante el Último Máximo Glacial por un gran lóbulo glacial de piedemonte originado en la Cordillera de los Andes, que descendió a través de fiordos, por más de 120 km desde sus cabeceras, ocupando todas las zonas bajas entre los 51°25' y 52°15' de latitud sur (Sagredo, 2008, citado por Aravena, 2009). El UMG en el sector de Última Esperanza se caracteriza por la presencia de al menos dos grandes avances glaciares. El último de ellos habría terminado antes de 17.500 años AP. Después de los 12.800 años AP el hielo continuó su retroceso, experimentando una fase de estabilización que dio origen a una terraza lacustre asociada a un lago proglacial que habría inundado el área, hasta una cota máxima de 150 msnm. Este lago se habría estabilizado en torno a los 30 msnm antes de 10300 años AP, para finalmente drenar hacia el océano Pacífico, una vez que el paso Kirke estuvo libre de hielo. Ya en torno a los 11.500 AP, cuando los glaciares habían retrocedido hasta sus cabeceras en los fiordos o alta montaña, se aprecia un gran

cambio en la estructura de la vegetación, produciéndose una importante expansión de taxa de bosques (Bosque Magallánico, *Nothofagus*), como consecuencia del aumento en las temperaturas. La vegetación de bosque comienza su expansión con fluctuaciones a partir de 13000 años AP. A partir de 7.000 años AP, el bosque alcanza su mayor cobertura y se mantiene hasta tiempos históricos (Aravena, 2009).

8.2.1.2 Turbera Punta Arenas, camino al Andino.

Esta turbera se ubica contigua al Estrecho de Magallanes, y por lo tanto su contexto geomorfológico está fuertemente influenciado por la historia glacial de esta área geográfica. El registro de Punta Arenas muestra dos fases claramente distinguibles. En la porción más antigua (entre 15.000 y 8.000 años AP) la vegetación fue dominada por elementos herbáceos de *Poaceae*, *Asteraceae* y *Empetrum rubrum* (aunque esta especie se mantiene presente durante los últimos 17.000 años), *Plantago*, *Gunnera* y *Apiaceae*. Los elementos de bosque aunque presentes se encuentran en bajas proporciones y probablemente reflejan una vegetación de parque o bien matorrales. A partir de los 7.500 años AP, disminuyen los elementos herbáceos y aumentan el bosque de *Nothofagus*, que llega a ser la vegetación dominante hasta siglos recientes (Aravena, 2009).

8.2.1.3 Turbera Grazzia-San Juan.

Para esta turbera el registro paleo-ambiental más cercano corresponde al sitio Puerto del Hambre (53°36'S, 70°55'O) ubicado a menos de un km al norte (Heusser, 1995; McCulloch and Davies, 2000). Se trata de un pantano ubicado entre dos crestas rocosas orientadas al sur-este, a 6,3 msnm, y a menos de 100 m de la línea de costa. El registro abarca los últimos 18000 años, y muestra el desarrollo de una vegetación dominada por elementos herbáceos (*Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Gunnera*, *Plantago*, *Apiaceae*, *Asteraceae*) y arbustivos (*Empetrum rubrum* y *Adesmia*). Esta vegetación del tipo estepa arbustiva se mantiene hasta los 11.500 años AP. En este momento, y siguiendo un aumento de las temperaturas, el bosque de *Nothofagus* y *Drimys winteri* (canelo) comienza un incremento sostenido y progresivo llegando a una máxima cobertura alrededor de los 5.000 años AP. Los elementos arbustivos y herbáceos muestran una clara disminución durante esta etapa. Por un lapso de 1000 años, la cobertura del bosque disminuyó, dando paso a una vegetación de carácter abierta dominada por *Empetrum rubrum*, *Poaceae*, *Gunnera* y *Asteraceae*. Durante los últimos 3000 años, el bosque aumenta su cobertura, pero aun comparte el paisaje con elementos de condición abierta como *Empetrum* (Aravena, 2009).

8.2.2 Contexto climático

El clima del extremo sur de Sudamérica está caracterizado por la permanente influencia de los vientos del oeste y un fuerte gradiente de precipitación en dirección oeste – este. Este gradiente es resultado de la presencia de la Cordillera de los Andes que genera un efecto de “sombra de lluvias”. La ausencia de grandes masas continentales a estas latitudes produce que los vientos se desplacen a grandes velocidades. Las precipitaciones en la costa del Pacífico pueden llegar hasta los 7000 mm anuales, mientras que en las pendientes orientales de los Andes decaen abruptamente a los 350 mm (Aravena y Villa, 2011).

Según el Instituto de la Patagonia (2010), resulta adecuado aplicar a la región de Magallanes la clasificación de Köppen de 1948, la cual ha definido cinco grupos climáticos importantes y diferentes.

- Clima Templado Frío con Gran Humedad (Cfk’c)
- Clima de Tundra Isotérmico (Etik’c)
- Clima de Hielo por Efecto de Altura (EFH)
- Clima Transandino con Degeneración Esteparia (Dfk’c)
- Clima de Estepa Frío (BSk’c) (ver Figura N° 8.3).

De los climas mencionados, no existe un límite bien definido que diferencie uno del otro, de manera que existen zona de transición entre estos dando origen a un sin número de microclimas intermedios, resultando una gran variedad de ellos a partir de la clasificación de Köppen. Un ejemplo claro lo constituye el sector de la ciudad de Punta Arenas, ubicada en un área de transición entre los tipos: Clima Transandino con Degeneración Esteparia y el Clima de Estepa Frío (Instituto de la Patagonia, 2010).

Las turberas de Sphagnum, correspondientes a los sitios seleccionados para el estudio, se distribuyen en tres grupos: Clima de Estepa Frío (turberas Maynard, Plinius y Rubens), Templado Frío con Gran Humedad (turbera San Juan) y Clima Transandino con Degeneración Esteparia (turberas Andino, Cameron y Vicuña) (Henríquez, 2004).

8.2.2.1 Clima de Estepa Frío

Este se caracteriza por presentar una amplitud térmica más acentuada y una pluviometría relativamente baja. Los montos anuales de esta última pueden alcanzar a los 400 mm/año en su límite occidental, mientras que hacia el interior, con dirección este y norte, estos no superan los 200 mm/año. En áreas del interior las temperaturas medias de los meses de invierno no superan los 0°C y las extremas pueden alcanzar entre los -25°C a los -30°C. En verano también pueden registrarse temperaturas extremas de hasta -11°C y durante el día esta puede ser de 30°C (Instituto de la Patagonia, 2010).

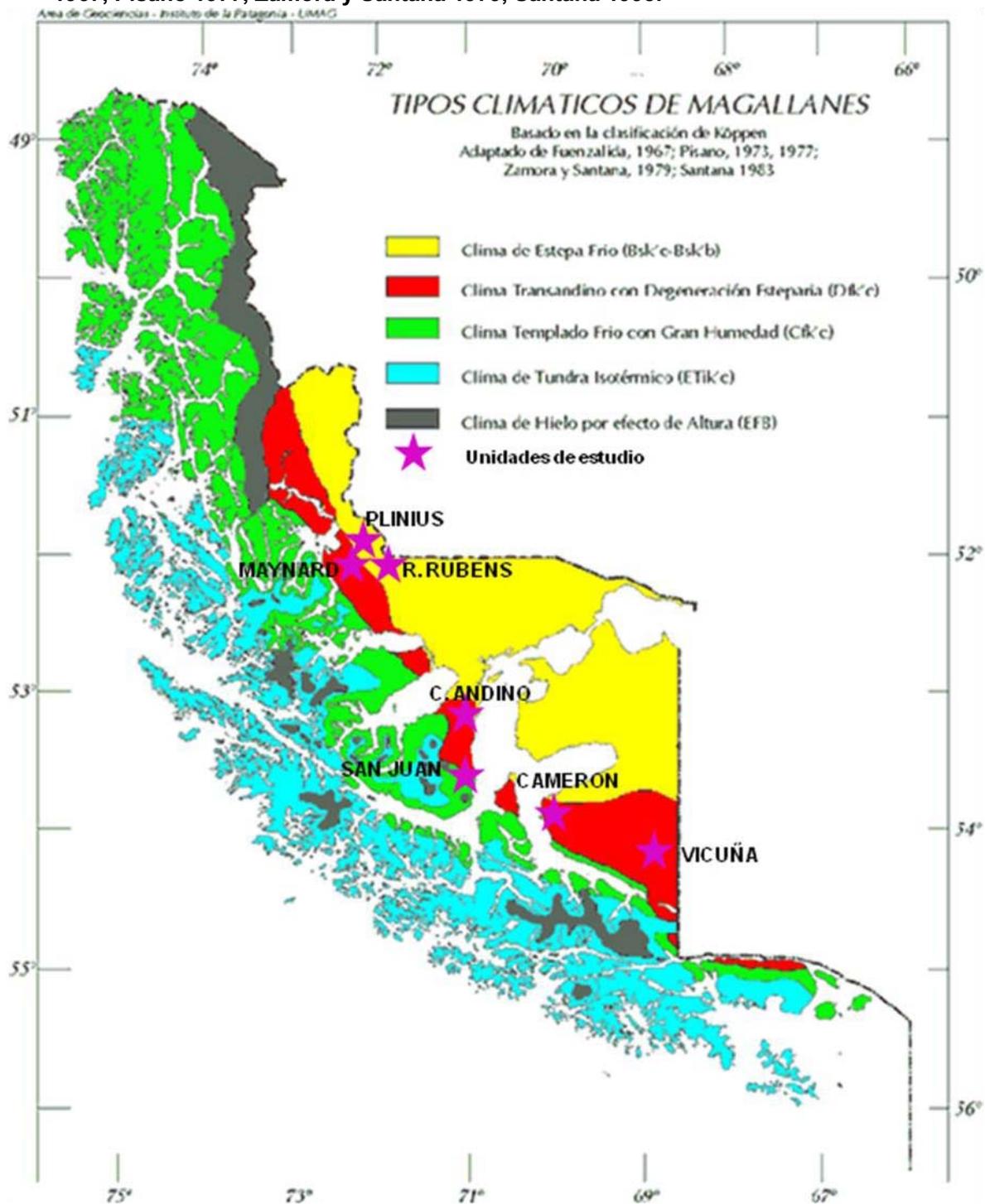
8.2.2.2 Clima Templado Frío con Gran Humedad

El Clima Templado Frío con Gran Humedad se desarrolla en la vertiente occidental y sudoccidental de Magallanes y se caracteriza por presentar abundantes precipitaciones, las que fluctúan entre los 700 y 2.000 mm anuales, homogéneamente distribuidas durante el año, y una cobertura nubosa permanentemente cerrada. La temperatura media anual es cercana a los 5°C, mientras que la media invernal no desciende bajo el punto de congelación, permitiendo el desarrollo de bosques perennifolios pluviales. Este clima domina sobre un sector comprendido entre los 48°30' S y los 51° 00' S aproximadamente. En los 51°00', este tipo climático se va introduciendo al interior de la zona archipelágica, dejando paso, en el litoral, al clima de Tundra Isotérmico (Instituto de la Patagonia, 2010; Henriquez, 2004).

8.2.2.3 Clima Transandino con Degeneración Esteparia

Se encuentra en la región trasandina oriental de los Andes y en forma casi paralela a las regiones climáticas mencionadas. Este tipo corresponde a una forma transicional de los climas extremadamente lluviosos y oceánicos de la costa occidental, antepuestos con las características desérticas estepáricas del sector oriental. Su principal característica es la reducción de las precipitaciones entre los 1000 mm/año y los 500 mm/año, disminuyendo rápidamente en dirección este y noreste. Presenta distribución estacional de precipitaciones uniforme, superiores a las de la estepa lo que favorece el establecimiento de bosques deciduos en invierno. El promedio de temperatura del mes más frío fluctúa entre los 3°C y los -1°C, mientras que la amplitud térmica crece en la medida que la distancia al mar es mayor. La estación de San Isidro, que representa este tipo climático, muestra una precipitación de 877 mm/año y una temperatura media anual de 5,9°C, con promedios mensuales entre los 2,7°C y los 9.0°C. Una apreciable parte de la precipitación invernal cae en forma de nieve.

Figura N° 8.4. Distribución de las unidades de estudio seleccionadas según los grupos climáticos de la Región de Magallanes, basados en Köppen 1948, Fuenzalida 1967, Pisano 1977, Zamora y Santana 1979, Santana 1993.



Fuente: Adaptado de Instituto de la Patagonia, 2010

8.2.3 Contexto edáfico

Los procesos de formación de los suelos del área de estudio han sido fuertemente afectados por las restricciones debidas a los cambios climáticos, la cordillera de los Andes y los efectos de las glaciaciones y postglaciaciones en términos de erosión y sedimentación (Kleinebecker, 2007). Las condiciones climáticas extremadamente frías y húmedas, han favorecido en particular la formación de suelos del tipo histosoles, es decir turberas de *Sphagnum*, los cuales han iniciado su formación a partir de pozones y lagunas, principalmente en las zonas climáticas descritas anteriormente. Este proceso culmina con la formación de suelos higromórficos, profundos, ombrofiticos, con alta acidez, formados por distintos grados de humificación de *Sphagnum magellanicum*, lo que les da una gran capacidad de retención de agua. Son extremadamente deficientes en elementos minerales. Presentan una topografía llana a convexa, con una compleja microtopografía, constituida por cojines, planicies, depresiones y lagunas. Presentan un escaso desarrollo de especies vasculares (Henríquez, 2004). Según Kleinebecker (2007), en el área forestada predominan los suelos del tipo gley-podsoles.

En cuanto a los suelos de Tierra del Fuego, estos son azonales, es decir jóvenes y poco evolucionados, compuestos por productos detríticos continentales, marinos y volcánicos que han logrado depositarse sobre roca desnuda. Estos productos han conformando una estructura de rocas poco resistentes y que producto de estilos tectónicos diferentes han dado origen a un paisaje fuertemente contrastado entre topografías elevadas y deprimidas, sobre las cuales el hielo y los sistemas fluviales han estructurado valles amplios y estrechos. Esta evolución geológica y las oscilaciones climáticas más recientes, han determinado la existencia de una delgada cubierta de suelos, los que sustentan bosques y estepas, en alternantes ciclos de avance y retroceso (Forestal Trillium 1997, citado por Repetto, 2009).

Más específicamente, Sáez (1995), citado por Ruiz y Doberti (2011), clasifica a los suelos correspondientes a las turberas de San Juan, Cameron y Vicuña Karukinka del tipo Podsoles, los cuales se caracterizan por presentar un proceso de podsolización con un horizonte gris claro entre los 7 – 15 cm y otro pardo amarillento rojizo en profundidad, son suelos ácidos a muy ácidos (pH menor a 5,5). En el caso de las turberas de Andino, Maynard, Rubens y Plinius los suelos son del tipo Pardo Podsolicos, los cuales ocupan una posición intermedia entre los suelos de praderas ácidos de la zona húmeda y los suelos podzoles

8.3 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO

Este estudio permitió caracterizar, en distintos grados de detalle, de acuerdo a las limitaciones descritas en el capítulo 8.1, las 7 unidades de estudio, constituidas por turberas de *Sphagnum*. En la figura 8.4 se presenta la distribución de las unidades de estudio seleccionadas según el grupo climático al que corresponde.

En el cuadro N° 8.1 se resumen las principales características de las 7 unidades de estudio, mientras que en el cuadro N° 8.2 se presentan las turberas estudiadas respecto de su cuenca y subcuenca definidas por la DGA (Ruiz y Doberti,

2011). En la figura N° 8.5 se presenta la ubicación geográfica de las turberas en estudio

Cuadro N° 8.1. Descripción de las unidades de estudio

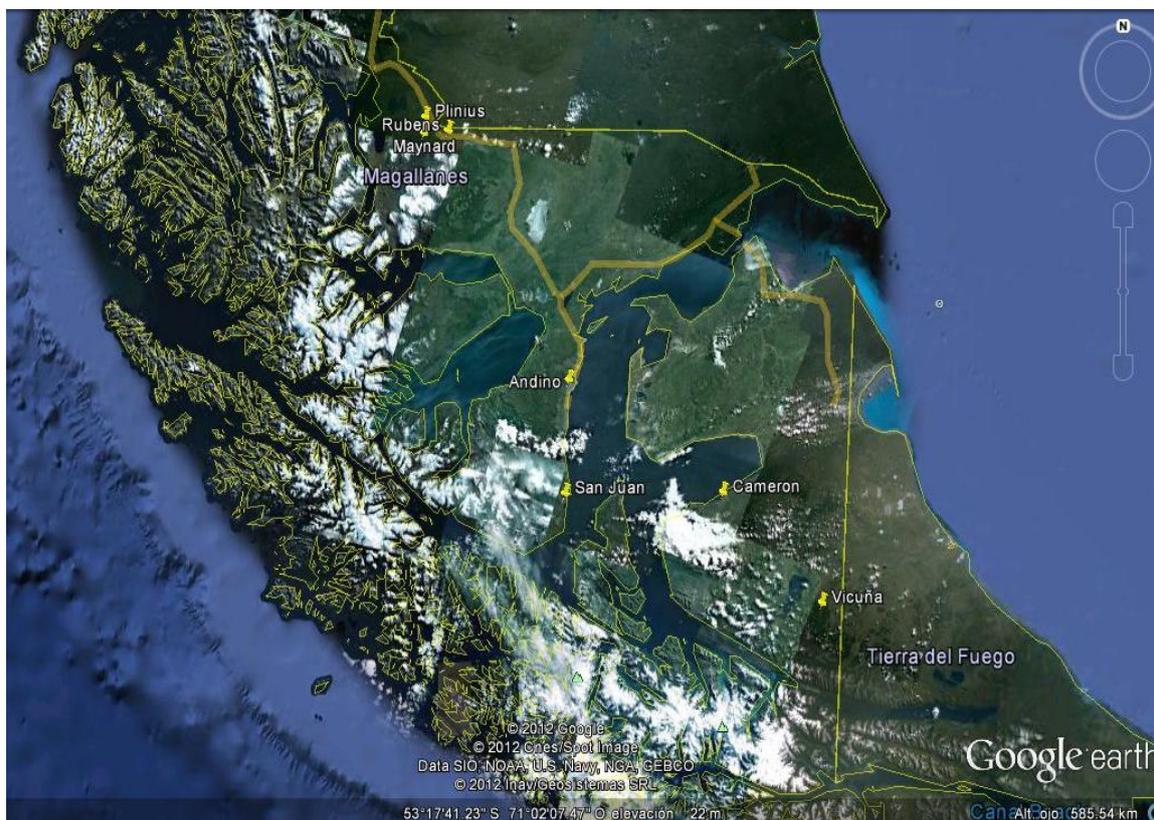
Nombre turbera	Clasificación	Provincia	Superficie (ha)	Altitud (msnm)	Clima
Grazzia San Juan	En intervención	Magallanes	750	15	Templado Frio con Gran Humedad
Plinius	En intervención	Última Esperanza	60	132	Transandino con Degeneración Esteparia
Cameron	En intervención	Tierra del Fuego	80	138	Templado Frio con Gran Humedad
Andino	Abandonadas	Magallanes	3,5	85	Transandino con Degeneración Esteparia
Rubens	Abandonadas	Última Esperanza	15	180	Estepa Frio
Maynard	Turberas naturales sin intervención	Última Esperanza	300	137	Transandino con Degeneración Esteparia
Parque Karukinka Estancia Vicuña	Turberas naturales sin intervención	Tierra del Fuego	300	226	Transandino con Degeneración Esteparia

Cuadro N° 8.2. Emplazamiento de las turberas respecto de su cuenca y subcuenca

Nombre turbera	Clasificación	Provincia	Cuenca	Subcuenca
Grazzia San Juan	En intervención	Magallanes	Costeras Laguna Blanca – Estrecho de Magallanes	Costeras e Islas Orientales de la P Brunswick
Plinius	En intervención	Última Esperanza	Costeras e Islas entre río Hollemberg, Golfo Almirante Montt y Laguna Blanca	Costeras del Golfo Alm. Montt y Fiordo Obstrucción
Cameron	En intervención	Tierra del Fuego	Tierra del Fuego	Costeras Bahía Inútil
Andino	Abandonadas	Magallanes	Costeras entre laguna Blanca, Seno Otway, Canal Jerónimo y Magallanes	Río Las Minas
Rubens	Abandonadas	Última Esperanza	Vertiente del Atlántico	Río Rubens
Maynard	Turberas naturales sin intervención	Última Esperanza	Costeras e Islas entre río Hollemberg, Golfo Almirante Montt y Laguna Blanca	Costeras del Golfo Alm. Montt y Fiordo Obstrucción
Parque Karukinka Estancia Vicuña	Turberas naturales sin intervención	Tierra del Fuego	Tierra del Fuego	Afluentes Río Grande y Cuencas Cerradas

Fuente: Adaptado de Ayala *et al* 2003.

Figura N° 8.5. Imagen satelital de las turberas en estudio



8.3.1 Turbera Grazzia San Juan

Ubicación En el sector del Río San Juan, 63 km al sur de Punta Arenas. Provincia de Magallanes.

Longitud: 70° 58' 29,3'' W

Latitud: 53° 39' 28,4'' S

Altitud 15 msnm

Clasificación Turbera en intervención

Descripción Turbera de gran extensión, con elevación central notoria (del tipo Raised Bog) de forma convexa. La zona de explotación se sitúa en la parte baja (entre 5-12 msnm). Sector natural sin intervenir adyacente, con gran número de pozas, lo que es un buen indicador frente a las posibilidades de restauración. La profundidad máxima de la turba en los sectores no cosechados alcanza los 3,13 m (ver estratigrafía).

Propietario La concesión minera le corresponde a la empresa Patagonia Peat, perteneciente a la familia Sone. Administra la explotación el Sr. Miguel Barros.

Superficie 750 ha totales. Superficie en explotación: 100 ha, divididas en sectores según período de cosecha.

Características climáticas

Clima Templado Frío con Gran Humedad
Precipitación 630 mm
Evapotranspiración 300 mm
Temperatura media anual 5,9°C

Características de la explotación

La turbera es explotada hace 10 años. Las zanjas presentan entre 1,3 y 1,5 m de profundidad y un ancho de 11 m. Están distanciadas entre ellas por 10 m. La extracción de la turba se efectúa con excavadora que produce bloques de 0,60 x 0,40 x 0,30 m. Los bloques son apilados en la superficie, entre cada zanja, para su secado. La profundidad de cosecha es hasta 1,20 cm. Los primeros 30 cm, son desechados, acumulándolos en el fondo de las zanjas. El sistema de drenaje es inapropiado, pues ha provocado el aplanamiento de la profundidad y la contaminación el agua drenada con ácidos orgánicos.

Volumen de producción de turba

40.000 m³ de turba/año, una máquina hace 140 m³/día

Principales especies vegetales: (esto se detalla en el Cap. X)

Sphagnum magellanicum, *Empetrum rubrum*, ñirre, lenga, líquenes, *Tetronciummagellanicum*, *Drosera uniflora*, *Carex sp.*, *Marsippospermum grandiflorum*.

Figura N° 8.6. Imagen satelital de la turbera San Juan



Fotografía N°8.1. Turbera San Juan. Sector sin intervenir



Fuente: Vaccarezza, 2010

Fotografía N°8.2. Turbera San Juan. Sector en explotación.



Fuente: Vaccarezza, 2010

8.3.2 Turbera camino al Cerro Andino

Ubicación Avda. Presidente Ibáñez, sin número, en dirección al Club Andino. Punta Arenas. Provincia de Magallanes.

Longitud: 70° 56' 59,9" W.

Latitud: 53° 09' 02,9" S

Altitud 85 msnm

Clasificación Turbera intervenida y abandonada.

Descripción Turbera explotada hace 15 años y abandonada. Posee un sector explotado y otro no explotado, en el que predominan renovales de ñirre, con otras especies asociadas. Posee un drenaje poco activo. Es atravesada por el camino que va al Club Andino. El sector al otro lado del camino ha sido rellenado para proyectos inmobiliarios. La profundidad de la turba en los sectores no cosechados es de 2,7 m.

Figura N° 8.7. Imagen satelital de Turbera Andino



Propietario Pequeño agricultor que habita en el terreno limítrofe.

Superficie 3,5 ha

Características climáticas Clima Transandino con Degeneración Esteparia
Precipitación 501 mm
Evapotranspiración 300 mm
Temperatura media anual 6,3°C

Características de la explotación

La explotación comenzó hace 20 años. Posteriormente fue explotada por la empresa Patagonia Peat. La empresa señaló que abandonaron su cosecha debido a la baja calidad de la turba extraída. Luego ha sido intervenida por pequeños propietarios en forma irregular. Cuenta con zanjas de 10 m. de ancho. La distancia entre zanjas es de 18 a 20 m. En la parte central de la zanja fue acumulado el material de desecho. La profundidad de turba cosechada es de 0,8 m. La intervención de este turbal no presenta las condiciones apropiadas de drenaje y manejo del recurso, produciendo remanentes que inevitablemente se están secando.

Especies vegetales

La zona explotada está siendo colonizada por especies pratenses, gramineas. La zona no explotada (pero si afectada por el drenaje) esta transformada en un renoval de ñirre, con presencia de chaura, gramíneas, trébol, nalca enana, que denotan un cambio aparente en la transformación de una turbera hacia la formación de bosque, y los cambios en el ciclo de nutrientes que esto con lleva.

Fotografía N° 8.3: Turbera Andino, con colonización de gramíneas sobre superficie explotada



Fuente: Vaccarezza, 2010

8.3.3 Turbera Plinius

Ubicación Camino Río Tranquilo. Ruta N° 9 Km. 194. A pocos kilómetros se encuentra una planta de GASCO. Provincia de Última Esperanza.

Longitud: 72° 06' 50,30" W

Latitud: 51° 58' 16,07" S

Altitud 132 msnm

Clasificación Turbera en intervención

Descripción Turbera cuyos orígenes corresponden a la formación de turberas llanas (fens), en depresiones en las que se acumuló agua de depósitos lacustres postglaciales y morrenas. Se depositaron en algunos lugares lodos arcillosos y arenosos, ricos en minerales. Al disminuir la cantidad de nutrientes, el proceso derivó hacia la formación de turberas altas de Sphagnum (raised bogs). Posee una capa de Sphagnum activo profunda (30 a 50 cm) con hebras visibles de musgo. En la microtopografía se ven bastantes cojines, muy ondulada la superficie. La profundidad máxima de la turba alcanza a 3 m.

Propietario: La concesión corresponde a Carlos Wignant y Fernando Pérez, empresa Turba Magallánica Ltda.

Superficie: 60 ha.

Características climáticas Clima Estepa frío
Precipitación 480 mm
Evapotranspiración 300 mm
Temperatura media invernal 5,3°C. Amplia oscilación térmica.

Características de la explotación

Hace 20 años se hicieron los drenes y se cosechó. Luego sufrió un incendio, 16 años atrás, que quemó la superficie de la turbera y ardió durante 6 meses. La cosecha es superficial, las hebras de musgos las sacan con horqueta y la muelen. Sólo extraen y aprovechan la capa superficial, es decir los primeros 30 cm. (Sphagnum activo). Posee zanjas de 6 a 7 m. de ancho, poco profundas (profundidad de 50 cm). La distancia entre zanjas es

de 1,5 a 2 m. La extracción se realiza con horqueta y rotovator. Alcanzan una producción de 800 sacos por día con una cuadrilla de 5 personas.

Especies vegetales *Empetrum rubrum*, *Sphagnum magellanicum*, ñirre, lenga, líquenes, *Tetroncium magellanicum*, chaura rastrera.

Figura N° 8.8. Imagen satelital de la turbera Plinius



Fotografía N°8.4: Turbera Plinius.



Fuente: Vaccarezza, 2009

8.3.4 Turbera Río Rubens

Ubicación	Ruta N° 9 Norte, 183 km al norte de Punta Arenas. Cerca de Hostería Río Rubens. Provincia de Última Esperanza
	Longitud: 71° 55' 49,41" W Latitud: 52° 02' 04,35" S
	Altitud 180 msnm
Clasificación	Turbera intervenida y abandonada
Descripción	Turbera poco profunda con capas alternas de suelo orgánico y turba. Corresponde a una zona de transición entre bosque de lenga y ñirre y pradera. Presenta una capa arcillosa poco profunda, alcanzando en algunos sectores incluso una profundidad de 50 cm (llamada tefra). El espesor máximo de turba en los sectores no cosechados es de 2,2 m. Sin embargo, la turba de Sphagnum sólo alcanza 1,1 m. Este turbal, dadas sus características de composición y escasa profundidad del yacimiento, no debió haber sido explotado.
Propietario	Propiedad privada. Pertenece a un pequeño agricultor de la zona.
Superficie	15 ha.
Características climáticas	Clima de Estepa Frío Precipitación 501 mm Evapotranspiración 300 mm Temperatura media invernal 5,3°C. Amplia oscilación térmica.

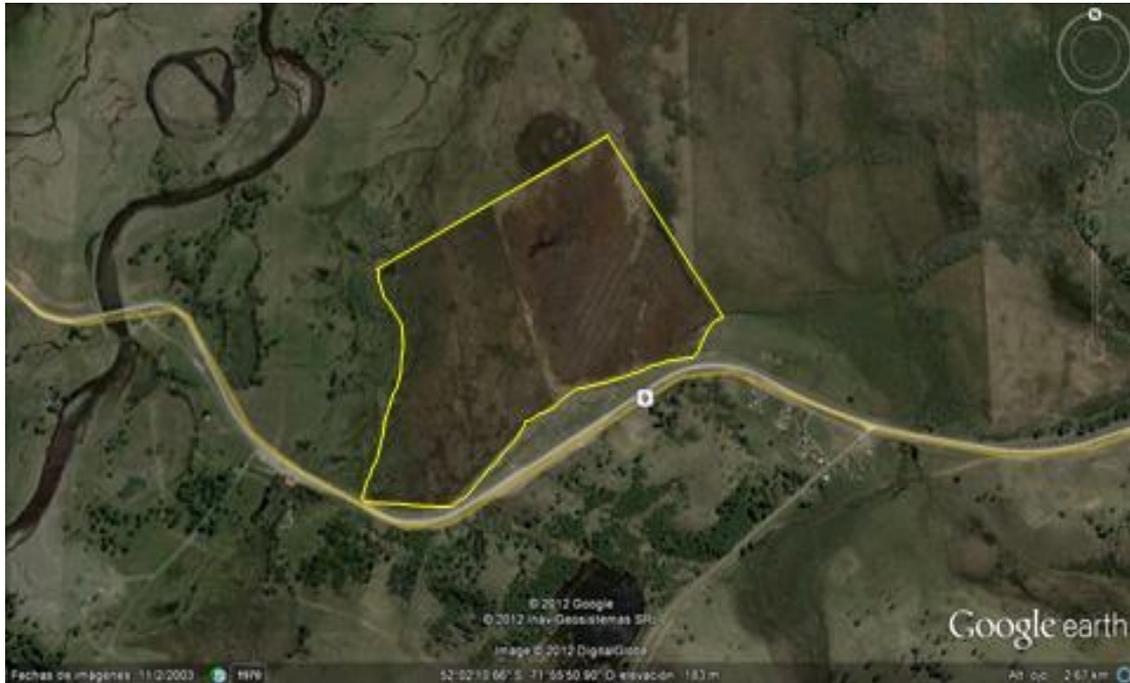
Características de la explotación

Turbera explotada hace 15 años por Carlos Wignant. Posteriormente fue explotada por la empresa Patagonia Peat. La extracción de turba se realizó con excavadora, obteniéndose bloques de turba de 0,6 x 0,4 x 0,3 m. La turbera fue abandonada debido a la baja calidad de la turba extraída. Se construyeron zanjas de 6 a 7 m. de ancho, distanciadas 20 m. una de otra. En la parte central de la zanja acumularon el material de desecho y la primera capa viva. La profundidad de cosecha no superó los 60 cm.

Especies vegetales:

Empetrum rubrum, *Sphagnum magellanicum*, *Holcus lanatus* (pasto miel), ñirre, lenga, *rumex crispus* (romaza), chaura rastrera.

Figura N° 8.9. Imagen satelital de la turbera Rubens



Fotografía N°8.5. Turbera Rubens



Fuente: Vaccarezza, 2009

8.3.5 Turbera Maynard

Ubicación Ruta N° 9 Norte, Km. 194. Acceso por camino hacia Rio Tranquilo o por camino hacia Estancia Berta. Provincia de Última Esperanza.

Longitud 72° 7' 27,89" W
Latitud 52° 0' 0,99" S

Altitud 137 msnm

Clasificación Turbera natural sin intervención

Descripción Turbera alta de gran extensión, con vegetación regular, sin grandes variaciones, con cordones de bosque de Lengua que la circundan y dividen en distintas zonas. Presencia de gran cantidad de lagunas.

Propietario Propiedad privada. Pertenece a la familia Busolich.

Figura N° 8.10. Imagen satelital de la turbera Maynard



Superficie 300 ha aprox.

Características climáticas Clima Estepa frío
Precipitación 600 mm
Evapotranspiración 300 mm
Temperatura media anual 4,7°C.

Historia de explotación No registra explotación, pero si concesión de exploración.

Especies vegetales *Empetrum rubrum*, *Sphagnum magellanicum*, ñirre, lenga.

Fotografía N° 8.6. Turbera Maynard.

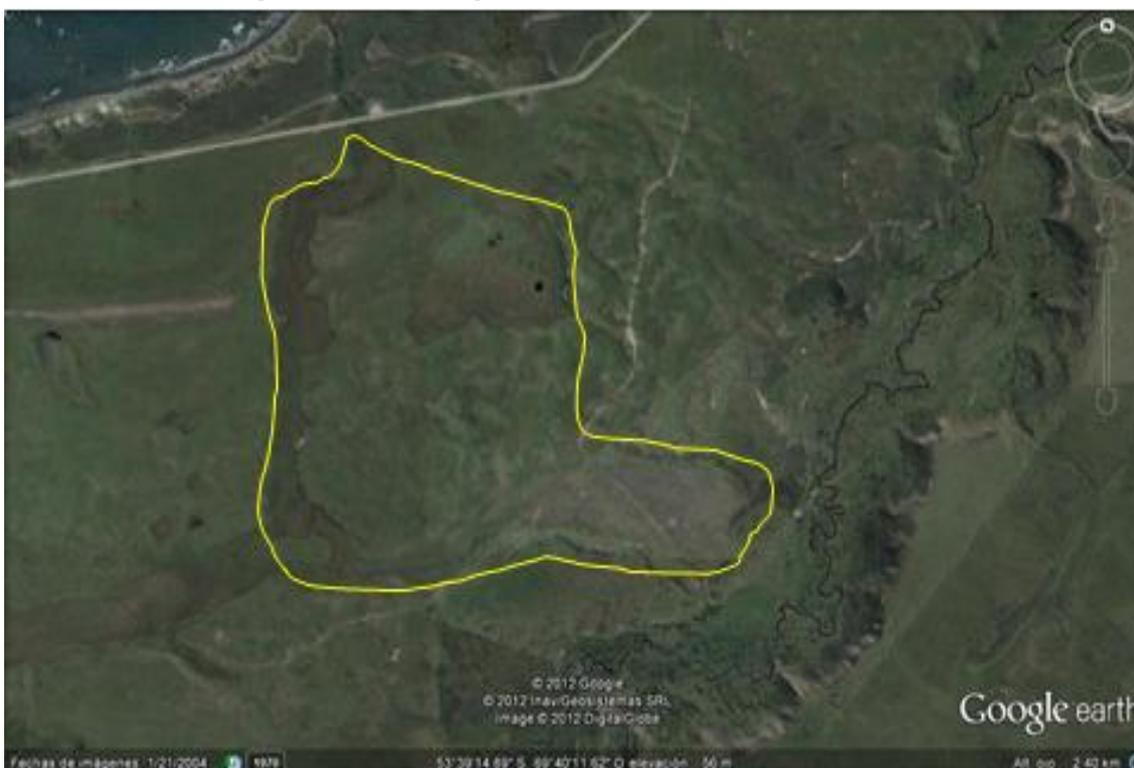


Fuente: Vaccarezza, 2010

8.3.6 Turbera Cameron, Tierra del Fuego

Ubicación	Cercana al poblado de Cameron. Comuna de Timaukel, Provincia de Tierra del Fuego. Longitud 69° 38' 52" W Latitud 53° 38' 16" S Altitud 138 msnm
Clasificación	Turbera en actual intervención.
Descripción	Turbera alta en la que predominan cojines de <i>Sphagnum magellanicum</i> , del tipo pomponal. En sus orígenes se formó como turbera minerotrófica llana (fen), posteriormente evolucionó hacia una turbera ombrotrófica, formando colchones. El espesor máximo de la turba es de 3,43 m.
Propietario	Propiedad privada. Pertenece a la empresa Turba Tierra del Fuego S.A.
Superficie	80 ha aprox.
Características climáticas	Clima Templado Frío con Gran Humedad Precipitación 630 mm Evapotranspiración 300 mm Temperatura media anual 5,9°C
Historia de explotación	Extracción artesanal, de carácter manual.

Figura N° 8.11. Imagen satelital de la turbera Cameron



8.3.7 Turbera Estancia Vicuña, Parque Karukinka

Ubicación

Estancia Vicuña, Parque Karukinka. Comuna de Timaukel, Provincia de Tierra del Fuego. Se ubica al sur de la isla, donde se protege las mayores y mejor conservadas extensiones de bosque subantártico existentes en el mundo a esta latitud. El parque es cruzado N-S por la ruta Y-85 (Camino Estancia Vicuña-Yendegaia), único camino público que alcanza la porción sur de Tierra del Fuego. Este camino conecta la Estancia Vicuña (54° 8' 19" S, 68° 42' 17" W), donde se ubica una guardería de WCS, con la porción sur de la Isla Grande, alcanzando el Lago Deseado, Valle del Río Sánchez y Lago Fagnano, en el lado argentino, entre otros (ver figura N° 8.5) (Repetto, 2009).

Longitud 68° 48' 68" W

Latitud 54° 10' 02" S

Altitud 226 msnm

Clasificación

Turbera natural sin intervención.

Descripción	Turbera fueguina ombrotrofica de <i>Sphagnum magellanicum</i> . Forma parte de Parque Karukinka, el cual cuenta con casi 300.000 ha de extensión. Protege uno de los territorios más australes y prístinos del mundo, y que debido a la diversidad de ecosistemas y paisajes, flora y fauna de alto valor patrimonial y belleza escénica sumados a la baja densidad de población, constituye un atractivo de gran valor para visitantes de la Patagonia (WCS-Chile 2007).
Propietario	Área de protección de propiedad privada. Corresponde al Parque Karukinka, propiedad de la Wildlife Conservation Society (WCS).
Superficie	300 ha (aprox.)
Características climáticas	Clima Transandino con Degeneración Esteparia Precipitación 501 mm Evapotranspiración 300 mm Temperatura media anual 6,3°C
Historia de explotación:	no registra explotación
Especies vegetales:	<i>Sphagnum magellanicum</i> , con zonas de <i>Marsippospermum grandiflorum</i> , <i>Empetrum rubrum</i> , <i>Nothofagus antarctica</i> , <i>Nothofagus pumilio</i> , <i>Pernettya pumila</i> .

Figura N° 8.12. Imagen satelital de la turbera Vicuña

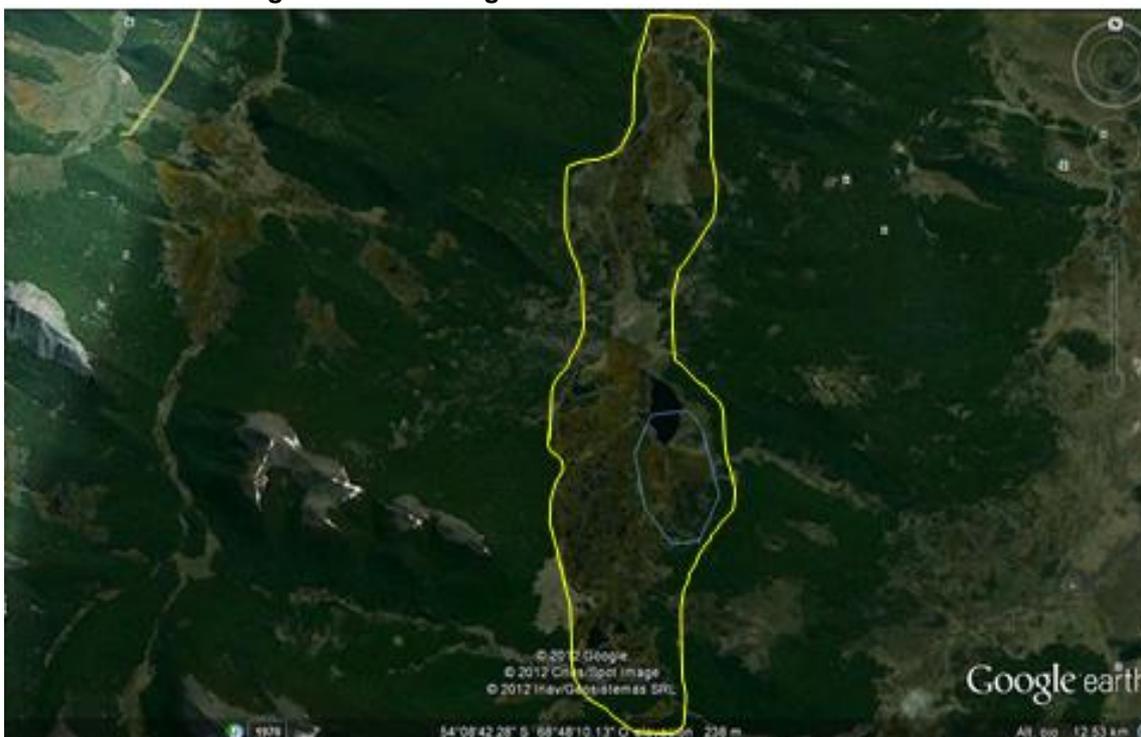


Figura N°8.13. Mapa del Parque Karukinka. Se destaca el sector de la turbera de Vicuña



Fuente: WCS Chile, 2011.

Fotografía N° 8.7. Parque Karukinka. Sector Estancia Vicuña



Fuente: Saavedra, 2010

Fotografía N° 8.8. Turbera en las cercanías del sector Estancia Vicuña



Fuente: Saavedra, 2010

8.4 Caracterización de la vegetación

En el caso específico de las turberas de Magallanes existen algunas descripciones de flora y vegetación tales como el trabajo pionero de Pisano (1977), el cual ha dado paso a contribuciones más recientes de Henríquez (2004), Roig y Roig (2004), Ruiz y Doberti (2005) y Kleinebecke (2007).

Según Kleinebecke (2007), los tipos vegetacionales de la zona de estudios están claramente definidos por las zonas climáticas. De oeste a este existe una zonación claramente marcada desde las turberas de manto (blanket bogs) de la costa, los bosques siempreverde lluviosos, los bosques caducifolios, las turberas altas (raised bogs) y la seca estepa patagónica (Figura 8.12). A lo largo de este pronunciado gradiente longitudinal de vegetación de turberas ombrotáficas, existen importantes cambios en la composición florística.

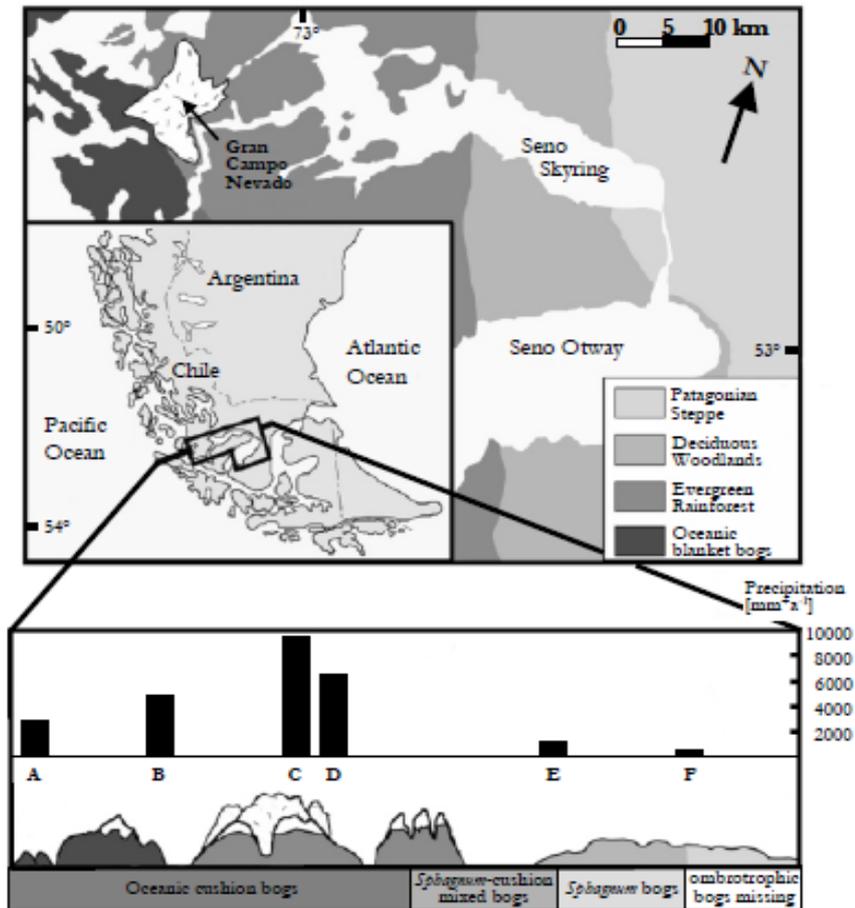
Mientras que las turberas de manto cercanas al Océano Pacífico están formadas por plantas vasculares en cojín, tales como *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*, a medida que se avanza hacia el este, esta vegetación va transformándose en turberas altas dominadas por *Sphagnum magellanicum*, las que existen sólo en condiciones climáticas más continentales. En esta transición, coexisten variados ecotonos y mosaicos con diferentes composiciones.

Kleinebecke, en 2007, estudió el sector indicado en la Figura N° 8.14 y determinó que la variación de la vegetación está altamente correlacionada con la continentalidad (cercanía o lejanía del Océano Pacífico) y el nivel del agua. La riqueza de especies de las turberas aumenta al acercarse al Océano Pacífico, mientras que la profundidad de la turba disminuye.

Su estudio permitió diferenciar 9 tipos vegetacionales de turberas, desde la vertiente este de la Cordillera de los Andes hacia el Océano Pacífico:

1. Depresiones (hollows) con *Sphagnum cuspidatum* en la parte continental. Otras especies presentes: *Carex magellanica*, *Tetroncium magellanica*. El nivel del agua se encuentra en la superficie y *Sphagnum* está escasamente descompuesto. Profundidad de la turba 1 m.
2. Carpeta húmeda de *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs). Esta comunidad se encuentra en la parte continental. Presenta una densa carpeta roja de *S. magellanicum*, con el nivel del agua muy cercano a la superficie y rodeada de depresiones (hollows). Presencia de pocas plantas, principalmente gramíneas.
3. Carpeta seca de *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs). En esta comunidad el nivel del agua está 30 cm. por debajo de la superficie. Acá prevalecen, además de la densa carpeta roja de *S. magellanicum*, arbustos enanos, en particular *Empetrum rubrum* y algunas hepáticas.
4. Cojines de *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs). La presencia de cojines indica una pérdida de vigor y dominio de *S. magellanicum*. En este grupo la especie dominante es *Empetrum rubrum* y también es relevante *Marsippospermum grandiflorum*. El nivel de agua está bajo los 40 cm.
5. Mezcla de plantas en cojín con *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs). A medida que se avanza hacia el Océano Pacífico, comienzan a aparecer plantas vasculares en cojín, intercaladas con *Sphagnum magellanicum*. Entre ellas la conífera enana *Lepidothamnus fonkii*. El nivel de agua está bajo los 10 cm.
6. Plantas en cojín sin *Sphagnum magellanicum* (turberas llanas o blanket bogs). En las turberas cercanas al Océano Pacífico, *S. magellanicum* está totalmente ausente, y los cojines están dominados por *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*. El nivel de agua está próximo a la superficie.
7. Plantas en cojín en laderas y quebradas (blanket bogs), entre los canales patagónicos. Dominan *Astelia*, *Donatia*, *Carpha alpina*, *Gaimardia australis*, *Schoenus antarcticus*, entre otras.
8. *Schoenus antarcticus* (blanket bogs). Este tipo está constituido por especies gramíneas. Existe una bien desarrollada capa de pasto y hepáticas.
9. *Empetrum rubrum* entre cojines (blanket bogs). Este grupo presenta dominio de *E. rubrum* junto con *Marsippospermum grandiflorum*, en turberas sitios más bien secos (Kleinebecke, 2007).

Figura N° 8.14. Precipitación, distribución de los tipos vegetacionales y principales turberas ombrotáficas. Precipitación según Pisano (1977), donde A: Islas Evangelistas, B: Bahía Felix, C: Gran Campo (paso), D: Gran Campo (cabaña), E: Estancia Skyring, F: Punta Arenas



Fuente: Kleinbecke, 2007.

Al parecer, la presencia de *Sphagnum* en las turberas está altamente relacionada con la precipitación. En los sectores cercanos al Océano Pacífico, con clima templado frío con gran humedad y clima de tundra, se alcanzan precipitaciones sobre los 2.000 mm, las especies dominantes de esas turberas son *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*. En contraste, las turberas altas dominadas por *Sphagnum magellanicum* ocurren en regiones con rangos de precipitación entre 600 y 1200 mm (Kleinebecke, 2007).

Por otra parte, Pisano (1977), citado por Henríquez (2004), propone una clasificación más amplia y general que abarca toda la Región de Magallanes, compuesta por 3 grupos vegetacionales:

1. Asociación de *Sphagnum magellanicum*.

Se ubica en un rango de precipitaciones entre 600 y 1.500 mm. Se distribuye entre el paralelo 52° hasta Isla Navarino, tanto cercana a la costa como en áreas submontanas. El musgo es el dominante absoluto del estrato basal. Reconoce sólo una asociación la cual divide en dos sub-asociaciones:

Empetrum rubrum -*Sphagnum magellanicum* y *Pilgerodendron uvifera* -*Sphagnum magellanicum*. Diversas especies se asocian con distintos porcentajes de abundancia dependiendo de la precipitación y el drenaje. En las áreas más húmedas se asocian con *Berberis ilicifolia*, *Drimys winterii*, *Empetrum rubrum* (2,3), *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus betuloides*, *Acaena pumila*, *Caltha appendiculata*, *Caltha dionifolia*, *Carpha alpina*, *Carex microglochin*, *Drosera uniflora*, *Gaimardia australis*, *Gunnera magellanica*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Myrteola nummularia*, *Nanodea muscosa*, *Oreobolus obtusangulus*, *Gaultheria pumila*, *Rostkovia magellanica*, *Schoenus antarcticus*, *Tapeina pumila* y *Tetroncium magellanicum*.

En los sitios más secos las especies más abundantes son *Berberis buxifolia*, *Chilotrichum diffusum*, *Empetrum rubrum*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus antártica*, *Azorella monantha*, *Bolax gummifera*, *Caltha appendiculata*, *Carex banksii*, *Carex canescens*, *Carex magellanica*, *Gunnera magellanica*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Phleum commutatum*, *Rostkovia magellanica*, *Schizeilema ranunculus* y *Tetroncium magellanicum*.

2. Asociación *Marsippospermetum grandiflorii*

Es de aspecto herbáceo de consistencia dura, pero su estrato basal está dominado por *Sphagnum magellanicum* y hepáticas. En áreas con precipitaciones más elevadas *Sphagnum* es reemplazada por otras especies. Ocupa preferentemente sitios planos costeros, aunque se extiende hasta territorios premontanos. En los sectores bajos *Marsippospermum* se asocia con *Carpha alpina*, *Cortaderia pilosa*, *Festuca contracta*, *Festuca subantarctica*, *Rostkovia magellanica* y *Schoenus andinus*.

En los sitios más elevados se asocia con *Berberis buxifolia*, *Berberis ilicifolia*, *Chilotrichum diffusum*, *Empetrum rubrum*, y *Nothofagus antártica*.

Además reconoce una asociación con expresión leñosa: todas aquellas en las que los árboles o arbustos adquieren importancia como integrantes del estrato superior, mientras el basal mantiene dominancia de *Sphagnum magellanicum*.

3. Asociación de *Pilgerodendretum uviferae*

Comunidad arbórea de escasa altura y densidad. Puede ser considerada una etapa posterior a *Sphagnum magellanicum*. Las precipitaciones oscilan entre 1.200 a 1.600 mm anuales. Generalmente se distribuyen alrededor de cordones rocosos o elevaciones topográficas. Se asocian diversos árboles y arbustos aislados. Las especies más frecuentes son *Berberis buxifolia*, *Berberis ilicifolia*, *Chilotrimum diffusum*, *Desfontainia spinosa*, *Drimys winteri*, *Embothrium coccineum*, *Empetrum rubrum*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus Antarctica*, *Nothofagus betuloides* y *Philesia magellanica*. En el estrato basal se asocian con *Marsippospermum grandiflorum*, *Schoenus antarcticus*, *Carex magellanicum*, *Rostkovia magellanica*, *Juncus scheuchzerioides* y *Tetroncium magellanicum*.

En cuanto a la vegetación presente en el sector de Tierra del Fuego, Saavedra (2006) señala que *Nothofagus pumilio* (lenga) domina los bosques de la zona, alcanzando incluso alturas de más de 25 m. También se desarrolla ecotipos más achaparrados en suelos de menor profundidad. Cuando el suelo es muy delgado o existe mal drenaje la lenga desaparece a favor de *Nothofagus betuloides* (coigüe de Magallanes) y *Nothofagus antartica* (ñirre), principalmente cercano a turberas. También se observa la asociación de coigüe de Magallanes y ñirre en sectores de alta pendiente (55%) y elevación aproximada de 330 m.

Según Henríquez (2011), las turberas de *Sphagnum* ocupan mayoritariamente los valles bajo los 250 msnm. Son de amplia distribución en la región, asociadas siempre a malos drenajes.

Baumann (2006) realizó un relevo de vegetación en turberas ombrogénicas en el sector argentino de Tierra del Fuego, en el Valle de Andorra, cercano al Lago Deseado. Las especies más encontradas fueron *Sphagnum magellanicum* y *Sphagnum falcatulum*. Este último se encuentra en los sectores de mayor humedad y lagunas. Las otras especies presentes fueron *Empetrum rubrum*, *Nothofagus antarctica*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Pernettya pumila*, and *Carex magellanica*, *Nanodea muscosa*, *Tetroncium magellanicum*, *Rostkovia magellanica*, *Carex curta*, *Poa pratensis*.

El cuadro N° 8.3 presenta la composición florística de las unidades de estudio, obtenida en base a las investigaciones realizadas en estos sitios por Henríquez, 2004; Henríquez, 2011; Ruiz y Doberti, 2005 y Vaccarezza, 2010.

Cuadro N° 8.3. Composición florística de las unidades de estudio

Especie	Localidad						
	Magallanes		Última Esperanza			Tierra del Fuego	
	San Juan	Andinos	Plinius	Rubens	Maynard	Cameron	Vicuña
<i>Anthoxanthum redolens</i>		x				x	
<i>Acaena magellanica</i>	x			s/i			
<i>Acaena pumila</i>					x	x	x
<i>Acaena tenera</i>							x
<i>Astelia pumila</i>	x						
<i>Azorela monantha</i>	x				x		
<i>Baccharis patagonica</i>							
<i>Bolax gummifera</i>		x					
<i>Caltha appendiculata</i>	x	x	x		x	x	x
<i>Caltha dionifolia</i>		x					
<i>Caltha sagittata</i>							x
<i>Carpha alpina</i>	x		x			x	x
<i>Carex curta</i>							x
<i>Carex gayana</i>							x
<i>Carex magellanica</i>	x					x	
<i>Carex microglochin</i>	x					x	x
<i>Chilliotricum diffusum</i>	x				x		
<i>Cladonia sp.</i>	x		x		x	x	x
<i>Donatia fascicularis</i>							
<i>Drapetes muscosus</i>		x					
<i>Drosera uniflora</i>	x				x	x	x
<i>Drimys winterii</i>	x						
<i>Eleocharis alibracteata</i>							
<i>Empetrum rubrum</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Festuca gracillima</i>			x		x	x	
<i>Gaimardia australis</i>							
<i>Gaultheria antarctica</i>					x		
<i>Gaultheria pumila</i>	x					x	x
<i>Gaultheria mucronata</i>	x		x	x	x	x	
<i>Gunnera magellanica</i>	x			x		x	
<i>Holcus lanatus</i>				x			
<i>Juncus scheuchzerioides</i>	x					x	x
<i>Lepidothamus fonkii</i>			x		x		
<i>Marsippospermum grandiflorum</i>	x	x	x		x	x	x
<i>Myrteola nummularia</i>	x						
<i>Nanodea muscosa</i>	x	x				x	x
<i>Nothofagus antarctica</i>	x		x	x		x	x
<i>Nothofagus pumilio</i>				x			
<i>Nothofagus betuloides</i>	x				x	x	x
<i>Oreobolus obtusangulus</i>					x		
<i>Perezia lactucooides</i>		x					
<i>Pilgerodendron uvifera</i>					x		
<i>Polystrichum alpestre</i>		x			x	x	
<i>Pseudocypellaria sp</i>		x	x				
<i>Rostkovia magellanica</i>	x	x				x	x
<i>Rumex crispus</i>				x			
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	x						
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	x				x		
<i>Sphagnum magellanicum</i>	x	x	x		x	x	x
<i>Tapeinia pumila</i>							
<i>Taraxacum officinalis</i>					x		
<i>Tetroncium magellanicum</i>	x				x	x	x
<i>Trisetum tomentosum</i>							x

Fuente: Elaborado en base a las investigaciones realizadas en los sitios en estudio por Henríquez, 2004; Henríquez, 2011; Ruiz y Doberti, 2005; Vaccarezza 2010.

8.4.1 Análisis vegetacional y florístico

Todas las unidades estudiadas corresponden a la clasificación de turberas *Sphagnum magellanicum*, según Kleinebecke (2008) y Pisano (1977). La especie dominante es el musgo *Sphagnum magellanicum*, que se presenta en forma de grandes cojines, formando un paisaje plano con microrelieves. En las turberas naturales sin intervención se presentan pozas de agua y el nivel de agua superficial.

Asociadas a la especie dominante, las especies con mayor presencia en los sitios de estudio son *Empetrum rubrum*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Caltha appendiculata*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus antártica*, y *Tetroncium magellanicum*. Los sitios con mayor número de especies fueron San Juan, Maynard, Cameron y Vicuña.

Se identificó un total de 55 especies en las 7 turberas estudiadas (Cuadro N°8.2). El número total de especies se distribuye entre briófitos, líquenes, pteridofitas, gimnospermas, angiospermas-dicotiledóneas y angiospermas-monocotiledóneas, distribuidos en 42 géneros y 29 familias. Los géneros con mayor número de especies presentes son *Carex* (4), *Gaultheria* (3), *Caltha* (3), *Nothofagus* (3) y *Sphagnum* (3). Las familias mejor representadas son Cyperaceae (8), Poaceae (4), Asteraceae (3), Ericaceae (3), Rosaceae (3), Ranunculaceae (3), Juncaceae (3), Fagaceae (3) y Sphagnaceae (3). Las turberas estudiadas no presentan alta riqueza florística, pues sólo algunas especies las que pueden adaptarse y sobrevivir en tan extremas condiciones.

El espectro biológico de las formas de vida de la flora vascular documentada está predominantemente dominado por el estrato herbáceo y graminoide (70%) en desmedro de las leñosas, lo cual evidencia la adaptación de la flora a la rigurosidad climática. Según Ruiz y Doberti (2005), la mayor presencia de especies herbáceas denota la mayor adaptación a climas fríos. En cuanto a las especies arbustivas, se presentan 6 géneros: *Empetrum* (mayor presencia), *Gaultheria*, *Myrteola*, *Chilliostrichum*, *Llepidothamus* y *Baccharis*. Las especies arbóreas presentes son 4 y corresponden a *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus betuloides*, *Drimys winterii* y *Pilgerodendron uviferum*.

La presencia de especies introducidas es casi inexistente en las comunidades de turba muestreadas pues sólo dos turberas presentaron especies: Andinos y Maynard. Las especies fueron: *Taraxacum officinale* y *Holcus lanatus*.

Las turberas estudiadas presentan alta similitud florística, sin embargo puede mencionarse que las turberas prístinas Maynard, Vicuña y San Juan (en intervención), poseen mayor afinidad.

Ninguna de las especies presentes en el área de estudio presenta problemas de conservación documentada (Benoit, 1989).

Según Díaz *et al* (2008), las condiciones extremas que caracterizan a las turberas hacen que la riqueza de especies sea baja comparada con los ecosistemas adyacentes, generalmente boscosos y relativamente más diversos, incluso entre ecosistemas de turbera, las turberas de *Sphagnum* son consideradas más pobres en

riqueza de especies fanerógamas y criptógamas que las turberas de *Donatia*. Sin embargo, muchas de las especies que habitan en estos ecosistemas están especializadas para vivir en ambientes que generalmente son adversos para otras especies vegetales (Van Breemen 1995, citado por Díaz *et al*, 2008), como lo son la acidez, anoxia, bajo contenido de nutrientes y bajas temperaturas.

Cabe mencionar que el Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, proyecto que apoya este estudio, aún se encuentra en desarrollo y realiza actualmente un informe más detallado sobre la caracterización florística, el cual será complementado con datos fotográficos y herbarios.

8.5 Reconocimiento de las características hidrológicas

Debido a la importancia de los procesos hidrológicos en el desarrollo y sustentabilidad de este tipo de ecosistemas, en el Hemisferio Norte, varios investigadores han estudiado en profundidad la hidrología de las turberas. A pesar de esto, no existen estudios detallados sobre la hidrología de las turberas de la región de Magallanes. Algunos autores, entre ellos, Iturraspe y Roig (2000), Baumann (2006) han estudiado la hidrología de algunas turberas de Tierra del Fuego, en Argentina.

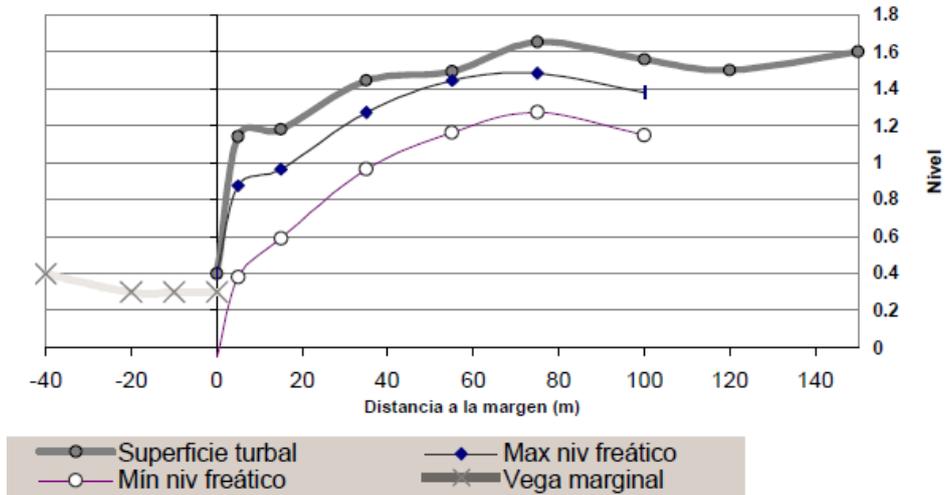
El Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, ejecutado por INIA Kampenaike, que apoya este estudio, está actualmente en el proceso de toma de datos y desarrollo de la investigación sobre la hidrología de las turberas seleccionadas. Por esta razón, a continuación se describen dos investigaciones realizadas en turberas de Tierra del Fuego, Argentina, a modo de complemento.

Iturraspe y Roig (2000), estudiaron la dinámica hídrica en turbales de *Sphagnum Magellanicum* del tipo ombrotáfico en Tierra del Fuego. En particular, analizaron la capacidad de regulación hídrica de estas unidades, desde el punto de vista de la intercepción de precipitación y del régimen de escurrimiento. Para la comprensión de estos aspectos, es clave conocer en profundidad la capacidad de retención de humedad en turberas de *Sphagnum* y las funciones del horizonte activo superior o acrotelmo y las del estrato inferior o catotelmo, tratadas en el capítulo I.

Con el objeto de analizar la variabilidad del nivel freático en áreas de borde, se seleccionó una turbera con dominancia de *Sphagnum magellanicum*, de tipo elevada, próxima a la costa Sur del Lago Fagnano (S 54° 37'07", W 67°46'24", 137 msnm). Desde el sector marginal hacia su interior, se colocaron 9 piezómetros y se realizaron mediciones periódicas entre octubre 1999 y Marzo de 2000. Además se determinaron registros de temperatura y precipitación in situ (Iturraspe y Roig, 2000).

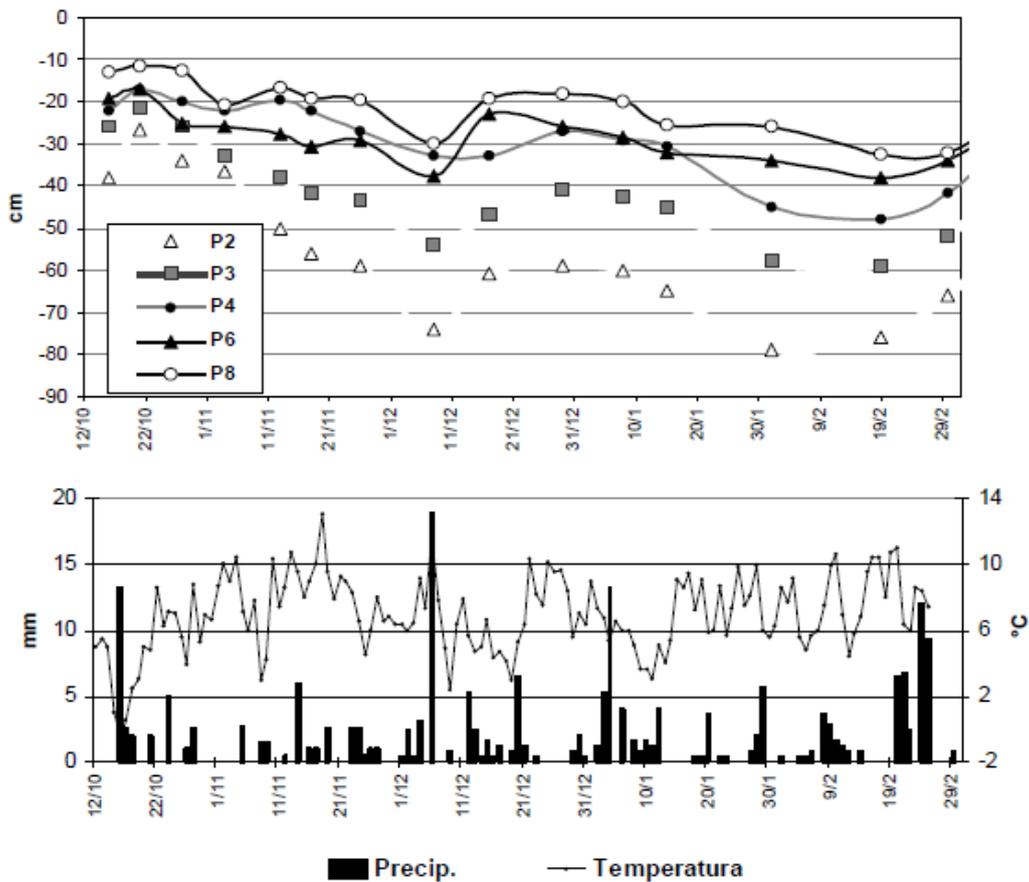
Gráfico N° 8.1. Emplazamiento de piezómetros y variabilidad de los niveles en la turbera cercana al lago Fagnano, Tierra del Fuego, Argentina.

Los puntos sobre las curvas corresponden a las observaciones piezométricas.



Fuente: Iturraspe y Roig, 2000.

Gráfico N° 8.2. Profundidad del nivel freático en función del tiempo y relación con las variables climáticas



Fuente: Iturraspe y Roig, 2000.

Los autores concluyen lo siguiente:

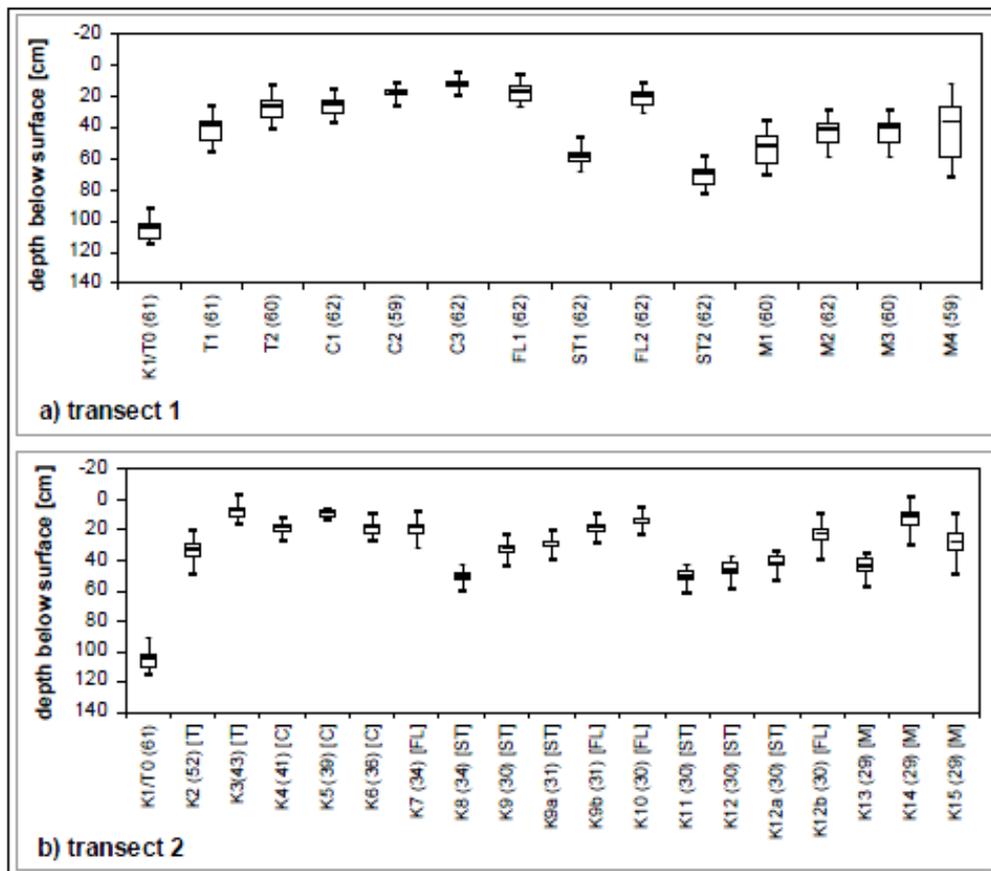
- En cuanto al perfil del nivel freático, la turbera en estudio, de tipo ombrotrófica, con tendencia a la elevación central, presenta un nivel freático de superficie convexa con pendientes mayores en los sectores marginales. Esta forma, persiste aún en condiciones de escasez de humedad. Esta condición es similar a las turberas seleccionadas en el presente estudio.
- En relación a las variaciones de almacenamiento, la recarga del estrato superior se completó durante la primavera. Los meses de verano fueron deficitarios, observándose la caída del nivel freático en todos los piezómetros, aun considerando que no se dieron condiciones climáticas particularmente desfavorables. El nivel freático fluctuó entre 0,1 y 0,55 m, siendo la menor variabilidad en los meses de primavera (octubre y noviembre), mientras que la mayor profundidad se alcanza en verano (enero y febrero). El descenso promedio del nivel freático es de 0,3 m, siendo las depresiones máximas promedio de 0,55 m, coincidentes ambas con la variación del espesor del acrotelmo a lo largo de la transecta de piezómetros.
- Sobre la capacidad de intercepción, es posible evaluar la capacidad de la turbera para incorporar humedad (en términos hidrológicos, capacidad de intercepción), atendiendo al nivel mínimo del nivel freático y el contenido de humedad del estrato no saturado. Las variaciones más significativas en el nivel freático se dan en las áreas de borde, debido a:
 - 1) Mayor facilidad de drenaje lateral por gravedad, favorecido por un mayor gradiente hidráulico.
 - 2) Pérdida de eficiencia del sistema capilar por el ingreso de aire que reemplaza el agua desalojada.
 - 3) Cambios en la composición florística de la turbera fundamentalmente por la presencia de bosque marginal de ñirre y mayor abundancia de gramíneas.

Otro estudio hidrológico en Tierra del Fuego fue el desarrollado por Baumann (2006) en una turbera ombrogénica diplotélmica no intervenida en el sector argentino de Tierra del Fuego, en el Valle de Andorra. El investigador midió los niveles freáticos a lo largo de dos transectos. El Gráfico N° 8.3 indica que las fluctuaciones de los niveles freáticos son altas hacia los márgenes y se reducen hacia el centro. En ambos transectos uno de los bordes de la turbera muestra un nivel freático muy profundo, cercano a 1 m. bajo la superficie, mientras que en la zona central fluctúa entre 15 y 50 cm bajo la superficie.

Baumann (2006) señala que investigaciones de este tipo en los ecosistemas prístinos de la Patagonia, sin influencia antrópica son muy relevantes pues permiten estudiar los procesos tal como ocurren naturalmente, en condiciones inalteradas. Esto permitiría establecer comparaciones con las turberas del Hemisferio Norte, que presentan alto grado de intervención, a fin de abordar nuevos cuestionamientos, tales como la clasificación de las turberas, la dinámica de los flujos de agua, la acumulación de la turba, su autorregulación, el rol en el cambio climático, entre otros.

Gráfico N° 8.3. Niveles freáticos medidos a lo largo de dos transectos de la turbera.

La línea negra indica valores medios. Extremos de los rectángulos indican valores máximos y mínimos para cada punto de muestreo



Fuente: Baumann, 2006.

8.6 Descripción de las propiedades físico químicas

8.6.1 Estratigrafía de las unidades de estudio

Fotografía N° 8.9. Testigos de turba extraída a dos profundidades en la turbera de San Juan



c) Testigo de turba extraído a 80-90 cm.

d) Testigo de turba extraído a 1, 8 m. Se observa la separación entre estratos: color claro corresponde a limo y arena. Color oscuro: turba (H8).

Fuente: Vaccarezza, 2010.

A continuación se presenta la estratigrafía de los sectores en estudio, en base a la información obtenida del trabajo de terreno por la autora, la cual fue complementada con el muestreo realizado por Caspers y Hauser (2000), en varios de los sitios seleccionados en este estudio.

Cuadro N° 8.4. Estratigrafía de la Turbera San Juan

Muestra 1				Muestra 2			
Profundidad	Von Post	Descripción	Color	Profundidad	Von Post	Descripción	Color
0-18 cm	H2-H3	Sphag. mag.	Café	0-40 cm	H4	Sphag. mag	café
60 cm	H5	Turba de Sphagnum	café	52 cm	H7	Turba de Sphagnum	café
140 cm	H7	Turba de Sphagnum	Café oscuro	140 cm	H4	Turba de Sphagnum + raíces	café
160 cm	H7-8	Turba de junco+Sphag. Restos de raíces	Café oscuro	200 cm	H7	Turba de Sphagnum + raíces	Café oscuro
190 cm	H8	Turba de junco+Sphag. Restos de raíces, limo	Gris - café oscuro	246 cm	H8	Turba no diferenciada Delgada capa de limo y raíces	
313 cm	H7	Turba con restos de bosque, limo	Café oliva	286 cm	Arena gruesa	Limo y gravilla. Origen fluvial.	Gris azul
355 cm	Arena fina	Limo Restos de madera. Origen fluvial	Gris - azul	302 cm	H7	Turba con restos de bosque, limo	Café oliva
(continúa)				330 cm	Arena gruesa	Arena gruesa gravilla	

(continuación)

Muestra 3				Muestra 4			
Profundidad	Von Post	Descripción	Color	Profundidad	Von Post	Descripción	Color
0-70 cm	H3	Turba de Sphag. mag.	Café	0-40 cm	H3	Turba de Sphag. mag	café
140 cm	H5	Turba de Sphagnum	Café oscuro	200 cm	H3	Turba de Sphagnum	café
240 cm	H7	Turba de Sphagnum + raíces	Café oscuro	240 cm	H7	Turba de juncos + raíces, limo	Café oscuro gris
260 cm	H8	Turba no diferenciada	Café oscuro - gris	246 cm	Arena fina Ceniza volcánica	Arena fina Ceniza volcánica	
262 cm		Arena fina y limo – ceniza volcánica		300 cm	Arena gruesa	Arena gruesa	
268 cm	H8	Turba no diferenciada	Café oscuro - gris				
280 cm	H9	Turba no diferenciada, fango	Café oscuro - oliva				
310 cm	Arena gruesa	Arena gruesa	Café oscuro - oliva				

Cuadro N° 8.5. Estratigrafía de la turbera Plinius

Muestra 1				Muestra 2			
Profundidad	Von Post	Descripción	Color	Profundidad	Von Post	Descripción	Color
0-45 cm	H2	Turba de Sphag. mag.	Café claro	0-90 cm	H2-3	Turba de Sphagnum	Café claro
67 cm	H5	Turba de Sphagnum	café	116 cm	H5	Turba de Sphagnum	café
82 cm	H8	Turba de Sphagnum	Café oscuro	120 cm	H6	Turba de Sphagnum	Amari lo café
105 cm	H7	Turba de Sphagnum	Café oscuro	160 cm	H7-8	Turba de Sphagnum	Café oscuro
125 cm	H5	Turba de junco+Sphag. Restos de raíces	Café	205 cm	H7	Turba de Sphagnum + junco+ raíces	Café gris oscuro
140 cm	H8	Turba no diferenciada	Café oscuro	208 cm		Limo	Café negro
165 cm		Limo. Cenizas volcánicas. Arena gruesa.	Café beige	220 cm		Arena fina. Origen fluvial	Beige
175 cm		Limo. Arcilla. Depósitos glaciales lacustres.	Café gris	235 cm		Limo. Arcilla. Arena. Depósitos glaciales lacustres. Raíces	Azul
200 cm		Arena fina y gruesa. Limo. Arcilla. Origen fluvial	Gris oliva	280 cm	Arena gruesa	Arena gruesa, gravilla. Origen fluvial	negro

Cuadro N° 8.6. Estratigrafía de la turbera Río Rubens

Muestra 1				Muestra 2			
Profundidad	Von Post	Descripción	Color	Profundidad	Von Post	Descripción	Color
0-60 cm	H2-H3	Turba de Sphag. mag.	Café claro	0-68 cm	H2-3	Turba de Sphagnum	Café claro
90 cm	H6	Turba de junco + T. de Sphagnum	café	105 cm	H6	Turba de Sphagnum + restos plantas	café
124 cm	H8	Turba de junco + raíces + Sphagnum	Café oscuro	145 cm	H4	Turba de Sphagnum + junco+ raíces	Café gris oscuro
136 cm		Limo - arena fina	Beige	160 cm		Limo	Gris oliva
160 cm	H8	Turba de junco+Sphag. Restos de raíces	Café oscuro	200 cm	H6	Turba de Sphagnum + junco+ raíces	Café gris oscuro
180 cm	H7	Turba de junco+Sphag. Restos de raíces	Café oscuro - gris	255 cm	H3-4	Turba de Sphagnum + junco+ raíces	Amarillo o café
220 cm	Arena fina, gruesa	Limo. Arenas finas y gruesas. Arcilla Origen fluvial	Gris oscuro	270 cm	H8	Turba no diferenciada. Arena	negro
260 cm	Arena gruesa	Arena gruesa, gravilla. Origen fluvial	Gris oliva	280 cm	Arena gruesa	Arena gruesa, gravilla. Origen fluvial	negro

Cuadro N° 8.7. Estratigrafía de la turbera Cameron

Muestra 1				Muestra 2			
Profundidad	Von Post	Descripción	Color	Profundidad	Von Post	Descripción	Color
0-130 cm	H2	Turba de Sphag. mag.	Café claro	0-140 cm	H2-3	Turba de Sphag. mag.	Café claro
170 cm	H6	Turba de Sphagnum	Café amarillo	148 cm	H6	Turba de Sphagnum	café
205 cm	H8	Turba de juncos, raíces y Sphagnum	Café oscuro	205 cm	H4	Turba de Sphagnum	Café claro
260 cm	H7-8	Limo, arcilla, arena	Café oscuro	310 cm	H7	Turba de Sphagnum + raíces + juncos Capa de arena fina y limo	Café oscuro
190 cm		Turba de junco+Sphag. Restos de raíces, limo	Azul - Gris	343 cm	H7	Turba no diferenciada	Café oscuro
				286 cm		Limo y arcilla. Depósitos lacustres.	Gris azul

Como se puede apreciar, todas las turberas estudiadas presentaron alto grado de descomposición de la turba (H8) según Von Post, incluso San Juan presentó H9, lo que indica en alto grado de descomposición de la materia orgánica. La profundidad de la turba varía en un rango de 2 a 4 metros.

Todas las turberas presentaron en profundidad (mayor a 1 m) una capa gris constituida por arena fina y limo, a veces arcillas, de origen fluvial o lacustre, lo que confirma lo descrito en la caracterización geomorfológica. Algunas turberas presentan un estrato de ceniza volcánica (tefra), lo que se explica por la intensa actividad volcánica del área de estudio durante su historia geológica.

8.6.2 Características físico químicas

Entre las características físico-químicas comunes a los diversos tipos de turberas, se incluyen: elevado contenido en materia orgánica no humificada, alta acidez, gran capacidad de retención de agua, baja conductividad térmica que le permite una marcada retención de líquidos, bajo contenido en iones minerales, entre las más importantes. La turba tiene una alta capacidad de adsorción para metales de transición y moléculas orgánicas polares. Esta fuerte atracción por los cationes se debe principalmente a la presencia de grupos cargados negativamente asociados con ácidos húmicos y fúlvicos. Sin embargo todas ellas se diferencian en textura, estructura y contenido en sustancias extrañas (Ruiz y Doberti, 2005).

Existen escasas descripciones físico – químicas de turberas en la región de Magallanes. Hauser, en 1996, estudió las propiedades físicas de algunas turberas de Magallanes, las cuales se presentan en el Cuadro N°8.7. Keinebecker (2007) caracteriza bioquímicamente a turberas ubicadas en un transecto andino de 100 km, desde la estepa patagónica hacia el Océano Pacífico (ver figura N° 8.6 y cuadro N° 8.8). Este autor señala que las turberas de esta zona proporcionan una oportunidad única para estudiar su ecología y propiedades físico químicas, pues presentan condiciones prístinas, con muy poca influencia antrópica debido a su escasa densidad.

Cuadro N° 8.8. Características físicas de algunas turbas magallánicas según Hauser (1996).

Muestra	Humedad %	pH	Cenizas %	Conductividad mS/cm
Andino 1	94.0	4.3	0.5	0.04
Andino 2	91.1	4.2	2.3	0.03
San Juan 1	93.5	4.1	1.6	0.03
San Juan 2	5.2	4.2	4.1	0.03
Tierra del Fuego 1	90.3	4.0	2.2	0.05
Tierra del Fuego 2	92.8	4.2	1.8	0.05

Fuente: Hauser, 1996.

Cuadro N° 8.9. Características físicas de algunas turberas magallánicas según Kleinebecker (2007).

Muestra	pH	Cenizas %	N total mg/l	Relación C/N	P soluble Mg/l	K soluble cmol/l
Turberas dominadas por <i>Sphagnum magellanicum</i>	3	1,40	0,88	140	3,90	1,07
Turberas mixtas de plantas en cojín + <i>Sphagnum magellanicum</i>	3	2,53	1,03	50	12,83	0,90
Turberas de plantas en cojín	3,4	5,12	1,94	32	7,83	1,37

Fuente: Keinebecker (2007)

Una descripción más completa corresponde a la presentada por Ruiz y Doberti, en 2005, en su catastro de turberas magallánicas. Ellos midieron algunos de los sitios de estudio seleccionados en este trabajo.

Cuadro N° 8.10. Propiedades físico químicas de los sitios de estudio

Provincia	Unidad estudio	Identificación muestra	Profundidad	Análisis físico químico			
				ph	CE ds/m	% Humedad	Rehidratación
Magallanes	San Juan	UM 1	0-10 cm	3,75	0,0001	95,6	613,22
			50 cm	3,71	0,0001	96,0	460,37
			1-4 m	3,69	0,0289	73,4	139,36
		UM 2	0-10 cm	3,53	0,0001	89,9	391,62
			50 cm	3,69	0,0088	95,9	225,53
	Andinos	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Última Esperanza	Maynard	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
	Plinius	UM1	0-10 cm	4,49	0,0001	63,6	678,83
			50 cm	3,42	0,0002	60,8	578,67
			1.5 m	3,51	0,0008	92,1	614,43
			2.5 m	3,88	0,0249	91,4	519,37
			3.5 m	4,36	0,0235	59,7	426,42
			4.5 m	4,51	0,0315	84,3	201,57
		UM2	0-10 cm	3,85	0,0041	46,6	698,03
			50 cm	3,68	0,0388	80,7	336,15
			1,5 m	3,99	0,0289	78,7	572,49
			2,5 m	4,26	0,0098	82,6	188,87
			3,5 m	4,79	0,0598	88,3	
		UM3	25-50 cm	3,59	0,0621	92,3	599,85
			1.25-1.5 m	5,36	0,048	62,6	0
			0.75-1 m	4,52	0,0143	89,9	302,51
			2.25-2.5 m	4,65	0,0457	93,8	125,31
	UM4	0-10 cm	3,57	0,0001	27,1	635,98	
		50 cm	3,6	0,003	79,2		
		1.5 m	3,44	0,0694	91,6	389,06	
		2.5 m	3,95	0,0374	89,5	629,91	
		3.5 m	4,29	0,0089	77,3	202,2	
		4.5 m	4,75	0,0166	48	100,52	
Río Rubens	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Tierra del Fuego	Cameron	UM 1	0-50 cm	4,01	0,0073	83,1	699,67
			1-4 m	3,98	0,0392	82,7	329,4
		UM 2	0-10 cm	3,85	0,0108	91,4	493,62
			50 cm	3,72	0,0019	96,1	611,65
			2,5 m	5,57	0,0835	24,9	7,51
		UM3	0-50 cm	3,7	0,1850	89,8	645,41
	2 m		4,54	0,0710	67,9	107,43	
	Vicuña	UM1	0-10 cm	4,54	0,0001	64,8	628,69
			50 cm	4,01	0,0336	72,7	378,94
			1-4 m	4,69	0,0702	85,3	193,07
		UM2	0-10 cm	4,11	0,0001	82	678,34
			50 cm	4,27	0,0104	65,7	444,97
			1-4 m	4,57	0,0138	69	354,34
		UM3	0-10 cm	3,55	0,0246	93,5	662,59
			50 cm	3,8	0,0591	49,6	347,66
1-4 m			5	0,036	54,8	135,42	

Fuente: Elaborado en base a las investigaciones realizadas en los sitios en estudio por Henríquez, 2004 y Ruiz y Doberti, 2005.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis químico del muestreo de las unidades de estudio realizado por el equipo participante del Programa liderado por INIA Kampenaike (2011). Las muestras fueron extraídas en distintos sectores de cada turbera. En el caso de las turberas intervenidas se obtuvieron muestras de las zanjas y de los sectores no intervenidos.

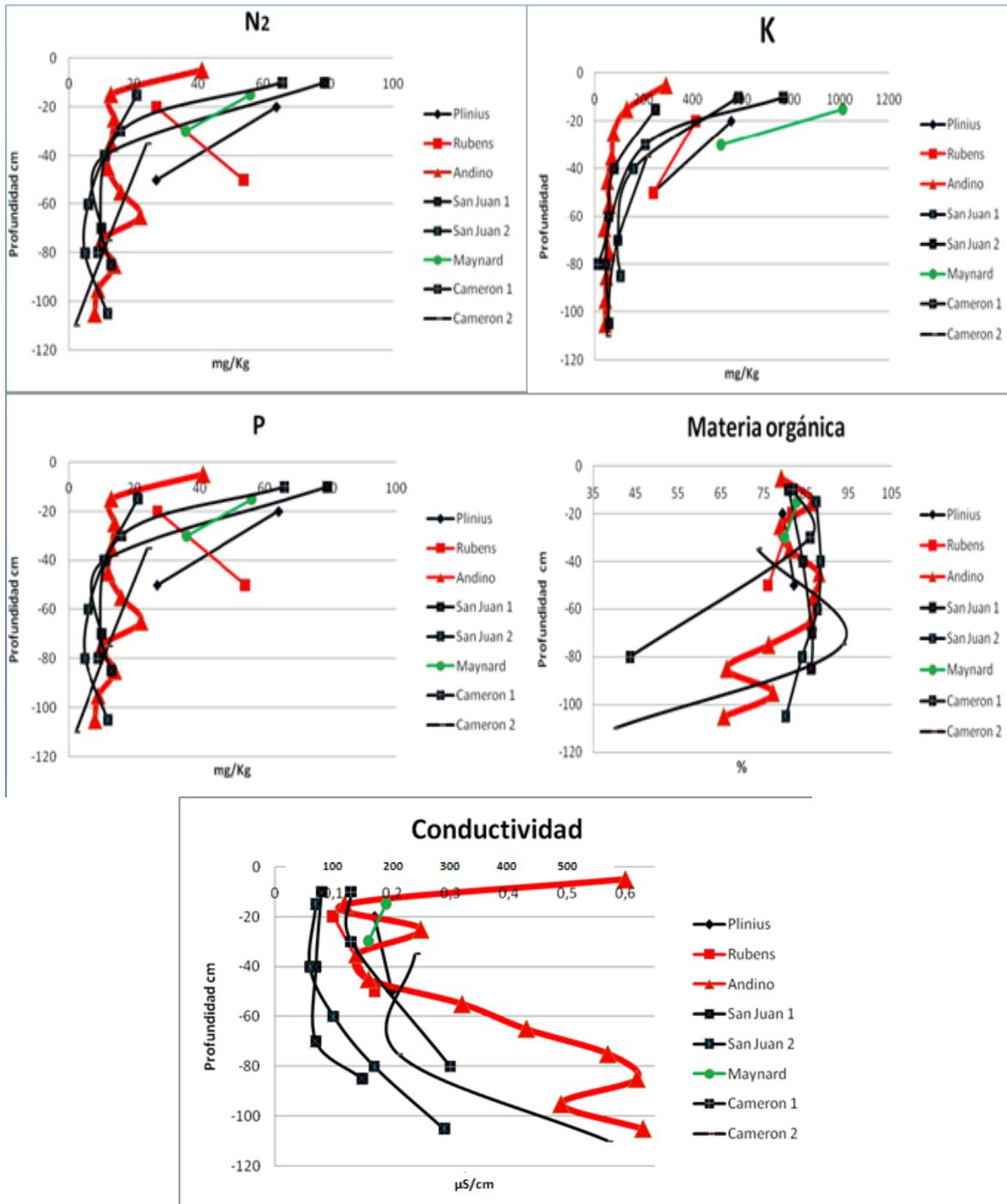
Cuadro N° 8.11. Detalle de los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de turba.

Se indica la unidad de estudio, estado de conservación, profundidad a la que se tomó la muestra, C.E.= Conductividad eléctrica (dS/cm), M.O.=Materia Orgánica (%) y N2 (Nitrógeno disponible), P (Fosforo) y K (Potasio) (mg/Kg).

N	Lugar	E. de Cons.	Descripción	prof.	pH	C. E.	M. O.	N ₂	P	K
1	Plinius	Intervenida	Mocheta	-20	3,9	0,17	79,44	59	64	558
2	Plinius	Intervenida	Mocheta	-50	3,7	0,2	82,12	180	27	238
3	Rubens	Abandonada	Mocheta	-20	4	0,1	81,74	87	27	414
4	Rubens	Abandonada	Mocheta	-50	3,8	0,17	76,1	154	54	240
5	Andino	Abandonada	Mocheta	-5	4,1	0,6	79,14	442	41	292
6	Andino	Abandonada	Mocheta	-15	4,3	0,12	86,35	620	13	132
7	Andino	Abandonada	Mocheta	-25	4,2	0,25	78,88	300	14	78
8	Andino	Abandonada	Mocheta	-35	4,1	0,14	81,13	231	13	71
9	Andino	Abandonada	Mocheta	-45	4	0,16	87,94	230	12	53
10	Andino	Abandonada	Mocheta	-55	4,1	0,32	86,68	211	16	60
11	Andino	Abandonada	Mocheta	-65	4,3	0,43	86,09	219	22	41
12	Andino	Abandonada	Mocheta	-75	4	0,57	76,22	260	10	59
13	Andino	Abandonada	Mocheta	-85	3,9	0,62	66,32	265	14	49
14	Andino	Abandonada	Mocheta	-95	4,1	0,49	77,2	230	9	45
15	Andino	Abandonada	Mocheta	-150	4,1	0,63	65,6	216	8	44
16	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,5	0,32	88,94	51	15	2
17	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,8	0,35	78,6	45	12	56
18	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,6	0,39	86,88	54	8	60
19	Grazzia	No Interv.	Cojin	30	3,9	0,24	75,52	101	31	261
20	Grazzia	Intervenida	Mocheta	-30	3,9	0,12	88,56	45	38	535
21	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,6	0,23	87,77	72	9	68
22	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,8	0,19	86,78	61	7	100
23	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,9	0,18	88,62	175	9	73
24	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,8	0,26	90,26	203	11	63
25	Grazzia	Intervenida	Mocheta	-10	3,9	0,08	80,85	22	79	587
26	Grazzia	Intervenida	Mocheta	-40	3,6	0,07	84,2	11	11	159
27	Grazzia	Intervenida	Mocheta	-70	3,5	0,07	86,3	16	10	95
28	Grazzia	Intervenida	Mocheta	-85	3,5	0,15	86,2	25	13	106
29	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,5	0,17	87,22	70	9	102
30	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	4,1	0,18	31,74	8	14	28
31	Grazzia	Intervenida	Turba desnuda	-150	3,7	0,14	88,09	92	10	82
32	Grazzia	Intervenida	Escarpe	-15	3,7	0,07	87,33	25	21	248
33	Grazzia	Intervenida	Escarpe	-40	3,7	0,06	88,35	33	11	80
34	Grazzia	Intervenida	Escarpe	-60	3,6	0,1	87,66	52	6	58
35	Grazzia	Intervenida	Escarpe	-80	3,8	0,17	84,05	38	5	46
36	Grazzia	Intervenida	Escarpe	-105	3,6	0,29	80,19	66	12	60
37	Maynard	Pristina	Plano	-15	3,9	0,19	82,84	63	56	1012
38	Maynard	Pristina	Plano	-30	4,5	0,16	80	154	36	515
40	Cameron	Intervenida	Mocheta	-10	3,9	0,13	81,96	121	66	771
41	Cameron	Intervenida	Mocheta	-30	4	0,13	85,89	138	16	206
42	Cameron	Intervenida	Mocheta	-80	4,8	0,3	43,65	84	9	13
43	Cameron	Intervenida	Mocheta	-35	4,3	0,24	73,65	204	24	213
44	Cameron	Intervenida	Mocheta	-75	5	0,21	93,43	136	12	82
45	Cameron	Intervenida	Mocheta	-110	5,3	0,57	40	110	2	50
46	Cameron	Intervenida	Mocheta	-95	4,2	0,11	85,84	273	23	155

Fuente: INIA Kampenaike, 2011.

Gráfico N° 8.4. Gráfico de análisis químicos de unidades de estudio a distintas profundidades



Fuente: Fuente: INIA Kampenaike, 2011.

Es posible comparar estos valores con los obtenidos en cinco sitios en turberas de Canadá. Los valores consisten en promedios de las muestras tomadas durante la primavera verano de 1989 por Rochefort y Lode (2006), según lo indicado en el Cuadro N° 8.12.

Cuadro N° 8.12. Análisis químico de 5 tipos de turberas en Canadá.

	Bog	Poor fen	Forested moderately rich fen	Open moderately rich fen	Extreme-rich fen
Water temperature (°C)	6.1	8.4	12.2	14.8	11.9
pH	3.96	5.38	6.28	6.00	6.88
Conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	39.0	48.0	91.0	79.0	187.0
Ca (mg L^{-1})	3.0	5.9	12.2	10.1	23.3
Mg (mg L^{-1})	0.7	3.1	5.3	4.8	7.8
Na (mg L^{-1})	2.8	3.2	4.3	3.8	9.3
K (mg L^{-1})	0.3	1.2	0.8	0.7	0.6
Al (mg L^{-1})	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
Alkalinity ($\mu\text{eq L}^{-1}$)	0	198	764	623	1716
Nitrate ($\mu\text{eq L}^{-1}$)	0.41	0.35	0.31	0.33	0.26
Ammonium ($\mu\text{eq L}^{-1}$)	1.26	0.94	1.04	0.70	0.46
SRP ($\mu\text{eq L}^{-1}$)	0.80	5.10	14.52	0.70	0.71

Fuente: Rochefort y Lode, 2006

Análisis de pH

En el caso de pH, este fluctúa cercano a 4 para la mayoría de los casos, siendo la turbera de San Juan la que presenta los valores menores. Estos valores son los esperables según Rochefort y Lode, (2006). Las turberas estudiadas corresponden a turberas ombrotáficas, que presentan pH ácido, pocos nutrientes y reciben suministro hídrico sólo por precipitaciones. Valores de pH ácidos favorecen la conservación de especies vegetales especialmente adaptadas a este tipo de turberas, tal como *Sphagnum magellanicum*.

En el caso particular de la turbera de Cameron, de acuerdo al relieve general que presenta y el entorno en el que se encuentra, debería corresponder a un tipo de turbera de transición minerotráfico-ombrotráfico, por lo que valores de pH básicos serían esperables. De hecho, a mayor profundidad, se observan valores superiores, lo que indicaría que estaría retornando a su estado anterior, de tipo minerotráfico. Esto complicaría la posibilidad de reestablecer vegetación de *Sphagnum* (INIA Kampenaike, 2011).

El caso de Plinius es particular pues el sistema de cosecha es distinto: se cosecha sólo la parte superficial de la turbera (acrotelmo), retirando capas de 5 a 30 cm, provocando un impacto diferente relacionado con la compactación del terreno. Aun así, los valores de pH se mantienen relativamente bajos (INIA Kampenaike, 2011).

Llama la atención los valores de pH relativamente altos de la turbera de Maynard. Dada su clara condición ombrotráfica, convexa, se esperarían valores más ácidos. Pueden atribuirse a las condiciones presentes al momento de muestreo, lluvia

intensa y mezcla de aguas producto del anegamiento de la calicata de donde se extrajo la muestra.

Análisis de Conductividad

Según Rochefort y Lode (2006), los valores de conductividad deberían ser cercanos a $39 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($0,39 \text{ dS}/\text{cm}$), para turberas ombrotóricas. La mayoría de los sitios de estudio no coinciden con estos valores, presentando valores superiores, incluso muestran una tendencia de aumento de la conductividad con la profundidad, lo que no sucede en Maynard, que a pesar de las dificultades del muestreo describe una tendencia contraria.

En las turberas cosechadas los valores de conductividad superficiales son bajos, cercanos a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, este valor se normaliza a mayor profundidad. En el caso de Andino, turbera altamente degradada, la variabilidad de los valores de conductividad fluctúa en un rango amplio, presentando características minerotóricas, con mayor presencia de sales disueltas. Esto implicaría que el abandono de la situación post explotación, ha degradado el ambiente hasta convertir el sustrato en uno propicio para la generación de un ecosistema totalmente contrario al original, favoreciendo el establecimiento de flora vascular (INIA Kampenaike, 2011).

Análisis de N, P, K

Todos los valores obtenidos indican que los nutrientes son escasos y comienzan a aumentar a mayor profundidad. Tal situación debería ser propicia para el restablecimiento del *S. magellanicum* en condiciones de escasez de nutrientes, sin embargo, al parecer los valores son excesivamente bajos. Rochefort y Lode (2006) señalan que el efecto de los nutrientes no es determinante en el crecimiento del musgo. Esto debiera ser profundizado en estudios posteriores.

Análisis de Materia Orgánica

El análisis de los porcentajes de materia orgánica indica que los sitios estudiados presentan similares porcentajes de materia orgánica, en un rango de 80 a 90%, salvo en el caso de Cameron, cuyos valores se reducen significativamente en profundidad. La mayor descomposición se encuentra a mayor profundidad.

En el caso de las turberas cosechadas, existe un mayor grado de descomposición, debido a la exposición de las capas inferiores a la atmósfera, lo que permite una mayor oxigenación o aireación de la materia orgánica y acelera los procesos de descomposición.

8.7 Determinación de las propiedades microbiológicas

6. Los extractos de muchas especies de musgos que contienen compuestos fenólicos o sustancias derivadas, principalmente de los pigmentos vegetales, han demostrado ser inhibidores del crecimiento de hongos patógenos y bacterias. La turba del *Sphagnum magellanicum* Brid seco, se utilizó por muchos años, como sustituto del algodón en tratamientos de heridas pues posee una mayor capacidad de absorción que el algodón y, además, porque contiene sustancias antibióticas activas (Pérez, 2010).

7.

8. Los musgos *Sphagnum* no poseen las mismas barreras anatómicas que las plantas vasculares, por lo que se ha sugerido que la acumulación de ciertos compuestos, como los flavonoides, ejerce un rol fundamental en su defensa y adaptación a condiciones causantes de estrés oxidativo. Esta capacidad de actuar como antioxidante natural le confiere a este musgo una gran aplicación en el campo de los alimentos, la industria, la medicina, la cosmética, entre otros (Aubad *et al.*, 2007, citado por Wallach *et al.*, 2009).

9.

10. A continuación se presentan los resultados antimicrobianos de muestras de turba obtenida de dos de los sitios en estudio sobre 3 bacterias representantes de microorganismos: Gram Negativo, 3 Gram Positivo y 2 tipos de hongos levaduriformes. También se ha identificado y caracterizado la flora microbiana existente en las muestras de turba colectadas en Magallanes.

11.

12. Debido a razones presupuestarias y de accesibilidad, fue posible extraer muestras de turba para los análisis microbiológicos sólo en 2 de las 7 turberas en estudio: San Juan y Andino. En cada turbera se extrajeron muestras a dos profundidades con diversos rangos de humificación según Von Post (0 – 50 cm/H1-H3 y 50 – 100 cm/H4-H5).

13.

14.

15. 8.7.1 Cuantificación y diferenciación de siembras de muestras de turba en aerobiosis.

16.

17. A partir de las muestras de las turberas, se realizaron 3 siembras a una temperatura de 35 a 37°C en placas con medios habitualmente utilizados en laboratorios para cada muestra de turba. Entre las 24 y 48 horas posteriores se efectuó la lectura de las siembras, cuyo resultado se muestra gráficamente a continuación.

18.

19. Cuadro N° 8.13. Resultado de Siembras en Diferentes Medios

		MEDIOS DE CULTIVO			
		Sangre	Baird Parker	McConkey	Papa Dextrosa
MUESTRA DE TURBA	SJ.H1-H3	100%	0%	0%	100%
	SJ.H4-H5	67%	0%	0%	100%
	A. H1-H3	33%	0%	0%	0%
	A H4-H5	33%	33%	0%	100%
	Promedio	58%	8%	0%	75%

20. Fuente: Pérez, 2010

21. Como se observa en el cuadro N° 8.13, las tres repeticiones del medio Papa Dextrosa exhibieron crecimiento de colonias, excepto para la muestra de la turbera Andino (AH1-H3). También hubo crecimiento de colonias en el medio Agar Sangre, y en especial para la muestra de la Turbera San Juan extraída a una profundidad de 0-50 cm (SJH1-H3). En los otros medios de cultivo hubo nulo o casi nulo crecimiento de colonias. Cabe señalar que el medio agar McConkey inhibe considerablemente el crecimiento de los microorganismos correspondientes a bacterias Gram positivas, lo que explicaría el resultado obtenido (Aburto et al., 2001, citado por Pérez, 2010).

22.

23.

24. Los resultados de las siembras en el medio Agar Sangre se explican porque es un medio mejorado con abundante base nutritiva que ofrece las condiciones óptimas para el crecimiento de todos los microorganismos cultivables. Las colonias formadas en Agar Papa Dextrosa fueron considerablemente mayores en cantidad con respecto a los demás medios de cultivo. Este medio mejorado favorece el crecimiento de levaduras y mohos, e inhibe considerablemente la flora bacteriana de acompañamiento dado por el bajo valor de su pH y alta humedad. La escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas en los diferentes medios, se debe a las propiedades antimicrobianas presentes en la turba, sus escasos nutrientes disponibles y su acidez, además en las capas más profundas de la turba, existen condiciones anaerobias que inhibe considerablemente la microflora (Saxena et al., 2007, citado por Pérez, 2010).

25.

26.

27.

28. *Coloración Gram*

29.

30. En las colonias obtenidas de las siembras se les procedió a hacer coloración por doble tinción Gram para el examen microscópico directo de muestras y subcultivos. Ciertas bacterias se visualizan de color azul, denominadas Gram positivas. Las bacterias Gram negativas se decoloran, esto es debido a su alto contenido de lípidos en su pared celular. Estas bacterias decoloradas toman el colorante de contraste, la safranina, y se ven rojas a la observación en microscopio, denominándose Gram negativas (Koneman, 1999).

31.

32.

33.

34. **Cuadro N° 8.14. Resultados coloración Gram en los medios**

35. MEDIO DE SIEMBRA	36. TURBERA S. JUAN H1-H3	37. TURBERA S. JUAN H4-H5	38. TURBERA ANDINO H1-H3	39. TURBERA ANDINO H4-H5
40. AGAR MCCONKEY Y SANGRE	41. Bacilos Gram positivos esporulados. cocáceas Gram positivas.	42. Bacilos Gram positivos esporulados y negativos. 43. cocáceas Gram positivas.	44. Bacilos Gram positivos esporulados y negativos. 45. cocáceas Gram positivas.	46. Bacilos Gram positivos esporulados y negativos. 47. cocáceas Gram positivas. 48. Levaduriformes
49. AGAR PAPA DEXTROSA	50. Diplococos Gram negativos, bacilos Gram positivos esporulados.	52. Diplococos Gram negativos, bacilos Gram positivos esporulados.	54. No hubo formación de colonias.	55. Bacilos Gram positivos esporulados. 56. levaduriformes

	51. levadurifor mes	53. levadurifor mes		
--	------------------------	------------------------	--	--

57. Fuente: Pérez, 2010

58.

59. Los resultados de las tinciones presentes en el cuadro N° 8.14, permiten obtener las siguientes observaciones:

60.

- En las tinciones se encontró predominantemente microorganismos Gram positivos en menor medida microorganismos Gram negativos, provenientes de los medios agar Sangre y Baird Parker.
- Los microorganismos Gram positivos que se encontraron provenientes de los medios Agar Sangre y Baird Parker fueron predominantemente cocáceas y en menor medida bacilos.
- En las tinciones provenientes de los medios agar sangre y Baird Parker los microorganismos Gram negativos encontrados correspondían a bacilos.
- De las tinciones obtenidas de las colonias de los medios agar papa dextrosa se encontró predominantemente hongos de tipo levaduriforme.
- No se pudo obtener un porcentaje exacto de la cantidad de los microorganismos presentes ya que, muchas de las tinciones obtenidas estaban contaminadas con distintos microorganismos.

61.

62.

63.

64. *Identificación de Gram positivos*

65.

66.

- Al resembrar las cepas en medios enriquecidos para hacer la prueba de la catalasa (permite diferenciar *Staphylococcus* de *Streptococcus* "in Vitro"), todos los microorganismos Gram positivos reaccionaron a la catalasa, por lo que se descartó la presencia de estreptococos en las distintas siembras.

67.

- También se realizó la prueba de la coagulasa para identificar *Staphylococcus aureus*. Ninguna de las cepas reaccionó a la prueba de la coagulasa, por lo tanto no se encontró *Staphylococcus aureus*.

68.

- Se hizo además la Prueba de Sensibilidad a Novobiocina, que permite diferenciar con mayor sensibilidad a los Estafilococos sensibles y resistentes. Acá las cepas presentaron halo inhibitorio para ambos casos (E. sensibles y resistentes)
- Todos los microorganismos pertenecientes a cocáceas Gram (+), Catalasa (+) coagulasa (-), fueron sensibles a la Novobiocina. Los halos inhibitorios fueron homogéneos y simétricos, con un diámetro de 25 mm.
- Se concluye de las siembras en los medios agar sangre y Baird Parker que la flora Gram positiva estaba conformada principalmente por estafilococos sensibles a Novobiocina. Dentro de esta agrupación se encuentra: **estafilococo epidermidis, haemolyticus, hominis, lugdunensis y scheleferi**. Adicionalmente se encontró **bacilos Gram positivos catalasa-positivos** grandes, esporulados con bordes netos. Según sus características

observadas en laboratorio se puede afirmar que correspondían a **Bacillus sp** (Koneman, 1999, citado por Pérez. 2010).

69.

70.

71. *Identificación de Gram negativos*

72.

73. Sólo en la turbera Andino a una profundidad de 0-50 cm (H1-H3), se encontró posterior a su siembra y tinción, la presencia de bacilos Gram negativos. Para poder clasificar estas bacterias, se sembró en 6 pruebas bioquímicas y 4 medios selectivos.

74.

75.

76. **Cuadro N° 8.15. Resultados de siembras en los diferentes medios selectivos y diferenciales en Gram negativos.**

77.	Andino H1-H3	78.	Reacción +/-
79.	Caldo urea	80.	Negativo
81.	Agua peptonada		Negativo
82.	Agar citrato		Positivo
83.	TSI		Negativo
84.	LIA		Negativo
85.	MIO		Negativo
86.	Agar Levine		Negativo
87.	Agar Mac Conkey		positiva
88.	Agar XLD		Positivo
89.	Agar SS		Negativo

90.

91.

92.

93. Los resultados indicaron que:

94.

95.

- La bacteria en cuestión fue probada "in Vitro" y resultó ser ureasa negativa, sin propiedades sacarolíticas ni proteolíticas, ya que no reaccionó en las pruebas en LIA, MIO, TSI, agua peptonada.
- No hubo reacción a Agar SS (*Salmonella-Shigella*), por lo tanto es lactosa negativo.
- Hubo reacción para Agar McConkey. Las colonias obtenidas fueron de color rosa, con un halo amarillo a su alrededor.
- Hubo reacción para Agar Levine, formándose colonias color ámbar sin halos reactivos alrededor de las colonias.
- Hubo reacción positiva para Agar XLD. Las colonias formadas fueron de color rosa y presentaron halos reactivos pequeños de color púrpura a su alrededor. Este medio de cultivo es ideal para enterobacteriáceas patógenas, especialmente del genero Shigella y Salmonella.

96.

97.

98. Según los resultados obtenidos en laboratorio, el microorganismo es de la familia de las **enterobacteraceas, del grupo de Klebsiella**. Este grupo es un bacilo, inmóvil y capsulado, Gram negativo, fermenta la glucosa con producción de ácido y gas, corrientemente la lactosa y otros glucósidos. Las especies de *Klebsiella* están ampliamente distribuidos en la naturaleza y en el tracto gastrointestinal de seres humanos y animales. Todas las especies de *Klebsiella* son inmóviles (Pérez, 2010).

99. 8.7.2 Cuantificación y diferenciación de las colonias en anaerobiosis:

100.

101.

102. En 4 placas con medios enriquecidos agar sangre se sembró cada una de las muestras de turba. De las 4 siembras realizadas, solo una placa con el medio agar sangre obtuvo la formación de una colonia bacteriana. La cantidad de crecimiento lograda en el medio de cultivo fue escasa y de lento crecimiento.

103.

104. En cuanto a su diferenciación, en la coloración por método de Gram se encontró flora Gram positiva y negativa: Cocobacilos Gram negativos, estreptobacilos Gram positivos, cocáceas Gram negativas. Se hizo siembra en reloj en medios enriquecidos, selectivos y diferenciales, para caracterizar sus propiedades.

105.

106. Cuadro N° 8.16. Resultados de siembras en medios diferenciales y selectivos en anaerobiosis.

107. Andino H1-H3	108. Reacción (+/-)
109. Caldo urea	Positiva, viraje a color rojo
110. Agua peptonada	Negativo
111. Agar citrato	Negativo
112. TSI	Positiva; amarilla /rojo abajo.
113. LIA	Positiva: amarillo/ morado
114. MIO	Negativo
115. Agar Levine	Negativo
116. Agar Mac Conkey	Negativo
117. Agar XLD	Negativo
118. Agar SS	Negativo

119.

120.

121. Los resultados indican que esta muestra tiene propiedades sacarolíticas, ya que reaccionó en los medios TSI y LIA, con viraje a color amarillo. No formó precipitado negro en los medios de cultivo LIA ni TSI por lo tanto esta bacteria carece de propiedades proteolíticas. Se obtuvo colonias en agar sangre en condiciones de aerobiosis, demostrando ser anaerobia facultativa. Las bacterias anaerobias cocáceas Gram negativas se clasifican en: *Acidaminococcus fermentans*, *Megasphaera elsdenii* y *Veillonella spp* (Alcalá, et al., 2004). Se descarta la posibilidad que sea del genero *Veillonella spp.*, ya que es una bacteria anaerobia estricta. Además muchas cepas de bacterias anaerobias tienen mínima actividad metabólica, lo que dificulta su diagnostico (Alcalá, et al., 2004).

122. 8.7.3 Efecto antimicrobiano del extracto de turba diluida

123.

124. Se seleccionó sólo uno de los extractos de turba (SJH1-H3), para la dilución del extracto, ya que los halos inhibitorios generados en las placas de los diferentes extractos fueron homogéneos. Este extracto fue diluido en metanol (CH₃OH). Se impregnaron sensidiscos con metanol como control.

Respuesta de las Bacterias Gram positivos

Cuadro N° 8.17. Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros Gram +.

Bacterias Gram positivas	Halo de extracto diluido (mm)	Halo de extracto diluido (mm)	Penicilina G	Media	D.E.	CV
<i>Staphylococcus a.</i>	12	11	46	23,000	19,925	86,6%
<i>Streptococcus a.</i>	8	8	40	18,667	18,475	99,0%
<i>Bacillus cereus</i>	9	9	10	9,333	0,577	6,2%

Del cuadro N° 8.17 se desprende:

- Los halos inhibitorios generados por los sensidiscos impregnados con Penicilina G fueron mayores que los halos inhibitorios generados por el extracto diluido de turba.
- Hubo resultados similares en los efectos antimicrobianos probados "in Vitro" en *Bacillus cereus* generados por el extractos de turba y por la neomicina.

Respuesta de las Bacterias Gram negativos

Cuadro N° 8.18. Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros Gram -.

Bacterias Gram negativas	Halo in. extracto diluido	H. extracto d.	Neomicina	Media	D.E.	CV
<i>Salmonella e.</i>	7	7	20	11,33	7,5056	66,2%
<i>E. coli</i>	6	7	20	11	7,8102	71,0%
<i>Pseudomonas a.</i>	0	0	20	6,667	11,547	173,2%

Del Cuadro N° 8.18 se desprende:

- La respuesta antimicrobiana generada por los extractos diluidos en *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli* fueron similares entre ellos.
- En *Pseudomona aeruginosa* no hubo respuesta antimicrobiana por parte del extracto de turba.
- Los halos inhibitorios generados por neomicina fueron homogéneos entre las cepas y mayores a los generados por el extracto de turba.
- El alto coeficiente de variación esta dado por la diferencia de los halos inhibitorios entre el extracto de la turba y el antibiótico.

Respuesta de hongo levaduriforme

Cuadro N° 8.19. Halos inhibitorios generados por extracto diluido medido en milímetros de hongo levaduriforme

Hongo levaduriforme	Halo in. extracto diluido	H. extracto d.	Nistatina	Media	D.E.	CV
<i>Candida a.</i>	10	6	0	5,333	5,0332	94%

Según el cuadro anterior se puede afirmar que hubo efecto antimicrobiano producido por el extracto de turba probado “in Vitro” en *Candida albicans*.

8.8 ANÁLISIS DE POTENCIALES USOS DERIVADOS DE TURBA

Sobre la base de los usos derivados de las turberas y la turba, analizados en el capítulo 2, y propuestos por varios autores (Hilli, 2008; Joosten y Clarke, 2002; Parish et al, 2007; De la Balze et al, 2004; Crignola y Ordóñez, 2002, Vivanco, 2011), y los resultados obtenidos en el presente capítulo, en el Cuadro N° 8.19 a continuación se presenta una propuesta de potenciales usos para cada una de las turberas estudiadas.

Según se desprende de los resultados de caracterización de las turberas en esta investigación, la turba de los sitios estudiados satisface adecuadamente los requerimientos para su uso como sustrato, humus, fertilizante, medio de soporte para embalaje, entre otros. Lo anterior avala el potencial del recurso y la posibilidad del desarrollo de la actividad extractiva de turba.

Sin embargo, para que la turba magallánica se utilice de forma eficaz en la elaboración de productos a base de turba, se debe tener en consideración un adecuado protocolo de extracción, requerimientos técnicos estandarizados y un marco regulatorio actualizado. Por otra parte, se necesita mayor investigación científica para determinar las características específicas de la turba magallánica para los usos no tradicionales, especialmente los relacionados con la industria química, balneología y terapias.

Cuadro N° 8.20. Propuesta de potenciales usos para cada una de las turberas estudiadas

PROVINCIA	Magallanes		Última Esperanza			Tierra del Fuego	
	San Juan	Andinos	Plinius	Rubens	Maynard	Cameron	Vicuña Karukinka
Grado de intervención	Turbera en explotación	Turbera explotada y abandonada	Turbera en explotación	Turbera explotada y abandonada	Turbera natural sin intervención	Turbera en explotación	Turbera natural sin intervención
USOS							
IN SITU							
Habilitación para agricultura							
- pradera	-	Uso actual	-	Uso actual	-	-	-
- pastoreo	-	Uso actual	-	Uso actual	-	-	-
- cultivo de caña de azúcar, arroz	-	-	-	-	-	-	-
- vegetales, berries	-	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	-
Habilitación para forestación	-	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	-
Ecoturismo (trekking, observación de flora y fauna, turismo científico, turismo aventura, pesca y caza, valoración cultural y arqueológica, etc) Servicios ecosistémicos (almacenamiento de carbono, regulación hidrológica de la cuenca)	Uso potencial. En sectores no intervenidos. Presenta lugares de gran atractivo paisajístico, de fácil acceso, cercana a carretera.	Uso potencial. Factibilidad de proponer plan de restauración	-	Uso potencial. Factibilidad de proponer plan de restauración	Uso potencial	-	Uso actual
Educación ambiental	Uso potencial. En sectores no intervenidos. Fácil acceso.						Uso actual
Recolección de frutos silvestres	-	-	-	-	Uso potencial	-	Uso potencial
EX SITU							
Sustrato para cultivo vegetal	Uso actual	-	Uso actual	-	-	Uso actual	-
Humus y fertilizante	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	Uso potencial	-
Energía	S/I	-	S/I	-	-	S/I	-
Medio de soporte para embalaje fruta, verduras, flores, otros	Uso potencial	-	Uso actual	-	-	Uso actual	-
Balneología, terapias, medicina y cuidado corporal (propiedades antimicrobianas)	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	Uso potencial	-
Descontaminación de suelos	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	Uso potencial	-
Material absorbente y filtrante	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	Uso potencial	-
Resaltador de sabores en alimentos	Uso potencial	-	Uso potencial	-	-	Uso potencial	-

Según Bambalov (2008), citado por Vivanco (2011), a pesar del gran número de productos en base a turba, la cantidad de turba usada para elaborar productos químicos no supera el 1%. No obstante, en el último tiempo se ha observado un leve aumento en la demanda de este tipo de productos debido al incremento y mayor difusión de episodios de contaminación de metales pesados y desechos orgánicos.

En cuanto a la factibilidad de utilización de la turba magallánica para balneología y terapias, esta presenta características adecuadas para su uso, pues requiere un grado de humificación H6 – H8 (Vivanco, 2011), nivel alcanzado en la mayoría de las turberas estudiadas. Sin embargo se requiere complementar la información con la determinación de parámetros tales como el porcentaje de ácidos húmicos y capacidad de intercambio iónico. No se debe desestimar la balneología y terapias a base de turba magallánica, sobre todo teniendo en consideración la gran cantidad, variedad e importancia que han adquirido los establecimientos termales nacionales e internacionales.

En el caso del turismo, se tiene que es un método eficaz de conservación de la biodiversidad, de hecho ofrece la oportunidad de mejorar las prácticas de protección y conservación de un área, contribuyendo a la base económica de la región. Las turberas naturales no alteradas presentan un paisaje de alta singularidad, rareza e identidad. Por otra parte, su interés desde el punto de vista científico, cultural y arqueológico como reservorios paleoclimáticos, resulta muy atractivo para el turismo y la educación ambiental. Sin duda, revisten una gran oportunidad para la zona, considerando que en la última década la actividad turística nacional ha tenido un progresivo aumento. Un buen ejemplo es la turbera Vicuña en el Parque Natural Karukinka, de propiedad de WCS Chile.

Al respecto, se debe mencionar que es necesario validar y complementar la zonificación de las turberas de Magallanes, propuesta por Ruiz y Doberti en 2005, y descrita en el capítulo 3. De hecho, los investigadores indican que, de las 2,2 millones de hectáreas de turberas presentes en la Región, un 65% se encuentra en zonas de preservación (parques o reservas), 18% presenta potencial productivo y 17% no presenta información suficiente. La superficie propuesta como zonas de aptitud productiva, tiene su propia relevancia, en el sentido del potencial productivo que ellas significan para la región, ya que las grandes reservas de turba contenidas en ellas permiten establecer que es posible plantear el desarrollo regional de la actividad extractiva de turba en términos sustentables.

Ahora bien, considerando que la accesibilidad a las áreas de operación, es una variable relevante en el valor comercial de la turba y por lo tanto, determinante en la posibilidad de desarrollo de la actividad en el futuro inmediato, sobre la base de la actual red de acceso terrestre de uso público, la zona de aptitud productiva en áreas a menos de 5 kilómetros se estima en el orden de 30.000 ha y en 150.000 ha. las áreas a menos de 20 kilómetros, lo que equivale en su conjunto al 35 % del total de la superficie de la zona de aptitud productiva. Lo anterior permite ratificar la posibilidad del desarrollo de la actividad extractiva en el corto y mediano plazo (Ruiz y Doberti, 2005).

8.9 CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN

A la luz de los resultados, es posible clasificar las turberas en estudio por su **vegetación** dominante. Todos los sitios estudiados corresponden a turberas altas dominadas por *Sphagnum magellanicum*, las cuales se distribuyen en regiones con rangos de precipitación entre 500 y 1200 mm y condiciones de mayor continentalidad, lo que coincide con lo señalado por Kleinebecke (2007).

Se infiere que las turberas naturales sin intervenir (Maynard y Vicuña) podrían corresponder al grupo clasificado por Kleinebecke (2007) como “Carpeta húmeda de *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs)”. Esta comunidad se encuentra en la parte continental. Presenta una densa carpeta roja de *S. magellanicum*, con el nivel del agua muy cercano a la superficie y rodeada de depresiones (hollows). Presencia de pocas plantas, principalmente gramíneas.

Probablemente, previo a su intervención, el resto de las turberas (San Juan, Cameron, Rubens, Plinius, Andinos) presentaron una condición similar a la anterior, incluso a pesar de la cercanía de San Juan y Cameron al estrecho de Magallanes, situación distinta a la estudiada por Kleinebecke, quien estudió la influencia del Océano Pacífico. De hecho, todas las turberas estudiadas, según la clasificación más amplia y general de Pisano (1977), coinciden con la Asociación de *Sphagnum magellanicum*. Esta asociación se ubica en un rango de precipitaciones de 600 a 1500 mm, se distribuye desde el paralelo 52° hacia la Isla Navarino, tanto cercana a la costa como en áreas submontanas. *Sphagnum magellanicum* es el dominante absoluto del estrato basal, y se encuentra acompañado principalmente de *Empetrum rubrum*, *Caltha appendiculata*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus antártica*, *Marsippospermum*.

Las condiciones extremas que caracterizan a las turberas hacen que la riqueza de especies sea baja comparada con los ecosistemas adyacentes, generalmente boscosos y relativamente más diversos.

Cabe mencionar que el Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, proyecto que apoya este estudio, aún se encuentra en desarrollo, razón por la cual la metodología propuesta inicialmente fue aplicada de manera parcial.

En cuanto a la **caracterización hidrológica**, por razones presupuestarias, falta de equipamiento, tiempo y especialistas en esta disciplina, no fue posible aplicar la metodología inicialmente formulada. Claramente, ya se ha señalado durante esta investigación la relevancia de la caracterización hidrológica en una turbera. En estos ecosistemas existe una mutua y fuerte interdependencia entre las plantas, agua y turba. Esta estrecha relación determina la vulnerabilidad de las turberas frente a la interferencia humana (Parish *et al*, 2007). Las plantas determinan el tipo de turba y las propiedades hidráulicas. El agua determina cuáles plantas crecerán, cuáles acumularán turba y cuánta descomposición habrá. La estructura de la turba determina cómo será el movimiento del agua y las fluctuaciones del nivel del agua. Estas estrechas interacciones generan que, si alguno de estos elementos es alterado, todos los otros componentes se verán afectados. Sin duda, tales cambios a nivel ecológico alterarán los servicios que la turbera puede ofrecer. Si bien no fue posible determinar en todas las turberas el nivel freático, en las turberas sin intervenir este se encontraba

muy cercano a la superficie. En consecuencia, resulta primordial y urgente caracterizar hidrológicamente a las turberas de Magallanes.

También es posible clasificar a las turberas según los principales aportes de agua que estas reciben. Los sitios estudiados corresponderían al grupo de las turberas ombrotáficas, ya que están dominadas principalmente por *Sphagnum magellanicum* y por la alta probabilidad de que el principal aporte de agua provenga mayoritariamente de precipitaciones.

En lo que respecta a su estratigrafía, todas las turberas estudiadas presentaron alto grado de descomposición de la turba (H8) según Von Post, incluso San Juan presentó H9, lo que indica en alto grado de descomposición de la materia orgánica. La profundidad de la turba varía en un rango de 2 a 4 metros, valores menores a los presentados en turberas del Hemisferio Norte, debido a la mayor antigüedad de estas últimas. Algunas turberas presentan un estrato de ceniza volcánica (tefra), lo que se explica por la intensa actividad volcánica del área de estudio durante su historia geológica.

En cuanto a la **caracterización físico química**, los valores de pH, cuyo rango fue de 3 a 4, de carácter altamente ácido, fueron los esperados según Rochefort y Lode, (2006). Las turberas estudiadas corresponden a turberas ombrotáficas, que presentan pH ácido, pocos nutrientes y reciben suministro hídrico sólo por precipitaciones. Valores de pH ácidos favorecen la conservación de especies vegetales especialmente adaptadas a este tipo de turberas, tal como *Sphagnum magellanicum*.

Según Rochefort y Lode (2006), los valores de conductividad deberían ser cercanos a 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,39 dS/cm), para turberas ombrotáficas. La mayoría de los sitios de estudio no coinciden con estos valores. En cuanto a los nutrientes, todos los valores obtenidos indican que los nutrientes son escasos y comienzan a aumentar a mayor profundidad. Tal situación debería ser propicia para el restablecimiento del *S. magellanicum* en condiciones de escasez de nutrientes, sin embargo, al parecer los valores son excesivamente bajos. Rochefort y Lode (2006) señalan que el efecto de los nutrientes no es determinante en el crecimiento del musgo. Esto debiera ser profundizado en estudios posteriores.

El análisis de los porcentajes de materia orgánica indica que los sitios estudiados presentan valores dentro de lo esperado para este tipo de turberas y similares porcentajes de materia orgánica entre ellos, en un rango de 80 a 90%, salvo en el caso de Cameron, cuyos valores se reducen significativamente en profundidad. La mayor descomposición se encuentra a mayor profundidad.

En lo que respecta a la **caracterización microbiológica**, debe mencionarse que debido a razones presupuestarias y de accesibilidad, fue posible extraer muestras de turba para los análisis microbiológicos sólo en 2 de las 7 turberas en estudio: San Juan y Andino. En ambos casos, las muestras de turba presentaron escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas, lo que es esperado pues las asociaciones de musgo *Sphagnum* en estudio, presentan un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío, previniendo la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto con mayor rapidez (Díaz *et al*, 2008).

Por otra parte, la turba cosechada de ambas turberas presentó importantes efectos antimicrobianos, pues se desarrollaron halos inhibitorios similares y homogéneos. Se presentó respuesta antimicrobiana por los extractos diluidos en *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli* en gram positivo, mientras que en gran negativo hubo efecto antimicrobiano en *Candida albicans*. Tales resultados abren una interesante línea de investigación para futuros estudios más acabados, tendientes a la identificación de los probables compuestos fenólicos, responsables específicos de esta respuesta farmacológica (Wallach *et al*, 2010).

En relación a los usos de las turberas de Magallanes, según se desprende de los resultados de esta investigación, la turba de los sitios estudiados satisface adecuadamente los requerimientos para su uso como sustrato, humus, fertilizante, medio de soporte para embalaje, entre otros. Lo anterior avala el potencial del recurso y la posibilidad del desarrollo de la actividad extractiva de turba.

Sin embargo, para que la turba magallánica se utilice de forma eficaz en la elaboración de productos a base de turba, se debe tener en consideración un adecuado protocolo de extracción, requerimientos técnicos estandarizados y un marco regulatorio actualizado. Por otra parte, se necesita mayor investigación científica para determinar las características específicas de la turba magallánica para los usos no tradicionales, especialmente los relacionados con la industria química, balneología y terapias.

La síntesis de la valoración de las siete turberas en estudio, estructurada de manera comparativa para cada turbera según la caracterización general, vegetacional, hidrológica, físico química, microbiológica y potenciales usos de la turba de Magallanes se presenta en el Capítulo 9 (ver Cuadro N° 9.4).

8.10 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

ARAVENA, JUAN CARLOS. 2009. Primer Informe Técnico de Avance. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. INIA Kampenaike. Punta Arenas.

ARAVENA, JUAN CARLOS VILLA, RODRIGO. 2011. Paleo ecología en turberas de la Reserva Nacional Laguna Parrillar y Parque Privado Karukinka. En: SEREMI Agricultura Magallanes – INIA Kampenaike. 2011. Informe de Avance. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. Punta Arenas.

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA.- AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA. 2003. Diagnóstico actual del riego y drenaje en Chile y su proyección. Informe Final. Diagnóstico del riego y drenaje en la XII Región. Comisión Nacional de Riego.

BAUMANN, MARTIN ANDREAS. 2006. Water flow, spatial patterns, and hydrological self-regulation of a raised bog in Tierra del Fuego (Argentina). Diploma Thesis in Landscape Ecology & Nature Conservation. Ernst-Moritz-Arndt University Greifswald. Institute of Botany and Landscape Ecology.

CASPERS, G. & A. HAUSER. 2000. Estudio de turberas altas (“Pomponales” raised bogs) en la XII Región de Chile. Cooperación Técnica Chileno – Alemana, Sernageomin – Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales. Informe Técnico, Hannover.

DÍAZ, MF., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista chilena de Historia Natural. 81(4): 455-468

HAUSER, ARTURO. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus perspectivas de utilización. Revista Geológica de Chile. Vol 23 (2). SERNAGEOMIN.

HENRÍQUEZ, J.M. 2004. Estado de la turba esfagnosa en Magallanes. Capítulo 8. En: Blanco DE & VM Balze (eds). Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad, Publicación No. 19: 87-92. Wetlands International - América del Sur, Buenos Aires, Argentina.

HENRIQUEZ, J.M. 2011. Caracterización de la flora vascular de turberas de la Región de Magallanes, Chile. En: SEREMI Agricultura Magallanes – INIA Kampenaike. 2011. Informe de Avance. Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. Punta Arenas.

HEUSSER, CALVIN J. 1989. Late Quaternary vegetation and climate of southern Tierra del Fuego. Department of Biology, New York University, New York, New York 10003, USA. Quaternary Research. Vol 31 (3): 396-406.

INIA KAMPENAIKE. 2011. Segundo Informe de Avance Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. SEREMI de Agricultura Región de Magallanes y Antártica Chilena. Punta Arenas.

INSTITUTO DE LA PATAGONIA. 2010 Clima de Magallanes. Disponible en: http://www.umag.cl/climatologia/clima_magallanes.htm

KILIAN, ROLF et al. 2003. Holocene peat and lake sediment tephra record from the southernmost Chilean Andes (53-55°S). *Rev. geol. Chile* [online]. 2003, vol.30, n.1, pp. 23-37.

KLEINEBECKER, Till. 2007. Patterns and gradient in South Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. Universität Munster.

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

PARISH, F.; SIRIN A.; CHARMAN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T; SILVIUS, M. 2007. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PÉREZ, PABLO. 2010. Caracterización y determinación microbiológica de posibles efectos antimicrobianos "in vitro" de la turba del musgo *Sphagnum magellanicum* BRID de la Región de Magallanes. Tesis (Médico Veterinario). Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Santo Tomás.

REPETTO, FIORELLA. 2009. Abriendo caminos para la conservación en Patagonia: restauración ecológica y desarrollo social en caminos públicos dentro de áreas protegidas: el modelo de Karukinka (Tierra del Fuego). Proyecto para la obtención del Máster en Restauración de Ecosistemas. U. de Alcalá – UCM – UPM – U. Rey Juan Carlos.

ROCHFORT, LINE; LODE, ELVE. 2006. Restoration of Degraded Boreal Peatlands. Capítulo 17. Ecological Studies, Vol.188. R.K. Wieder and D.H.Vitt (Eds.) Boreal Peatland Ecosystems. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

RUIZ Y DOBERTI. 2005. Catastro y caracterización de los turbales de Magallanes. Código BIP N°20196401-0. INFORME FINAL. Punta Arenas.

SAAVEDRA, BARBARA. 2006. Karukinka, nuevo modelo para la conservación de biodiversidad. CIPMA. Revista Ambiente y Desarrollo 22(1): 21-27 Santiago de Chile.

SAAVEDRA, BARBARA. 2011. Parque Natural Karukinka. Galería de Imágenes. Disponible en: <http://www.karukinkanatural.cl/imagenes>. Fecha consulta: 15/08/2011.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (SERNAGEOMIN). 2003. Mapa geológico de Chile: Versión digital. Publicación geológica digital. N° 4. CD-ROM. Versión 1.0. Base Geológica escala 1:1.000.000.

VIVANCO, ROBERTO. 2010. Propuesta para desarrollar productos de alto valor agregado de turba extraída de la Región de Magallanes. Memoria (Ingeniero Agrónomo). Escuela de Agronomía, Universidad Santo Tomás. 63 p. Santiago.

WALLACH, P.; MAIER, L.; LOPEZ, L.; OBERPAUR, C. y VACCAREZZA, F. 2010. Estudio preliminar de efectos antimicrobianos "in vitro" del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. *Agro Sur* Vol.38 (2). Valdivia.

WCS CHILE. 2011. Karukinka Tierra del Fuego, Chile. Disponible en: <http://www.karukinkanatural.cl/imagenes/07/Mapa-Karukinka2009.pdf>. Fecha consulta: 20/08/2011.

CAPÍTULO IX

RESULTADOS PRELIMINARES

En este capítulo se presentan los resultados preliminares del estudio. En el primer apartado se describen los fundamentos ambientales del problema, los cuales permiten establecer su dimensión ecológica. Han sido ordenados en cuatro temas: antecedentes y conceptos sobre las turberas, las turberas a nivel nacional y su problemática, la valoración y funciones de las turberas y aspectos sobre la restauración de turberas degradadas. Cada una de estas temáticas ha sido tratada en profundidad en los capítulos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Luego, en el segundo apartado se analizan las regulaciones del problema, sintetizando los aspectos normativos e institucionales relacionados con las turberas, a nivel internacional y nacional. En el tercer y último apartado, se presenta una síntesis y análisis comparativo sobre la valoración específica de las turberas estudiadas en la región de Magallanes.

A continuación se sintetizan y analizan los aspectos claves para cada una de ellas

9.1 RESULTADOS SOBRE LA DIMENSIÓN ECOLÓGICA DEL PROBLEMA

9.1.1 Antecedentes sobre las turberas

Las turberas representan entre el 50 - 70% de los humedales del mundo. Su superficie, que fluctúa entre los 3,8 y 4,1 millones de hectáreas, corresponde al 3% de la superficie de la tierra (Gunnarsson, 2005). Están distribuidas en los cinco continentes, sin embargo se concentran en las zonas frías del Hemisferio Norte (Ramsar, 2004). Se encuentran en zonas donde las temperaturas son bajas y la precipitación es abundante (sobre 2.000 mm anuales) durante todo el año.

También es relevante destacar que la distribución de las turberas y la formación y acumulación de turba es función principalmente del clima. Como resultado de las grandes variaciones climáticas y biogeográficas, existe gran diversidad en los tipos de turberas presentes en el planeta. Las turberas cubren 4 millones de hectáreas y se encuentran en todos los continentes, concentrándose en las regiones

boreales, subárticas y tropicales. Sin embargo, su inventario es insuficiente y debe ser completado.

Este tipo de humedales se caracteriza por presentar un estrato superficial biológicamente activo en forma de matriz continua, constituido por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas hidrófilas con gran capacidad de retener humedad. Destaca entre ellas, el género *Sphagnum* sp. Bajo esta capa, se acumula gran cantidad de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica, bajo condiciones de saturación de agua permanente. Este material acumulado en forma de estratos subyacentes, se denomina turba y alcanza varios metros de profundidad (Iturraspe y Roig, 2000; Díaz et al, 2008).

Así, las principales características de las turberas son la acumulación y almacenamiento de turba, su permanente presencia de agua a nivel superficial y el continuo crecimiento en superficie. Es reconocida a nivel mundial su importancia como un gran sumidero de carbono en la turba y reservorio de agua. Por otra parte, las turberas presentan características claves para la conservación de la biodiversidad. Estas características las convierten en ecosistemas únicos, singulares, altamente especializados y valiosos, los cuales proporcionan particulares bienes y servicios, razón por la cual requieren mayor atención.

Strack (2008) y Schlatter y Schlatter (2004) señalan que las turberas se adaptan a condiciones extremas de agua alta y bajo contenido de oxígeno, bajas temperaturas, alta acidez, elementos tóxicos y baja disponibilidad de sustancias nutritivas para la planta (baja concentración de nitrógeno), lo que disminuye significativamente la presencia de hongos y bacterias. El principal componente biológico capaz de soportar estas condiciones es el musgo *Sphagnum*.

En cuanto a la ecología de las turberas, es relevante destacar la fuerte interconexión entre los componentes agua, turba y vegetación específica. Si alguno es removido, el balance entre ellos se verá significativamente alterado. En consecuencia, el ecosistema sufrirá cambios fundamentales. Se considera que el 90 % de una turbera es agua, por lo que juegan un rol fundamental en el abastecimiento de este elemento en lugares con presencia de temporada seca, ya que mantienen una disponibilidad de agua constante. Esto las convierte en vulnerables frente a la intervención humana (Parish et al, 2007).

En lo que respecta a la forma de clasificar a las turberas, existen diferentes criterios debido a la alta diversidad que existe entre ellas. Es posible clasificarlas según el contenido y origen de los nutrientes, la acidez y disponibilidad de los nutrientes, su formación de origen, sus características hidrológicas, según las comunidades vegetales que las habitan y según la forma de extracción de la turba.

Este tipo de humedales constituyen uno de los ecosistemas más productivos del planeta, brindando al mismo tiempo valiosos beneficios económicos, ecológicos y sociales al hombre (De la Balze et al., 2004).

No obstante, su valor ecológico y atributos ambientales aún no han sido precisados como para determinar su potencial explotación y manejo. Las turberas en

particular constituyen ecosistemas frágiles, vulnerables a la intervención humana. De allí que a nivel mundial han sido objeto de la preocupación conservacionista; especialmente en Europa, donde la intervención también ha sido de mayor impacto (Schlatter y Schlatter, 2004).

Ha existido una presión mundial sobre las turberas, la que ha provocado la significativa disminución del área mundial cubierta por ellas. A partir de 1800, el área global de turberas se ha visto reducida entre un 20% y 30%, siendo la actividad humana la principal causa de dicha reducción, tanto a escala local como global. Estas pérdidas ocurren en mayor cantidad en las zonas templadas y tropicales, siendo la agricultura, la forestación y la extracción de turba para fines energéticos y hortícolas las mayores causas de alteración de las turberas a nivel mundial. Sin embargo, debe mencionarse que el 80% del área global de turberas se mantiene aún prístina.

En el Hemisferio Norte la explotación de turberas ha alterado el balance de carbono en dichos ecosistemas, disminuyendo las reservas del mismo con una tasa 10 veces más rápida que la de acumulación (Armentano y Menges 1986; Joosten 2000). El drenaje, remoción y abandono de turberas ha alterado severamente el funcionamiento de estos ecosistemas, siendo incapaces de recolonizarse (Johnson *et al.* 2000).

Los turberas son consideradas por los especialistas como de alto riesgo de desaparición y, de no mediar un uso racional, el recurso turba podría agotarse fácilmente. Se necesita de acciones y reglas inmediatas para evitar el mal uso del recurso y en consecuencia la alteración irremediable del paisaje, así como la pérdida de todos los beneficios conocidos y potenciales que estos ecosistemas brindan al hombre y que podrían ser afectados (turismo, educación, conservación, etc.).

9.1.2 Las turberas a nivel nacional y su problemática

En general, la información de humedales en Chile es dispersa, no sistemática, diversa, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones (CONAMA-CEA, 2006). Según el más reciente Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, que data del año 1999, la superficie de humedales en el país asciende a 4,6 millones de hectáreas. Sobre el caso específico de las turberas a nivel nacional, se debe mencionar que son ambientes bastante desconocidos y confusos, asignándoles escasa importancia. CONAMA-CEA (2006) han descrito un sistema de clasificación por ecotipo de humedales a nivel nacional, en el que se describe, entre otros humedales, a las turberas.

No se conoce la localización, distribución geográfica y características preliminares de turberas ni depósitos de turba en Chile, sólo catastros parciales como los de las regiones de Los Lagos y Magallanes. La Región de Magallanes concentra gran parte de los depósitos de turba de *Sphagnum* del país. Ruiz y Doberti (2005) han estimado una superficie de 2,27 millones de ha de turberas y una profundidad promedio de turba de 3,8 m.

Al respecto, es necesario contar con información completa, disponible y trabajo de terreno. En este sentido, no es posible determinar el estado de conservación de turberas y pomponales en Chile debido a la inexistencia de un catastro que cuantifique el recurso a nivel nacional. Al respecto, resulta altamente necesario elaborar y mantener un catastro nacional de turberas y pomponales a fin de determinar su distribución, cuantificación y zonas prioritarias de conservación. En cuanto a su explotación, no se conoce en qué lugares del país sería más crítica la explotación de turberas.

Existe en Chile un desconocimiento de las funciones ecológicas que cumplen las turberas, humedales de gran importancia mundial. Se considera clave fomentar a nivel nacional el estudio de las turberas, hacer partícipe a entidades gubernamentales, organismos privados, universidades, entre otros. Es urgente la necesidad de investigar estos humedales, especialmente como reguladores del ciclo hidrológico y como fuente de almacenamiento de carbono. De hecho no se conocen los beneficios que podrían obtenerse como reservorio de carbono a nivel nacional. En cuanto a su balance hídrico, no se sabe qué ocurriría al eliminar mayores superficies de turberas pertenecientes a una misma cuenca.

En relación a la biodiversidad de estos ecosistemas, no se conocen especies protegidas o en alguna categoría de conservación que dependan de las turberas para su supervivencia. Queda de manifiesto la importancia de difundir los resultados de los estudios realizados en estos ecosistemas a la comunidad y crear conciencia de la necesidad de conservar las turberas. Como país se debe acoger el llamado que hace la Convención de Ramsar, en el sentido de inventariar estos humedales y otorgarles la prioridad para su conservación.

Actualmente, en lo que respecta al uso y conservación de turberas en Chile, se debe mencionar que existe un aprovechamiento cada vez mayor de estos ambientes. Esto se debe básicamente a que además de extraérseles y aprovechar las fracciones de depósitos vegetales en descomposición incompleta (la turba propiamente dicha), últimamente se ha sumado la explotación del musgo *Sphagnum* sp., que se encuentra generalmente en la superficie de las turberas (Valenzuela-Rojas y Schlatter, 2004).

En Chile, la turba ha sido explotada comercialmente para horticultura y jardinería durante los últimos 20 años, pero la actividad estaba restringida a unas pocas localidades. Este panorama ha cambiado en los años recientes, pues se ha observado un sostenido aumento de su interés comercial, aumentando significativamente las demandas para la explotación de turberas. Esto ha provocado la necesidad de definir lineamientos claros y de una estrategia para la toma de decisiones en cuanto al manejo y uso racional de estos ambientes.

Según Ursic (1989), citado por Green (2001), sólo un 12% del área de turberas a nivel nacional sería explotable comercialmente, debido principalmente a su difícil accesibilidad y a su alta presencia en áreas silvestres protegidas. De hecho, un porcentaje importante de las turberas nacionales se encuentran protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), especialmente en Magallanes, donde la superficie de turberas protegidas por el Estado asciende al 65% (Ruiz y Doberti, 2005). Por otra parte, una superficie importante de turberas se distribuye en áreas de difícil acceso, con escasas redes viales, lo cual ha provocado poco interés. Sin embargo, el mejoramiento de las redes viales y la apertura de

nuevos caminos, en la última década, ha favorecido el acceso a áreas de turberas aumentando el interés de empresarios por explotar este recurso (Henríquez, 2004).

En cuanto a la explotación de las turberas, en la Región XII, actualmente se estima que solo alrededor de un 0,003% de la superficie total de ellas ha sido explotada, existiendo solo 3 explotaciones en curso, lo cual indica, que es una actividad de bajo impacto e incipiente desarrollo que presenta muy buenas perspectivas económicas, tanto por la demanda y precios transados, como por la abundancia y calidad del recurso. En la Región de Los Lagos, Isla de Chiloé se encuentran en explotación dos turberas.

Debido al interés de empresas extranjeras productoras de turba, que visualizan a Chile como un buen lugar para desarrollar su actividad extractiva, es posible que aumente la explotación industrial de este recurso. Por otra parte, debido a la actual coyuntura política y económica mundial y nacional, existe una presión sobre las fuentes energéticas no convencionales, como es el caso de la turba, vislumbrándose por parte de las empresas ligadas al rubro energético buenas perspectivas económicas para la explotación minera de las turberas.

En relación al marco regulatorio de la turba, aspecto desarrollado con mayor detalle en el capítulo 8, en Chile no existe una Política Nacional ni normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas. Por el contrario, la normativa actual promueve la extracción de turba y la clasifica como minería no tradicional, en desmedro de su conservación. La turba en Chile es considerada un recurso fósil no metálico y por lo tanto “no renovable”. Así, su explotación se rige por las normativas del Código de Minería, sin embargo, ninguno de sus artículos regula su extracción y sólo hace referencia a su condición de recurso concesible al ser un producto fósil, señalando también que constituye un derecho real e inmueble, distinto e independiente del dominio superficial. La explotación de la turba constituye una actividad minera no tradicional. La concesión minera está por sobre los derechos de propiedad del dueño del predio. En cuanto al musgo *Sphagnum*, género que domina en superficie las turberas, no hay en Chile una normativa o ley que regule su extracción (ver capítulos 7 y 9.2).

SERNAGEOMIN es la institución del Estado encargada de recabar información respecto a la localización, propiedades físico-químicas, espesores explotables, evaluación preliminar de reservas y modalidades de explotación del recurso turba en Chile, sin embargo su labor al respecto ha sido escasa. En relación al musgo *Sphagnum*, no existe una institución gubernamental encargada de su protección y conservación.

No se conoce la situación de explotación de turberas en Chile, ni se dispone de información sobre aspectos legales y proyectos de explotación. Actualmente, no se informa al SERNAGEOMIN lo concerniente a métodos de explotación de turba. Desde la perspectiva ambiental, se establecen dimensiones relativas al volumen a extraer o superficie a drenar, para el respectivo examen de pertinencia de ingreso al SEIA (Ley N° 19.300). La fiscalización de la explotación un vez aprobado el proyecto se diluye en las diversas atribuciones que recaen en diversos servicios (Dirección Regional de Aguas, SEA (Servicio de Evaluación Ambiental), Servicio de Salud, SAG,

etc.). Se debe tener presente que no todas las explotaciones de turba pasan por el SEA.

Acorde al análisis realizado en el capítulo 3, se identifica que la explotación de las turberas nacionales representa tanto una oportunidad de desarrollo, como un complejo y creciente problema, que requiere del trabajo conjunto de los sectores público y privado para abordar las líneas estratégicas que favorezcan el desarrollo equilibrado de las distintas actividades económicas ligadas al uso de ellas. Ahora bien, se puede inferir que existen ciertos elementos que dificultan la propuesta de un plan de gestión ambiental de turberas a nivel nacional. Sobre la base de lo anterior, aunque se reconoce que los ecosistemas turberas, a nivel nacional presentan un alto valor ecológico, su protección reviste gran complejidad.

9.1.3 Valoración y funciones de las turberas

9.1.3.1 Beneficios de las turberas

Las turberas son altamente valiosas para la sociedad debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel global, regional como local. Según Joosten y Clarke (2002), tales beneficios se desglosan en cuatro aspectos:

- Funciones de regulación o servicios ecosistémico
- Funciones productivas
- Funciones trasmisoras (“carrier”)
- Funciones de información

En el Cuadro N° 9.1 se resumen las funciones de las turberas para el beneficio del ser humano.

A parte de los variados usos que el ser humano hace estos ecosistemas, las turberas contribuyen a la diversidad biológica, al ciclo hídrico y al almacenamiento mundial de carbono. Desempeñan una función global fundamental al regular la hidrología, manteniendo la calidad del agua dulce y la integridad de los ciclos hidrológicos, constituyendo verdaderos reservorios hídricos (Bullock & Acreman, 2003). Ha cobrado importancia en la actualidad su rol en la regulación de la química atmosférica del planeta, actuando como fuente y sumidero de carbono, incluso superando al de los bosques, y por lo tanto la relevancia actual de preservarlas para prevenir el aumento de las emisiones de gases con efecto invernadero y el calentamiento global (Clymo & Hayward 1982, Clymo et al. 1998, Gorham 1991, Moore et al. 1998). Los depósitos de turba son también relevantes desde el punto de vista de la conservación del patrimonio arqueológico y cultural. Constituyen un archivo paleoambiental irremplazable, que contiene información sobre los cambios bioclimáticos que ha sufrido en planeta, durante el correr de los siglos (Joosten y Clarke 2002, Blanco y de la Balze 2004).

Por lo anterior se puede afirmar que las turberas constituyen ecosistemas de alto valor económico, ambiental y social y son 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 defina claramente cómo realizar las labores de extracción y las medidas específicas de mitigación, como también cuáles serán las áreas destinadas a la actividad extractiva y de conservación. Para que esto tenga efecto, las actividades económicas que se desarrollen en torno a las turberas deberán ser parte de la normativa jurídica y políticas públicas del sector, las cuales deben ser validadas por la comunidad en general. Al respecto, surge el concepto del enfoque ecosistémico como principal estrategia para enfrentar el problema.

Cuadro N° 9.1. Funciones de las turberas para el beneficio del ser humano

<p>1. Funciones de regulación o servicios ecosistémicos</p> <p>4.1 Regulación del clima global 4.2 Regulación del clima global y regional 4.3 Regulación de la hidrología de la cuenca 4.4 Regulación de la hidroquímica de la cuenca 4.5 Regulación de las condiciones de suelo del ecosistema</p>	<p>2. Funciones productivas</p> <p>2.1 Extracción de la turba y su uso ex situ como: Humus y fertilizante orgánico en agricultura Sustrato para horticultura Generación de energía Materia prima para la industria química Cama para animales de establo Filtros y material absorbente Textiles Material aislante y para embalajes Balneología, terapias, medicina y cuidado corporal Resaltador de sabores</p> <p>2.2 Agua potable</p> <p>2.3 Algunas plantas silvestres que crecen en turberas son usadas para: Alimentos Materia prima para productos industriales Medicina</p> <p>2.4 Animales silvestres para alimentación, pieles y medicina</p> <p>2.5 La turbera utilizada como sustrato in situ para: Cultivos agrícolas u hortícolas Forestación</p>
<p>3. Funciones trasmisoras o “carrier”</p> <p>3.1 Reserva de agua para hidroelectricidad, riego, agua potable y recreación 3.2 Estanques o lagunas para la pesca 3.3 Uso urbano, industrial o desarrollo de infraestructura 3.4 Depósito de desechos (vertederos) 3.5 Pastoreo</p>	<p>4. Funciones de información</p> <p>4.1 Mantención de la biodiversidad 4.2 Funciones históricas, culturales y sociales 4.3 Funciones estéticas y artísticas (ecoturismo y recreación) 4.4 Funciones de espiritualidad y simbolismos</p>

Fuente: Adaptado de Joosten y Clarke, 2002.

9.1.3.2 Impacto del ser humano sobre las turberas

La extracción de turba tiene importantes incidencias ambientales que repercuten tanto en el ecosistema como en la sociedad en el entorno de las turberas. Los turbales en la actualidad son ecosistemas amenazados y se han perdido o alterado como consecuencia de diversas actividades humanas. En la creación de una base de datos mundial sobre humedales, y según el informe "Examen global de los recursos de los humedales y prioridades de los inventarios de humedales", las turberas se definen como un tipo de humedal prioritario (Resolución VII.20 de Ramsar) y se señala, en particular, que se encuentran amenazadas principalmente por el drenaje destinado a generar más tierras para la agricultura y la forestación en Europa, Asia y Norteamérica. Todo esto a pesar de su importancia como sumidero de carbono y como recurso económico (RAMSAR, 2004).

El uso de las turberas para fines agrícolas y forestales, y la extracción de turba para el empleo de combustible y horticultura son las causas principales de perturbación de las turberas. Todos estos usos requieren la alteración de la hidrología de la turbera, resultando en la oxidación de la turba y la alteración de su biodiversidad y del balance de gases efecto invernadero (Strack, 2008).

Según Parish et al (2007), la intervención del hombre en las turberas ha destruido cerca del 25% de ellas a nivel mundial. De esta destrucción, un 50% corresponde a su uso agrícola, un 30% para forestación, 10% para extracción de turba y el 10% restante en desarrollo de infraestructura.

Existen numerosas razones por las que las turberas continúan siendo degradadas o transformadas. Los individuos más beneficiados con la conservación de las turberas son frecuentemente los residentes locales, quienes no están involucrados en las políticas y procesos de tomas de decisiones. Tales procesos generalmente son indiferentes a las necesidades locales. Muchos de los servicios que brindan las turberas (regulación climática, recarga de acuíferos, entre otros), no generan ingresos y por tanto no son atractivos para el mercado. Los individuos no tienen incentivos para mantener tales servicios (Parish et al, 2007).

Por otra parte, la degradación de las turberas provoca la alteración de los servicios ecosistémicos proporcionados por ellas, generando un daño importante. Se requerirán inversiones significativas para restablecer tales servicios. Los beneficios intangibles (servicios ecosistémicos), no valorados, proporcionados por las turberas son mayores que los beneficios monetarios obtenidos. Así, la valoración económica proporciona un importante argumento y constituye una poderosa herramienta para promover el enfoque de uso racional de las turberas (Parish et al, 2007).

Recientes estudios de organismos internacionales (Wetlands International, 2010) han determinado que las emisiones globales producto de la pérdida de suelos orgánicos de turberas suman más de 3000 millones de toneladas de dióxido de carbono (MT/CO₂) por año, lo que representa cerca del 10% de todas las emisiones antropogénicas globales. Pese a que la mayoría de las emisiones (2000 MT/CO₂)

ocurren en el Sudeste Asiático, otras 1000 MT/CO₂ son emitidas en las turberas de otras partes del mundo.

Dichas emisiones por pérdida de turberas actualmente no se contabilizan bajo el Protocolo de Kioto, solamente se reportan. La prevención de emisiones de suelos de turba drenados o degradados para los no-Anexo 1 no es elegible bajo el MDL. Dado lo anterior, organismos internacionales vinculados a estos ecosistemas están haciendo un llamado a contabilizar obligatoriamente las emisiones de turberas bajo el segundo periodo de compromisos de Kioto. Deben existir opciones para que los países desarrollados reduzcan emisiones prestando atención a la degradación de turberas en los países en desarrollo e incluir el carbono de suelos, así como las turberas deforestadas en cualquier política sobre reducción de emisiones (Wetlands International, 2010).

El desafío entonces es la implementación del uso racional de las turberas procurando maximizar los beneficios de manera sostenible. Hoy se sabe que para hacer un manejo adecuado de estos ecosistemas es necesario contar con el inventario del recurso y el ordenamiento ambiental del territorio, temas que serán tratados en el capítulo 10 (Wetlands International Argentina, 2010).

9.1.3.3 Uso racional de las turberas (“Wise Use”)

Las turberas presentan un amplio rango de valores y funciones. Así, existen distintos grupos de interés convocados por las turberas. Mientras algunas comunidades utilizan las turberas por sus funciones de producción, otras desean su preservación y su manejo para funciones de protección, regulación e información. Al respecto, surgen conflictos entre estos opuestos puntos de vista. Varios autores han señalado la urgente necesidad de aplicar nuevos enfoques de manejo, que consideran la valoración económica de estos ecosistemas y su uso racional (“wise use”). Joosten y Clarke (2002) definen el concepto uso racional de las turberas como aquel uso que no causará daño, tanto en el presente como en el futuro. Por otra parte, la Convención de Ramsar (2005), en la 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes, en Kampala, propuso la siguiente definición: “El uso racional de los humedales es el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas dentro del contexto del desarrollo sostenible”.

Existe una gran variedad de amenazas contra las turberas, las que requieren una actuación urgente nacional e internacional. Las posibilidades de uso racional, conservación y manejo - en adelante denominados como ‘**uso racional**’ - de los recursos mundiales de turberas son obstaculizadas no sólo por las limitaciones de la información científica y técnica, sino también por la influencia de los factores económicos, socioculturales y ambientales (Ramsar, 2002). Las turberas son de gran importancia internacional y su uso racional es fundamental para la aplicación de la Convención de Ramsar, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y otros instrumentos y acuerdos internacionales (ver capítulo 7) (Ramsar, 2002).

Ramsar (2002) propone una serie de enfoques y actuaciones prioritarios para la acción mundial en materia de uso racional y manejo de las turberas, agrupados en siete temas claves:

- A. Conocimiento de los recursos mundiales
- B. Educación y concienciación del público sobre las turberas
- C. Instrumentos normativos y legislativos
- D. Uso racional de las turberas
- E. Redes de investigación, centros regionales especializados y capacidad institucional
- F. Cooperación internacional
- G. Ampliación y apoyo

Joosten y Clarke (2002) proponen algunos criterios necesarios para guiar la toma de decisiones en el manejo de las turberas:

- e) El uso de las turberas debe asegurar la disponibilidad del recurso en cantidad y calidad.
- f) Si existe disponibilidad suficiente de turberas, una superficie limitada puede ser intervenida.
- g) Si el recurso turbera es escaso, tales ecosistemas no deben ser intervenidos
- h) El uso de la turbera para un fin específico debe obligatoriamente considerar y evaluar los efectos en todas las funciones de la turbera .

La Sociedad Internacional de Turba (IPS) y el Grupo Internacional de Conservación de Turberas (IMCG) cree que un manejo racional de los ecosistemas de turberas requiere un cambio en el enfoque sectorial tradicionalmente utilizado. IPS e IMCG, en un esfuerzo conjunto, proponen un nuevo enfoque integrado, en el que las estrategias de planificación consideren una visión holística que involucre a todos los sectores interesados y que asegure el análisis y manejo de los potenciales impactos en el ecosistema completo (IPS, 2009). Este enfoque permitirá identificar, analizar y resolver posibles conflictos en orden de planificar, diseñar e implementar las mejores opciones de manejo para cada turbera.

9.1.4 Restauración de turberas

La restauración ecológica de un hábitat es el proceso mediante el cual se ayuda a la recuperación de un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido. Debido al hecho que la restauración de un ecosistema del tipo humedal hacia sus patrones originales es casi imposible, una turbera debe ser mejorada tanto cuanto las limitaciones socioeconómicas y ambientales lo permitan. Las limitaciones ambientales se refieren a condiciones controlables tales como la hidrología y biología del ecosistema y a condiciones no controlables como el clima. En cuanto a las limitaciones socioeconómicas, estas serán muy variables, dependiendo de la escala y tiempo que ha durado la perturbación del ecosistema (Rochefort y Lode, 2006).

La restauración de las turberas degradadas es una actividad reciente y en consecuencia, poco estudiada. Además, es frecuentemente compleja, costosa y larga. Una vez que finaliza la extracción de turba, no sobreviven plantas ni diásporas en los sitios remanentes, pues la vegetación original ha sido completamente removida. En consecuencia, la recolonización se ve impedida. El sitio remanente presenta condiciones extremas para la germinación, debido a la sequedad y exposición a viento, evaporación y desecación. El drenaje intensivo reduce significativamente el nivel de agua, además, la capa viva activa, el acrotelmo, responsable de la mantención del nivel de agua, ha sido completamente removida, favoreciendo la compresión del suelo remanente (Quinty y Rochefort, 2003).

Las turberas drenadas y explotadas vuelven raramente a ser ecosistemas funcionales después del abandono, porque las faenas de drenaje y la extracción de la turba, alteran la composición y la hidrología de la turbera necesarias para el establecimiento del musgo *Sphagnum* (Van Seters y Price 2001, citados por Pérez, 2007). Por tal motivo, es importante actuar inmediatamente después de la finalización de la cosecha, para reducir al mínimo la degradación, descomposición y compactación de la turba superficial y otras pérdidas por erosión del viento o agua (Gorham y Rochefort 2003).

Según Wetlands International (2010), la restauración de turberas degradadas presenta una gran oportunidad para contribuir a la mitigación del cambio climático. Proyectos piloto en el sudeste Asiático, Rusia, Argentina y los Himalayas han demostrado que inversiones menores en detener drenajes y restaurar cobertura vegetal tienen un impacto significativo en términos de reducción de emisiones de gases de invernadero. La degradación de las turberas puede trastornar el suministro de agua y reducir su habilidad de controlar inundaciones, convirtiendo así la restauración de turberas en una estrategia prioritaria para la adaptación al cambio climático.

En el capítulo 4 se describen los conceptos claves que permitirán comprender y planificar una adecuada restauración de turberas que presentan algún grado de degradación.

El objetivo de la restauración de las turberas es el restablecimiento de los mecanismos de auto regulación, que llevan a la acumulación de turba funcional. Es decir, el éxito de la restauración del ecosistema de turbera se logra una vez que este

recupera su autosuficiencia y funcionalidad. Queda claro que esta meta se obtiene en un largo plazo (Quinty y Rochefort, 2003).

Dado lo anterior, en la práctica, los objetivos de la restauración de las turberas implican dos actividades fundamentales:

- El restablecimiento de la capa vegetal de la turbera dominada por *Sphagnum*.
- La rehidratación del sitio mediante el alza y estabilización del nivel freático, cercano a la superficie.

Primeramente, para la planificación de las actividades de restauración, resulta fundamental determinar cuál es el grado de degradación del ecosistema en estudio. Luego deben establecerse los factores claves en la restauración del ecosistema en particular. En términos generales, es necesario considerar tres factores claves:

- 4) Estructura de la turba. Tanto el acrotelmo como el catotelmo son responsables del régimen hidrológico de la turbera.
- 5) Flujos de agua. El almacenamiento de agua en la turbera está definido por las entradas menos las salidas de agua.
- 6) Tensión hídrica cercana a la superficie de la turba (Quinty y Rochefort, 2003)

Existen sólo dos protocolos de restauración conocidos y difundidos a nivel mundial: el primero preparado por un grupo de investigación canadiense, liderados por Quinty y Rochefort (2003) y el segundo preparado por investigadores de la Universidad de Greifswald, Alemania, liderados por Schumann y Joosten (2008). También es relevante destacar la experiencia de restauración desarrollada en Irlanda. A continuación se presenta un cuadro comparativo entre estas distintas propuestas y experiencias.

Cuadro Nº 9.2. Comparación entre los Protocolos de Restauración canadiense, alemán y la experiencia irlandesa

Protocolo de Restauración canadiense Quinty y Rochefort (2003)	Protocolo de Restauración alemán Schumann y Joosten (2008)	Experiencia de restauración irlandesa Proyecto Irish Raised Bog (Shouten, 2002)
<p>Basado en la reintroducción activa de especies vegetales de la turbera y el manejo hidrológico en orden de alcanzar y estabilizar el nivel freático.</p> <p>Etapas:</p> <p>8. Planificación de la restauración</p> <p>c) Condiciones del sitio, metas y objetivos.</p> <p>d) Planificación de las operaciones de restauración.</p> <p>9. Preparación de la superficie</p> <p>Mejorar las condiciones del sitio y aumentar la disponibilidad y distribución del agua para favorecer el establecimiento de las plantas que serán reintroducidas durante la restauración.</p> <p>10. Colección de plantas y su esparcimiento</p> <p>Debe haber dominancia del género <i>Sphagnum</i>.</p> <p>11. Esparcimiento de paja</p> <p>Permite proteger al suelo y a las plantas de las condiciones adversas.</p> <p>12. Fertilización</p> <p>13. Bloqueo de drenaje y creación de piscinas</p> <p>14. Monitoreo</p> <p>Se debe monitorear la vegetación (porcentaje de establecimiento y cobertura de <i>Sphagnum</i>) y la hidrología (napa freática, pH, % humedad de la turba).</p>	<p>Considera fundamental identificar los procesos claves desde el punto de vista biológico, hidrológico y químico responsables de los cambios observados al analizar los componentes del paisaje y su funcionamiento.</p> <p>Etapas:</p> <p>1. Definición del problema</p> <p>Los autores proponen resolver un extenso cuestionario que permite estimar la condición de la turbera (ver Cuadro 3.3).</p> <p>7. Formulación de los objetivos</p> <p>8. Participación pública</p> <p>9. Planificación de las evaluaciones</p> <p>Debe considerar un análisis de costos y beneficios de los aspectos involucrados.</p> <p>10. Monitoreo</p> <p>Biodiversidad: especies de plantas y animales</p> <p>Diversidad del hábitat: distribución en superficie y estructura.</p> <p>Hidrología: nivel y flujo del agua</p> <p>Química: disponibilidad de nutrientes y/o contaminantes</p> <p>11. Tipos de restauración según objetivos</p> <p>Se proponen 3 enfoques según los tres grandes objetivos de restauración de una turbera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restauración de la biodiversidad de las turberas - Restauración de las funciones hidrológicas de las turberas - Restauración de las emisiones de gases invernadero de turberas. 	<p>Proyecto basado en una alianza estratégica entre Irlanda y Holanda.</p> <p>Principales desafíos: superar los impactos del drenaje en distintos niveles.</p> <p>Turberas estudiadas: turberas altas (raised bog) de Clara Bog y Raheenmore. Ambas Reservas Nacionales Naturales, Áreas Especiales de Conservación y Sitios Ramsar.</p> <p>Etapas:</p> <p>1. Estudio de línea base</p> <p>Se debe realizar un detallado estudio de línea base, el cual debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio climático - Estudio geológico - Estudio hidrológico - Estudio vegetacional <p>2. Plan de restauración. Estructurado en 3 niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Micro escala a nivel de comunidades de plantas • Meso escala a nivel del ecosistema turbera • Macro escala a nivel del paisaje <p>3. Etapa de monitoreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de ecotopos • Monitoreo de especies indicadoras • Monitoreo de niveles superficial.

9.2 RESULTADOS SOBRE LOS ASPECTOS NORMATIVOS E INSTITUCIONALES

Como resultado de lo presentado en el capítulo 7, se ha elaborado un cuadro comparativo en el que se enumeran y sintetizan las regulaciones relativas a turberas tanto a nivel internacional como nacional (Cuadro N° 9.3).

No cabe duda que en los últimos años el reconocimiento internacional sobre la importancia de estos ambientes de turberas y la necesidad de su uso racional ha ido en aumento. En la actualidad el uso racional de estos ecosistemas es un aspecto relevante en variadas normativas, convenciones, acuerdos y reglamentaciones internacionales.

El análisis sobre los aspectos normativos permitió constatar que existen variados instrumentos regulatorios a nivel internacional. Todos los instrumentos internacionales indicados en el Cuadro N°9.3 se encuentran vigentes e integrados plenamente al ordenamiento jurídico nacional, si bien no se evidencia una aplicación práctica y actual de estos tratados en turberas, tampoco se descarta su uso, toda vez que constituyen compromisos asumidos por el Estado de Chile principalmente en materias medioambientales diversas, pero que tiene como denominador común la búsqueda de protección de este bien jurídico a través de distintos mecanismos. Sin duda, la iniciativa de mayor relevancia a nivel mundial en este tema es la Convención sobre los Humedales de Ramsar.

A nivel nacional, la regulación normativa de las Áreas Silvestres Protegidas es extensa, pero a la vez carece de sistematicidad y coherencia. Sólo un análisis pormenorizado de ellas permitirá establecer las bases sobre las cuales se deberá realizar la modificación e implementación de una política nacional de preservación de la biodiversidad, ello a la luz del mandato legal de la Ley N° 19.300.

En el país las actividades de aprovechamiento del recurso turba se encuentran regidas principalmente por reglas establecidas que parten desde la Constitución Política de la República, el Código de Minería, y otras normas sectoriales como son la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras y el Reglamento de Seguridad minero principalmente.

En el caso particular de las turberas chilenas, el desarrollo normativo e institucional ha sido escaso. Es necesario destacar que a nivel nacional el campo jurídico de las turberas se relaciona con el marco jurídico minero-extractivo como principal instrumento regulatorio, con todos sus requerimientos y procesos. Esta regulación desconoce que la turba más bien es un ecosistema independiente y autónomo, con componentes bióticos, no inertes, y reconocido como ecosistema de humedal en las normas internacionales y políticas internas y algunas normas nacionales. Esta regulación está más orientada a las actividades extractivas de las riquezas que al uso sustentable de los recursos.

Cuadro N° 9.3. Síntesis de las regulaciones sobre turberas.

Tipo de regulación	Nombre regulación	Año de validez	Descripción
CONVENIOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON TURBERAS	Convención sobre Humedales de Ramsar	1975	<ul style="list-style-type: none"> • Tratado intergubernamental relativo a la conservación y el uso racional de los humedales. • Presenta en concepto de uso racional de los humedales. • Reconoce la importancia mundial de las turberas, definiéndolas como un tipo de humedal prioritario, favoreciendo su inventario y evaluación mundial. • Suscrita por Chile y vigente desde 1981 mediante D.S. N° 771.
	Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)	1993	<ul style="list-style-type: none"> • Primer acuerdo mundial enfocado en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. • Proporciona recursos financieros para proyectos de biodiversidad mediante GEF. • Vigente en Chile como Ley desde 1995.
	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)	1994	<ul style="list-style-type: none"> • Busca estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas que repercutan negativamente en el sistema climático. • Vigente en Chile como D.S. N°123 en 1995.
	Protocolo de Kyoto	1997	<ul style="list-style-type: none"> • Pretende lograr los objetivos de la CMNUCC. • Contempla Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) para el cumplimiento de los fines de la CMNUCC.
	Convención de Washington	1940	<ul style="list-style-type: none"> • Busca la protección de la flora y fauna y las bellezas escénicas de América. • Ratificada en Chile en 1967.
	Otros acuerdos internacionales	1975	<ul style="list-style-type: none"> • Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES).
		1998	<ul style="list-style-type: none"> • Convenio de las Naciones Unidas para Luchar contra la Desertificación.
		1994 / 1995	<ul style="list-style-type: none"> • El Proceso de Montreal (1994). Declaración de Santiago: Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de bosques Templados y Boreales. 1995.
		1980	<ul style="list-style-type: none"> • La Convención sobre protección del patrimonio mundial cultural y natural.
		1981	<ul style="list-style-type: none"> • La Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres
ACUERDOS SUSCRITOS ENTRE CHILE Y OTROS PAISES	1992	<ul style="list-style-type: none"> • Tratado de Medio Ambiente entre Chile y Argentina • Emprendimiento acciones coordinadas o conjuntas en materia de protección, preservación, conservación y saneamiento del medio ambiente y orientadas a la utilización racional y equilibrada de los recursos naturales. • Vigente en Chile como D.S. N°67. 	
	1997	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile – Canadá. 	
	2004	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de la República de Chile y el Gobierno de los EEUU. 	

(continuación)

Tipo de regulación	Nombre regulación	Año de validez	Descripción
LEGISLACION NACIONAL RELACIONADA CON TURBERAS	Constitución Política de Chile	1980	<ul style="list-style-type: none">• Refleja la preocupación por la conservación y la preservación del patrimonio ambiental, pues establece entre las garantías constitucionales derechos fundamentales que se relacionan directamente con la protección del medio ambiente.• Asegura a todas las personas el derecho de vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
	Ley N°19.300 de Bases generales del medio ambiente y su actualización (Ley 20.173)	1994	<ul style="list-style-type: none">• Artículo 10: los proyectos o actividades condicionadas a someterse al SEIA. En su letra i, cita explícitamente la extracción de turba.• Artículo 38. Establece la obligación para los órganos competentes en la confección de inventarios de especies de flora y fauna silvestre y en la fiscalización las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, para conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Establece además la adopción de criterios de categorías de conservación.• Artículo 39. Establece que la ley velará porque el uso del suelo se haga en forma racional, a fin de evitar su pérdida y degradación.• Artículo 41. Señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuarán asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.• Artículo 42. Se refiere al organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, el que exigirá, de acuerdo con la normativa vigente, la presentación y cumplimiento de planes de manejo.
	D.S. N°95 Reglamento del SEIA	2001	<ul style="list-style-type: none">• Artículo 3, letra a) Se refiere a drenaje de cuerpos naturales de agua tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas turberas, vegas, albuferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los incisos anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea superior a diez hectáreas (10 há), tratándose de las Regiones I a IV; o a 20 hectáreas (20 há), tratándose de las Regiones V a VII, incluida la Metropolitana; o a treinta hectáreas (30 há), tratándose de las Regiones VIII a XII.• Artículo 3, letra i) Se refiere a los proyectos de desarrollo minero. Señala la extracción industrial de áridos, turba o greda; Se entenderá que estos proyectos o actividades son industriales si la extracción de turba es igual o superior a cien toneladas mensuales (100 t/mes), en base húmeda, o a mil toneladas (1.000 t) totales, en base húmeda, de material removido durante la vida útil del proyecto o actividad.• Artículo 6. El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.• Artículo 10. Se refiere al valor paisajístico o turístico de una zona que pueda ser alterada por un proyecto o actividad.
Ley N° 18.248 Código de Minería. Modif. Ley N° 19.719 (Ley N° 18.097 L. Orgánica Constitucional sobre concesiones mineras	1983 1982	<ul style="list-style-type: none">• Establece que cualquier interesado podrá constituir pertenencia sobre sustancias no metálicas.• La concesión minera es un título jurídico que da derecho a explotar de manera exclusiva la sustancia que se encuentre en el subsuelo, su duración es indefinida y puede ser solicitada por cualquier persona, nacional o extranjera.• La turba en Chile, independiente de las características físico-químicas, grado de descomposición de la materia orgánica, o clasificación respecto de la vegetación remanente, es considerada una sustancia fósil, no metálica y concesible, por lo tanto se rige por el Código de Minería. Sin embargo, ninguno de sus artículos regula su extracción.	

(continuación)

Tipo de regulación	Nombre regulación	Año de validez	Descripción
LEGISLACION NACIONAL RELACIONADA CON TURBERAS	Ley N°20.283 de Bosque Nativo y Fomento Forestal	2008	<ul style="list-style-type: none"> • Busca la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental. • Artículo 20. Se refiere a los productos forestales no madereros (la turba podría corresponder a uno de ellos) • Artículo 17. Se refiere a la protección de los humedales declarados Sitios Prioritarios de Conservación, por el SEA o sitios Ramsar. • Artículo 19. Prohíbe la corta, eliminación, destrucción o descepado de individuos de las especies vegetales nativas clasificadas en categorías de "en peligro de extinción", "vulnerables", "raras", "insuficientemente conocidas" o "fuera de peligro", que formen parte de un bosque nativo y la alteración de su hábitat. • Artículo 22. Se refiere a la existencia de un Fondo Concursable para la conservación, recuperación o manejo del bosque nativo.
	Ley N° 18.755. Ley Orgánica del SAG	2006	<ul style="list-style-type: none"> • En sus artículos 2 y 3f trata sobre la conservación de los recursos naturales, la aplicación de la Ley de Caza y el cumplimiento de las convenciones pertinentes. • Artículo 46. Indica la responsabilidad del SAG en materia de subdivisiones de predios rústicos y cambios de uso de suelos, procesos que contribuyen a la pérdida y deterioro del recurso suelo y biodiversidad. • Artículo 3, letras g,j,k,l. Se establece la facultad del SAG para realizar estudios y catastros específicos sobre la magnitud y estado de los recursos naturales renovables, proponer regulaciones en materia de flora del ámbito silvoagropecuario y promover programas destinados a la protección de suelos y aguas
	DL N° 3.557 Disposiciones sobre protección agrícola	1980	<ul style="list-style-type: none"> • Artículo 26. Establece que las exportaciones de musgo sean amparadas por un certificado fitosanitario y por lo tanto controla su comercio exterior.
	Ley N° 18.450 Modif. Ley N°19.604 Fomento de la Inversión privada en obras de riego y drenaje	1985	<ul style="list-style-type: none"> • Busca incrementar la superficie regada del país, provocar un mejoramiento del abastecimiento de agua en aquellas áreas regadas en forma deficitaria, incentivar un uso más eficiente de la aplicación del agua e incorporar nuevos suelos a la explotación agropecuaria. • Subsidia proyectos de drenaje. En el caso de las turberas, presenta implicancias negativas pues favorece su drenaje, lo que ha ocurrido, principalmente en la región de los Lagos.
	D.L. N°701. Modif. Ley N°19.561 sobre Fomento Forestal	1974	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos 1 y 12. Promueven la forestación a través de incentivos en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados. Hace especial mención a suelos de ñadis, los que pueden albergar turberas • No obstante el Artículo 13 incentiva y fomenta la protección de fuentes de recursos hídricos, lo que es aplicable a la protección de turberas y humedales.
	Acuerdo N° 287 Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales	2005	<ul style="list-style-type: none"> • Responde a la necesidad del país de abordar de manera concertada, adecuada y eficiente la protección efectiva de sus espacios húmedos.
	D. N°82 Reglamento de Suelos, Agua y Humedales	2011	<ul style="list-style-type: none"> • Protege los suelos, manantiales, cuerpos y cursos naturales de agua y humedales declarados sitios prioritarios de conservación, por la CONAMA, o sitios Ramsar, evitando su deterioro y resguardando la calidad de las aguas.

(continuación)

Tipo de regulación	Nombre regulación	Año de validez	Descripción
	Otras normativas nacionales relacionadas con turberas		<ul style="list-style-type: none">• Ley N° 19.283 Ley de caza• Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura• D.S. N° 475 Subsecretaría de Marina. Uso de Borde Costero del Litoral• Ley N° 18.695 de Municipalidades sobre zonas de protección ecológica• Ley 17.288/70. Mod. Ley 20.021 2005 Ley de Monumentos Nacionales• Ley 20017/05 Código de Aguas.• Ley 3.557/80 Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola.• Ley 18.362/84 Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.• Ley 18.378/84 Conservación en Predios Agrícolas.• D. L. 1.939/77 Sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado

El marco regulatorio actual de la turba en Chile no constituye una normativa que asegure el uso racional y conservación de las turberas, por el contrario, promueve la extracción de turba en desmedro de la conservación, ya que la turba al ser considerada como recurso minero se encuentra disponible a concesión. Además existen normativas que se muestran contrarias a los intereses de la conservación de estos ecosistemas.

Debe tenerse en cuenta que los convenios internacionales gozan de una jerarquía superior a la del propio Código de Minería nacional en esta materia. Existe una clara falencia a nivel nacional de regulaciones que protejan estos ecosistemas, resguarden sus componentes ambientales y su importancia estratégica en base a su valor económico, social y ecosistémico (Praus y Ríos, 2009).

Sin embargo, han existido acciones concretas por parte de organismos competentes en materia ambiental, que han desarrollado un conjunto de políticas y estrategias, amparadas en convenios internacionales suscritos por Chile, los que guardan relación tanto con la protección de la diversidad biológica, como de los humedales y ecosistemas entre los cuales se encuentran expresamente incluidos las turberas.

Según el estudio de Ruiz y Doberti (2005), se determinó que de la superficie de total de turberas emplazadas en la región de Magallanes, una importante proporción se encuentra dentro del SNASPE. Así, de los 2.270.126 de hectáreas calculados y catastrados de turberas en la región, una alta proporción del orden del 65%) se encuentra en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE). Lo anterior constituye un escenario favorable para la protección y resguardo, tanto de la turba como del ecosistema de turbera.

Praus y Ríos (2009) y Hervé *et al* (2011), plantean y sintetizan algunos aspectos claves en relación a la problemática normativa de las turberas en Chile:

- Existe una notable dispersión de la normativa aplicable a la gestión de las turberas en diversos Ministerios y Servicios.
- Se requiere de un marco legal específico que considere la explotación y protección turberas de *Sphagnum*. Dicha regulación debe considerar el uso racional y conservación de las turberas y debe ser coherente con la estrategia nacional de humedales.
- Parece necesario revisar algunas leyes nacionales, con el objetivo de implementar parte de su articulado que aún no tenga aplicación plena. Entre estas leyes destaca la LBGMA y su reglamento, el DL 701 y la Ley de Bosques, entre otras.
- En materia de Convenios Internacionales, urge revisar e implementar, por sus implicancias económicas, los alcances ambientales que tengan los TLC con Canadá y EEUU, por cuanto éstos comprometen en forma directa el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable en turberas.
- Se aprecian vacíos legales que no precisan las responsabilidades institucionales en la fiscalización.
- El e-SEIA muestra una notable ausencia de proyectos relacionados con turberas en sus registros.
- Regular la extracción de turba, mediante planes de manejo que consideren la recuperación del sitio intervenido, durante la etapa de abandono.
- La capacidad institucional para fiscalizar y controlar es otra de las debilidades que se manifiestan. No está claro que organismos ejercen competencia en este tipo de ecosistemas. Actualmente presentan cierto nivel de competencia el SAG, CONAF, SERNAGEOMIN y SEA, sin embargo no se ejercen de manera coordinada ni coherente.
- Con todo y pese al panorama inicialmente desalentador, existen algunos instrumentos que permiten proteger parcialmente el recurso de las turberas.

Estos aspectos, son elementos que confirman que la institucionalidad y normativas nacionales no aseguran una adecuada protección de las turberas nacionales.

9.3 RESULTADOS ESPECÍFICOS DEL ESTADO REAL DE LAS TURBERAS DE MAGALLANES

A continuación se presenta la síntesis de la valoración de las siete turberas en estudio, estructurada de manera comparativa para cada turbera según la caracterización general, vegetacional, hidrológica, físico química, microbiológica y potenciales usos de la turba de Magallanes (ver Cuadro N° 9.4). En el Cuadro N° 9.5 se analiza comparativamente los tres tipo de turberas, clasificadas según su grado de intervención.

Cuadro N° 9.4. Síntesis de la valoración de las turberas de la región de Magallanes.

PROVINCIA	Magallanes		Última Esperanza			Tierra del Fuego	
Grado de intervención	San Juan	Andinos	Plinius	Rubens	Maynard	Cameron	Vicuña Karukinka
ASPECTO	Turbera en explotación	Turbera explotada y abandonada	Turbera en explotación	Turbera explotada y abandonada	Turbera natural sin intervención	Turbera en explotación	Turbera natural sin intervención
Caracterización general							
- Superficie (ha)	750	3,5	60	15	300	80	20
- Clima	Templado Frio con gran humedad	Trasandino con degeneración esteparia	Trasandino con degeneración esteparia	Estepa frío	Trasandino con degeneración esteparia	Templado Frio con gran humedad	Trasandino con degeneración esteparia
- precipitación (mm)	600	501	480	501	600	630	501
- Clasificación según disposición en el terreno	BOG	BOG	BOG	BOG	BOG	BOG	BOG
- Clasificación según tipo de nutrientes	Ombrotrofica	Ombrotrofica	Minerotrofica-Ombrotrofica	Ombrotrofica	Ombrotrofica	Minerotrofica - Ombrotrofica	Ombrotrofica
- Volumen de producción de turba	40.000 m ³ /año	-	3.000 ton/año	-	-	S/I	-
Caracterización vegetal							
- principales especies dominantes	<i>S. magellanicum</i> , <i>E. rubrum</i> , ñirre, <i>lenga</i> , <i>Tetroncium m.</i> , <i>Drosera u.</i> , <i>Marsippospermum g.</i> , <i>Gaultheria m.</i>	<i>Caltha dionifolia</i> , <i>Drapetes m.</i> , <i>Empetrum rubrum</i> , <i>Nanodea m.</i> , <i>Marsippospermum g.</i> , <i>Perezia l.</i> , <i>Polytrichum a.</i>	<i>S. magellanicum</i> , <i>Gaultheria m.</i> , <i>Empetrum rubrum</i> , <i>Marsippospermum g.</i> , <i>Lepidothamus f.</i> , ñirre	<i>Empetrum rubrum</i> , <i>S. magellanicum</i> , <i>Holcus lanatus</i> , ñirre, <i>Rumex c.</i> , <i>Gaultheria m.</i> , <i>S. magellanicum</i>	<i>S. magellanicum</i> , <i>E. rubrum</i> , ñirre, <i>lenga</i> , <i>Tetroncium m.</i> , <i>Drosera u.</i> , <i>Marsippospermum g.</i> , <i>Gaultheria m.</i>	<i>S. magellanicum</i> , <i>E. rubrum</i> , ñirre, <i>Marsippospermum</i> , <i>Nanodea muscosa</i> , <i>Rostkovia m.</i> , <i>Tetroncium m.</i>	
Caracterización hidrológica	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Caracterización físico química							
- Profundidad máxima turba	3,55 m	2,80 m	3,00 m	2,80 m	3 a 4 m	2,86 m	3 a 4 m
- Profundidad media turba	3,23 m	2,55 m	2,80 m	2,70 m		2,38 m	
- Estratos según Von Post	H1 – H9	H1 – H8	H1 – H8	H1 – H8	H1 – H8	H1 – H8	H1 – H8
- pH (media)	3,8	4,2	3,8	3,9	4,2	4,5	4,2
- CE (dS/m) (media)	0,23	0,37	0,19	0,14	0,18	0,24	0,05
- MO (%) (media)	84,4	76,8	80,8	78,9	81,4	79,4	s/i
- N ₂ (mg/Kg) (media) (a 30-50 cm)	52	230	180	154	154	138	s/i
- P (mg/Kg) (media) (id)	28	13	27	54	36	24	s/i
- K (mg/Kg) (media) (id)	170	62	238	240	515	213	s/i

(continuación)

PROVINCIA	Magallanes		Última Esperanza	Tierra del Fuego
	San Juan	Andinos		
Grado de intervención	Turbera en explotación	Turbera explotada y abandonada	En las turberas Plinius, Rubens y Maynard no fue posible realizar la caracterización microbiológica	En las turberas Cameron y Vicuña no fue posible realizar la caracterización microbiológica
ASPECTO ANALIZADO				
Caracterización microbiológica - Cuantificación y diferenciación de colonias en aerobiosis <i>Bacilos Gram positivos</i> <i>Bacilos Gram negativos</i> - Cuantificación y diferenciación de colonias en anaerobiosis - Efecto antimicrobiano del extracto de turba diluida	En ambas turberas, las muestras de turba presentaron escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas		s/i	
	En ambas turberas se presentaron Gram positivos: estafilococos sensibles a Novobiocina y <i>Bacillus</i> sp. Gram positivos catalasa-positivos grandes, esporulados.			
	No se encontró presencia de bacilos Gram negativos	Se encontró bacilo Gram negativo de la familia de las enterobacteraceas, grupo <i>Klebsiella</i>		
	La cantidad de crecimiento lograda fue escasa y de lento crecimiento en ambos casos. Se encontró flora Gram positiva y negativa: Cocobacilos Gram negativos, estreptobacilos Gram positivos, cocaceas Gram negativas			
	En ambas turberas se presentaron halos inhibitorios similares y homogéneos. Se presentó respuesta antimicrobiana por los extractos diluidos en <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Escherichia coli</i> en gram positivo, mientras que en gram negativo hubo efecto antimicrobiano en <i>Candida albicans</i> .			
Potenciales usos de la turba/turbera	Ver Cuadro N°8.19			

125.

Cuadro N° 9.5. Análisis comparativo de las turberas en estudio en la región de Magallanes.

PROVINCIA	Turberas en intervención (san Juan, Plinius, Maynard)	Turberas Abandonadas (Andinos, Rubens)	Turberas naturales sin intervención
Caracterización vegetacional - principales especies dominantes	Presentan caracterización vegetacional similar entre ellas. Difiere levemente la turbera de Cameron. <i>S. magellanicum</i> , <i>E. rubrum</i> , <i>ñirre</i> , <i>lenga</i> , <i>Tetroncium m.</i> , <i>Drosera u.</i> , <i>Marsippospermum g.</i> , <i>Gaultheria m</i>	Presentan vegetación dominada por gramíneas y mayor número de especies arbustivas y arbóreas. No presentan similitud entre ellas.	Presentan caracterización vegetacional similar entre ellas. Se asemejan a las turberas en intervención. <i>S. magellanicum</i> , <i>E. rubrum</i> , <i>ñirre</i> , <i>lenga</i> , <i>Tetroncium m.</i> , <i>Marsippospermum</i>
Caracterización hidrológica - descripción cualitativa	Presentan nivel freático cercano a la superficie	No se observa nivel freático cercano a la superficie.	Presentan nivel freático superficial
Caracterización físico química - Profundidad máxima turba - Estratos según Von Post - pH (media) - CE (dS/m) (media) - Contenido cenizas % (media) - MO (%) (media) - N ₂ (mg/Kg) (media) (a 30-50 cm) - P (mg/Kg) (media) (id) - K (mg/Kg) (media) (id)	2,82 a 3,55 m. H1 a H9 3,8 (Cameron 4,5) 0,22 - 82 123 27 207	2,8 m H1 – H8 4,1 0,26 - 77 192 34 151	3 a 4 m H1 – H8 4,2 0,12 - 81,4 (sólo Maynard) 154 (sólo Maynard) 36 (sólo Maynard) 515 (sólo Maynard)
Caracterización microbiológica	<p align="center">Sólo se obtuvo muestras de san Juan y Andinos.</p> <p>Las muestras de turba presentaron escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas, lo que es esperado pues las asociaciones de musgo <i>Sphagnum</i> en estudio, presentan un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío, previniendo la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto con mayor rapidez.</p> <p>Las muestras presentaron importantes efectos antimicrobianos, pues se desarrollaron halos inhibitorios similares y homogéneos. Se presentó respuesta antimicrobiana por los extractos diluidos en <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Escherichia coli</i> en gram positivo, mientras que en gran negativo hubo efecto antimicrobiano en <i>Candida albicans</i>. Tales resultados abren una interesante línea de investigación para futuros estudios más acabados.</p>		

A la luz de los resultados, es posible clasificar las turberas en estudio por su **vegetación** dominante. Todos los sitios estudiados corresponden a turberas altas dominadas por *Sphagnum magellanicum*, las cuales se distribuyen en regiones con rangos de precipitación entre 500 y 1200 mm y condiciones de mayor continentalidad, lo que coincide con lo señalado por Kleinebecke (2007).

Se infiere que las turberas naturales sin intervenir (Maynard y Vicuña), y las turberas en intervención (San Juan, Cameron y Plinius) podrían corresponder al grupo clasificado por Kleinebecke (2007) como “Carpeta húmeda de *Sphagnum magellanicum* (turberas altas o raised bogs)”. Esta comunidad se encuentra en la parte continental. Presenta una densa carpeta roja de *S. magellanicum*, con el nivel del agua muy cercano a la superficie y rodeada de depresiones (hollows). Presencia de pocas plantas, principalmente gramíneas. Es probable que las turberas abandonadas pertenezcan a este mismo grupo, sin embargo debido a su condición de degradación no es posible concluir al respecto.

Probablemente, previo a su intervención, el resto de las turberas (San Juan, Cameron, Rubens, Plinius, Andinos) presentaron una condición similar a la anterior, incluso a pesar de la cercanía de San Juan y Cameron al estrecho de Magallanes, situación distinta a la estudiada por Kleinebecke, quien estudió la influencia del Océano Pacífico. De hecho, todas las turberas estudiadas, según la clasificación más amplia y general de Pisano (1977), coinciden con la Asociación de *Sphagnum magellanicum*. Esta asociación se ubica en un rango de precipitaciones de 600 a 1500 mm, se distribuye desde el paralelo 52° hacia la Isla Navarino, tanto cercana a la costa como en áreas submontanas. *Sphagnum magellanicum* es el dominante absoluto del estrato basal, y se encuentra acompañado principalmente de *Empetrum rubrum*, *Caltha appendiculata*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus antártica*, *Marsippospermum*.

Las condiciones extremas que caracterizan a las turberas hacen que la riqueza de especies sea baja comparada con los ecosistemas adyacentes, generalmente boscosos y relativamente más diversos.

Cabe mencionar que el Programa “Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes”, proyecto que apoya este estudio, aún se encuentra en desarrollo, razón por la cual la metodología propuesta inicialmente fue aplicada de manera parcial.

En cuanto a la **caracterización hidrológica**, por razones presupuestarias, falta de equipamiento, tiempo y especialistas en esta disciplina, no fue posible aplicar la metodología inicialmente formulada. Claramente, ya se ha señalado durante esta investigación la relevancia de la caracterización hidrológica en una turbera. En estos ecosistemas existe una mutua y fuerte interdependencia entre las plantas, agua y turba. Esta estrecha relación determina la vulnerabilidad de las turberas frente a la interferencia humana (Parish *et al*, 2007). Las plantas determinan el tipo de turba y las propiedades hidráulicas. El agua determina cuáles plantas crecerán, cuáles acumularán turba y cuánta descomposición habrá. La estructura de la turba determina cómo será el movimiento del agua y las fluctuaciones del nivel del agua. Estas estrechas interacciones generan que, si alguno de estos elementos es alterado, todos los otros componentes se verán afectados. Sin duda, tales cambios a nivel ecológico alterarán los servicios que la turbera puede ofrecer. Si bien no fue posible determinar en todas las turberas el nivel freático, en las turberas sin intervenir este se encontraba

muy cercano a la superficie. En consecuencia, resulta primordial y urgente caracterizar hidrológicamente a las turberas de Magallanes.

También es posible clasificar a las turberas según los principales aportes de agua que estas reciben. Los sitios estudiados corresponderían al grupo de las turberas ombrotáficas, ya que están dominadas principalmente por *Sphagnum magellanicum* y por la alta probabilidad de que el principal aporte de agua provenga mayoritariamente de precipitaciones.

En lo que respecta a su **estratigrafía**, todas las turberas estudiadas presentaron similar y alto grado de descomposición de la turba (H8) según Von Post, incluso San Juan presentó H9, lo que indica en alto grado de descomposición de la materia orgánica. La profundidad de la turba varía en un rango de 2 a 4 metros, valores menores a los presentados en turberas del Hemisferio Norte, debido a la mayor antigüedad de estas últimas. Sin embargo, existieron diferencias en la profundidad de la turba, pues resultó ser mayor en las turberas en intervención y sin intervenir (hasta 4 metros), mientras que en las turberas abandonadas, la profundidad de la turba llegó hasta los 2.8 m.

En cuanto a la **caracterización físico química**, todas las turberas presentaron similares valores de pH en el rango de 3,8 a 4,2, de carácter altamente ácido. Estos valores son los esperados según Rochefort y Lode, (2006). Las turberas estudiadas corresponden a turberas ombrotáficas, que presentan pH ácido, pocos nutrientes y reciben suministro hídrico sólo por precipitaciones. Valores de pH ácidos favorecen la conservación de especies vegetales especialmente adaptadas a este tipo de turberas, tal como *Sphagnum magellanicum* e impiden el desarrollo de flora vascular.

En todos los sitios estudiados la conductividad eléctrica fue baja, si bien lo esperado eran valores aún más bajos, dada la condición ombrotáfica de las turberas. Según Rochefort y Lode (2006), los valores de conductividad deberían ser cercanos a 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,39 dS/cm) para turberas ombrotáficas. Las turberas en intervención y sin intervenir presentaron valores cercanos a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que las turberas abandonadas presentaron valores superiores, lo que se explica porque la degradación del ambiente ha favorecido la generación de un ecosistema distinto.

El análisis de los porcentajes de materia orgánica indica que los sitios estudiados presentan valores dentro de lo esperado para este tipo de turberas y similares porcentajes de materia orgánica entre ellos, en un rango de 80 a 90%, salvo en el caso de Cameron, cuyos valores se reducen significativamente en profundidad. La mayor descomposición se encuentra a mayor profundidad.

En cuanto a los nutrientes, todos los valores obtenidos indican que los nutrientes son escasos y comienzan a aumentar a mayor profundidad. Tal situación debería ser propicia para el restablecimiento del *S. magellanicum* en condiciones de escasez de nutrientes, sin embargo, al parecer los valores son excesivamente bajos. Rochefort y Lode (2006) señalan que el efecto de los nutrientes no es determinante en el crecimiento del musgo. Esto debiera ser profundizado en estudios posteriores.

En lo que respecta a la **caracterización microbiológica**, debe mencionarse que debido a razones presupuestarias y de accesibilidad, fue posible extraer muestras de turba para los análisis microbiológicos sólo en 2 de las 7 turberas en estudio: San

Juan y Andino. En ambos casos, las muestras de turba presentaron escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas, lo que es esperado pues las asociaciones de musgo *Sphagnum* en estudio, presentan un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío, previniendo la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto con mayor rapidez (Díaz *et al*, 2008).

Por otra parte, la turba cosechada de ambas turberas presentó importantes efectos antimicrobianos, pues se desarrollaron halos inhibitorios similares y homogéneos. Se presentó respuesta antimicrobiana por los extractos diluidos en *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli* en gram positivo, mientras que en gram negativo hubo efecto antimicrobiano en *Candida albicans*. Tales resultados abren una interesante línea de investigación para futuros estudios más acabados, tendientes a la identificación de los probables compuestos fenólicos, responsables específicos de esta respuesta farmacológica (Wallach *et al*, 2010).

En relación a los usos de las turberas de Magallanes, según se desprende de los resultados de esta investigación, la turba de los sitios estudiados satisface adecuadamente los requerimientos para su uso como sustrato, humus, fertilizante, medio de soporte para embalaje, entre otros. Lo anterior avala el potencial del recurso y la posibilidad del desarrollo de la actividad extractiva de turba.

Sin embargo, para que la turba magallánica se utilice de forma eficaz en la elaboración de productos a base de turba, se debe tener en consideración un adecuado protocolo de extracción, requerimientos técnicos estandarizados y un marco regulatorio actualizado. Por otra parte, se necesita mayor investigación científica para determinar las características específicas de la turba magallánica para los usos no tradicionales, especialmente los relacionados con la industria química, balneología y terapias.

CAPÍTULO X

PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LAS TURBERAS EN MAGALLANES

10.1 EL PLAN DE GESTIÓN

El desarrollo sostenible se basa en hacer compatibles las necesidades humanas y los procesos de desarrollo en la preservación de la vida y la protección ambiental. La conservación del ambiente debiera ser el resultado de la relación del avance de la ciencia y tecnología con los procesos sociales, económicos y políticos desarrollados en cualquier parte del mundo, sin embargo, esto es difícil de llevar a la práctica. Esta dificultad deriva de la complejidad que significa articular procesos globales con las características propias de cada región o localidad (Cantera 2005).

Los temas claves en la conservación ambiental son la investigación, planificación, ejecución y participación de toda la sociedad. Así, todo programa de gestión ambiental exige la participación de un equipo multidisciplinario que trabaje en estrecha coordinación y cooperación. Dicho equipo debe estar formado por científicos, gobernantes, políticos, abogados, ciudadanos, ONG's, medios de comunicación, instituciones educacionales y el sector privado (Cantera 2005).

Un plan de gestión ambiental integral es un sistema de interacción entre lo natural y lo humano. Debe reconocer todas las características de los ciclos naturales y su interacción con los recursos naturales y ecosistemas. Como parte del sistema natural se incluye la disponibilidad y la calidad de los recursos naturales y del sistema humano, el uso de los recursos, la producción de desechos, la contaminación de los mismos y establece las prioridades de desarrollo. Implica además, el desarrollo de capacidades locales que promuevan y faciliten la participación. Promueve, además de la integración, la eficiencia, eficacia y sustentabilidad en la gestión del ambiente (Astorga, 2006).

Un programa de gestión ambiental debe incluir áreas fundamentales tales como: aspectos científicos naturales, aspectos sociales y económicos, aspectos jurídicos e institucionales y un sistema de información ambiental. Todo esto sin perder de vista el objetivo fundamental de lograr la mejor protección y gestión sostenible del ambiente (Cantera 2005).

Lo anterior queda claramente ejemplificado en la Estrategia Territorial Europea, planteada y desarrollada por el Comité de Desarrollo Territorial de la Comisión Europea (1999). Según la definición del Informe Brundtland de las Naciones Unidas,

el desarrollo sostenible incluye no sólo un desarrollo económico respetuoso con el medio ambiente y que conserve para las generaciones futuras los recursos actuales, sino también un desarrollo territorial equilibrado. Esto implica especialmente armonizar las exigencias sociales y económicas del desarrollo con las funciones ecológicas y culturales del territorio, y contribuir de esta forma a un desarrollo territorial sostenible y equilibrado a gran escala (Comité de Desarrollo Territorial, 1999).

Para lograr lo anteriormente señalado, dicho informe plantea un triángulo de objetivos políticos fundamentales: la cohesión económica y social (desarrollo), la conservación de los recursos naturales y del patrimonio cultural (conservación), y la competitividad más equilibrada del territorio europeo (equilibrio), como se indica en la Figura 10.1. Tales objetivos deben funcionar asociados y armonizados, teniendo en cuenta sus interacciones (Comité de Desarrollo Territorial, 1999).

En el ejemplo europeo, una política centrada unilateralmente en el equilibrio provocaría el debilitamiento de las regiones económicamente más fuertes, además de aumentar simultáneamente la dependencia de las regiones más atrasadas. El desarrollo por sí solo provocaría el aumento de las disparidades regionales. Una insistencia excesiva en la protección o la conservación de las estructuras territoriales aumentaría a su vez el riesgo de estancamiento, porque las tendencias modernizadoras podrían verse frenadas. Sólo mediante la combinación de los objetivos de desarrollo, equilibrio y conservación, junto con su ponderación según las diferentes situaciones territoriales, será posible conseguir un desarrollo equilibrado y sostenible de la UE (Comité de Desarrollo Territorial, 1999).

Figura N° 10.1. Triángulo de objetivos: desarrollo equilibrado y sostenible del territorio



Fuente: Comité de Desarrollo Territorial, 1999

Aplicando este concepto a nivel general, el ideal es conseguir sociedades que presenten un desarrollo equilibrado y sostenible (Figura 10.2). Sin embargo, en la práctica existen sociedades no equilibradas basadas en la competitividad y el desarrollo económico (Figura 10.3). En el caso particular de este estudio, el plan de gestión ambiental tendrá su énfasis en la componente ambiental, pues el objetivo principal se basa en la conservación de los recursos naturales (Figura 10.4).

Figura N° 10.2. Desarrollo equilibrado y sostenible

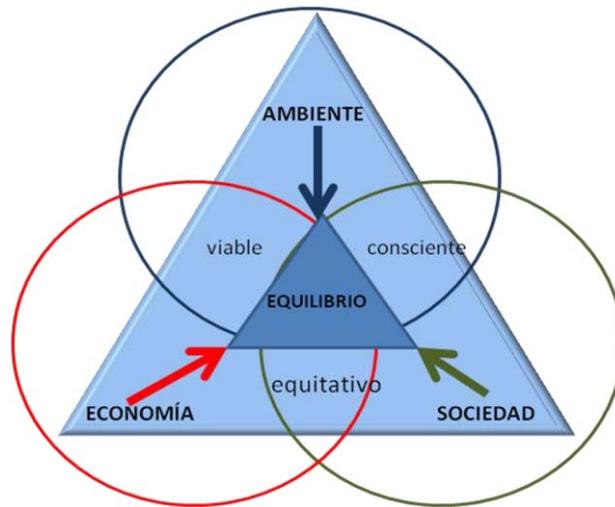


Figura N° 10.3 Desarrollo basado en la competitividad y la economía

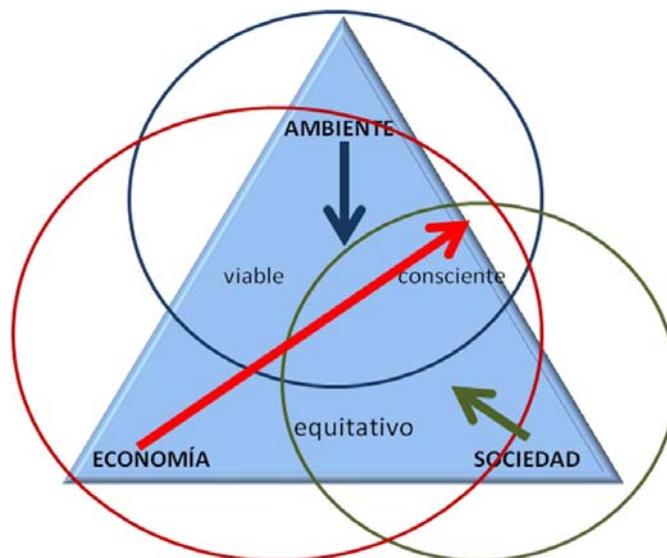
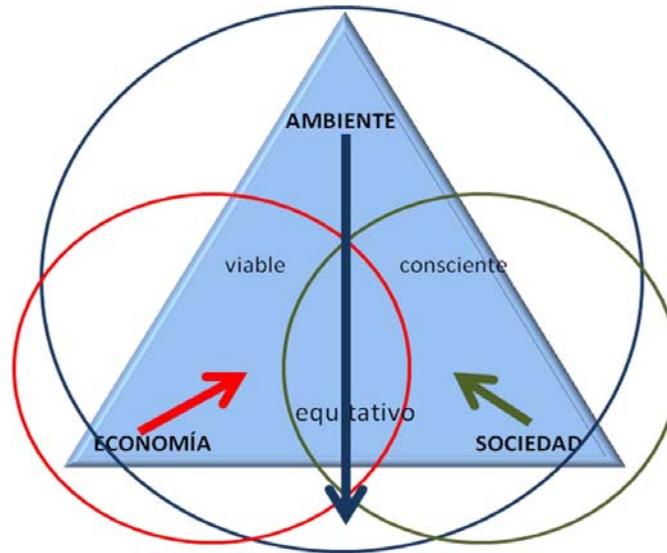


Figura N° 10.4 Desarrollo basado en la conservación de los recursos naturales



La visión de la gestión ambiental debe ser tal que los retos del desarrollo sostenible trascienden el marco institucional y sean asumidos de manera colectiva por todos los ciudadanos. Se trata de un proceso en permanente construcción en el cual todos los actores sociales e institucionales de los distintos sectores participan en la identificación de prioridades ambientales locales y plantean alternativas de solución que posteriormente se concretan en procesos de gestión articulada y colectiva en determinadas localidades (Andrade y Navarrete, 2004).

En el caso específico del manejo integrado de los recursos hídricos, el agua forma parte integrante de un ecosistema y constituye un recurso natural y un bien social y económico cuya calidad y cantidad determinan la naturaleza de su utilización según el Programa 21 de las Naciones Unidas, 1992. El contar con fuentes de agua permanentes, tanto por su cantidad como por su calidad, es requisito imprescindible para la supervivencia de la civilización humana y el desarrollo socioeconómico. La escasez de agua, su deterioro progresivo, su contaminación creciente y las infraestructuras creadas para su aprovechamiento han provocado cada vez más conflictos en torno a los distintos usos de este recurso. El enfoque de gestión al nivel de la cuenca hidrográfica es un ejemplo de mecanismo participativo basado en incentivos para resolver conflictos y distribuir el agua entre los usuarios. Uno de los requisitos clave para el manejo de las cuencas hidrográficas de forma integrada es su articulación con los procesos de planificación y ordenamiento territorial (Andrade y Navarrete, 2004).

Según SEMARNAT – INE (2009), toda acción de planeación ambiental de cualquier espacio geográfico, sea continental, insular o marino, demanda de un estudio de inventario y de estado actual de sus recursos naturales (caracterización general y diagnóstico), tanto de sus recursos naturales abióticos como bióticos, para establecer análisis comparativos con investigaciones similares en el pasado y conocer las tendencias de su desarrollo o degradación, así como para crear una línea base para establecer análisis de viabilidad ecológica de su utilización futura ante la

demanda creciente de uso por parte de la comunidad. En este sentido, la planeación del territorio requiere disponer de un modelo de ocupación territorial, basado en la disponibilidad cuantitativa y en el estado cualitativo de los componentes del medio biofísico, que sirva de plataforma sustentable para la implementación de las políticas sectoriales socioeconómicas, a fin de lograr la debida compatibilidad o complementariedad con las políticas ambientales regionales.

El ordenamiento ecológico debe constituir un instrumento de política ambiental diseñado para caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del espacio territorial y de sus recursos naturales, siempre bajo el enfoque del uso racional y diversificado, y con el consenso de la población. Esta necesidad de alcanzar un equilibrio dinámico entre la disponibilidad de los recursos naturales con las expectativas de vida de la población y con el desarrollo de los intereses de los diferentes sectores sociales y económicos, y además, con la capacidad de recuperación del medio biofísico inducida por el hombre, debe estar amparada jurídica y administrativamente en las regulaciones del país que corresponda (SEMARNAT – INE, 2009).

10.2 DIFERENTES ENFOQUES EN UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Todo plan de gestión ambiental integral debe comenzar con la identificación de conceptos fundamentales que den una dimensión integral a su desempeño, que lo sustenten y que aporten las bases para desplegar las acciones de planificación necesarias. En este contexto, la formulación de un plan debe definir enfoques que permitan aplicar los conceptos fundamentales requeridos. Entre ellos destacan:

- El enfoque ecosistémico
- El enfoque socio – ambiental o participativo
- El manejo integrado de cuencas

10.2.1 Enfoque ecosistémico

La diversidad biológica -la variedad de formas de vida en la Tierra y los sistemas naturales que conforma- se encuentra cada vez más amenazada por las actividades humanas. La gestión de los recursos de la diversidad biológica de la Tierra para alcanzar los tres objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB): conservación, uso sostenible de la diversidad biológica, y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos, constituye un desafío fenomenal para la humanidad. El **enfoque ecosistémico** (EE) busca lograr un equilibrio entre estos tres objetivos (SCDB, 2004).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define al EE como “una estrategia para la gestión integrada de los recursos de tierras, hídricos y vivos que promueve la conservación y la utilización sostenible en forma equitativa” (PNUMA, SCBD, 2004).

Varios autores coinciden en señalar que los principios del EE constituyen la base conceptual para el desarrollo de acciones orientadas a la gestión sostenible e integral del recurso hídrico (Andrade y Navarrete, 2004). El principio ecosistémico se centra en el CDB el cual es una estrategia para el ordenamiento integrado de tierras, extensiones de agua y recursos vivos por el que se promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo. Permite intervenir en diferentes ámbitos de la localidad en estudio, tomando la cuenca como sistema en el que la interrelación de los factores económicos, sociales y ambientales, determinan el estado de conservación de los recursos naturales, como el agua, en el que destaca el papel de la población, como actor principal para la generación de una determinada calidad ambiental (Arriaga y Castañeda, 2002).

El manejo ecosistémico promueve el uso de los ecosistemas, sin contribuir a su degradación, pretende lograr un balance entre los recursos naturales disponibles y la demanda de la población mientras se mantiene la habilidad de los ecosistemas para su suministro de manera sostenible. Los aspectos más relevantes del manejo ecosistémico en general, han sido sintetizados por Pirot, et al (2000), citados por Andrade y Navarrete, (2004), los cuales constituyen una base adecuada para la implementación de los principios y las guías operativas del enfoque ecosistémico. Estas fases son:

- Definición de objetivos.
- Establecimiento del área de intervención.
- Establecimiento de la línea base.
- Formulación de las formas de intervención.
- Monitoreo del plan.
- Establecimiento de arreglos institucionales y financieros

Estas fases comprenden un conjunto de métodos que examinan la estructura y la función de los ecosistemas y la forma como estos responden a la acción humana. El concepto de ecosistema es la base para el entendimiento y el análisis del paisaje, sea terrestre o acuático. El ecosistema es visto como la articulación del sistema natural y el sistema sociocultural, en el cual los componentes están relacionados e interactúan entre sí (Andrade, 2007). Así, el EE se basa en la aplicación de metodologías científicas adecuadas, centradas en los niveles de organización biológica, que comprenden la estructura esencial, procesos, funciones e interacciones entre organismos y su medio ambiente. En el EE se reconoce que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un componente integral de muchos ecosistemas.

A nivel teórico, el concepto de EE surge de la confluencia de varias disciplinas: ciencias ecosistémicas, específicamente ecología de ecosistemas, con énfasis en la estructura y función; teoría de sistemas, en las relaciones de causa efecto y holismo; y economía, en las externalidades ambientales, la ubicación de los recursos y la aptitud del paisaje (Andrade, 2007).

El EE surgió como principio fundamental en la aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica. En su segunda reunión, celebrada en Yakarta en noviembre de 1995, la Conferencia de las Partes adoptó este enfoque como principal marco para las actividades del Convenio, y posteriormente se refirió al mismo en la elaboración y aplicación de los distintos programas de trabajo temáticos e intersectoriales, y en las directrices que se elaboraron como parte de estos programas de trabajo. En la actualidad, cada uno de los programas de trabajo del Convenio incorpora el enfoque por ecosistemas en sus metas y actividades, y en el Plan Estratégico del Convenio se refleja asimismo el papel fundamental que desempeña el enfoque por ecosistemas (SCDB, 2004).

El EE se origina como respuesta a la presión sobre los ecosistemas del mundo, a la relevancia que estos presentan para el bienestar humano y a la importancia de tener en cuenta las necesidades y aspiraciones de los actores y sectores involucrados. Uno de los aspectos más relevantes del EE es el de concebir al hombre, su sociedad y su cultura como componentes centrales de los ecosistemas, rompiendo con la separación conceptual y metodológica prevaleciente entre sociedad y naturaleza (Andrade, 2007).

El EE requiere una **gestión adaptativa** para responder a la naturaleza compleja y dinámica de los ecosistemas y a la precaria comprensión y deficientes conocimientos sobre su funcionamiento. Los procesos de los ecosistemas suelen no ser lineales, y los resultados de estos procesos exhiben a menudo desfases. Como consecuencia, se presentan discontinuidades que llevan a resultados imprevistos o a situaciones de incertidumbre. Es preciso que la gestión sea adaptable para poder responder a estas incertidumbres, y debe prever la posibilidad de aprender sobre la marcha o de recibir retroalimentación de las actividades de investigación (SCDB, 2004).

El EE es el esquema principal para la acción bajo el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) y comprende 12 principios. No existe una manera única y correcta para aplicar el enfoque ecosistémico, pues los 12 principios que conforman la base de este enfoque son flexibles y pueden adaptarse a diferentes contextos sociales, económicos y ambientales. Estos principios son los siguientes:

1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
2. La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.
3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
4. Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.
5. A fin de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.

6. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
7. El enfoque por ecosistemas debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
8. Se deben establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
9. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
10. En el enfoque por ecosistemas se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.
11. Se debe tomar en cuenta todas las formas de información, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
12. Deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes (SCDB, 2004).

Se han efectuado varios intentos para clasificar estos principios, sea por orden de importancia o por tema, con el fin de buscar la mejor forma para su aplicación. Si bien, estos esfuerzos son interesantes desde el punto de vista conceptual, se carece de asistencia práctica en la aplicación del EE en el campo. Shepherd (2006) ha agrupado en subconjuntos los principios del EE en una secuencia lógica que promueva la discusión, planificación y acción paso a paso. Dada la dificultad para aplicar estos 12 principios en la práctica, propone organizarlos en cinco pasos, cada uno implica un rango de acciones. Los cinco pasos propuestos para su implementación son:

- | | |
|--------|--|
| Paso A | Determinación de los actores principales, definición del área del ecosistema y desarrollo de las relaciones entre ellos. |
| Paso B | Caracterización estructural y funcional del ecosistema, y establecimiento de mecanismos para su manejo y monitoreo. |
| Paso C | Identificación de los aspectos económicos relevantes que afectarán los ecosistemas y sus habitantes y conducirán la toma de decisiones para el manejo del ecosistema (incentivos y desincentivos). |
| Paso D | Manejo adaptativo en el espacio. Se refiere a la determinación del impacto probable del ecosistema en los ecosistemas adyacentes. Los cambios en el manejo de un ecosistema pueden afectar ecosistemas adyacentes. |
| Paso E | Manejo adaptativo en el tiempo. Se refiere a las decisiones sobre metas de largo plazo y mecanismos flexibles para alcanzarlas (Shepherd, 2006). |

Cuadro N° 10.1. Comparación entre los enfoques convencional y ecosistémico

Enfoques Convencionales	Enfoque Ecosistémico
• Énfasis en la preservación.	• Énfasis en el manejo adaptativo.
• Sectorial: la gestión se centra en la extracción o uso de un bien o servicio dominante, de manera aislada.	• Integral: toma en cuenta todos los bienes y servicios utilizables y optimiza la mezcla de sus beneficios.
• Se basan exclusivamente en el conocimiento suministrado por la ciencia occidental.	• Involucra otras formas de conocimiento incluyendo el indígena, el local.
• Son eminentemente ambientalistas.	• Es un enfoque basado en la gente, su sociedad y su cultura.
• Dan prioridad a los enfoques conservacionistas de la naturaleza.	• Se orienta a la preservación del ambiente y de la sociedad.
• Predomina la aproximación de arriba abajo.	• Es un enfoque en dos vías, va de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.
• Predomina la visión a corto plazo.	• Adopta una visión a largo plazo.
• Le dan prioridad a los factores de producción, de forma independiente.	• Considera los bienes y servicios como el producto de un ecosistema saludable y no como un fin en sí mismo.

Fuente: Andrade, 2007

10.2.2 Enfoque socio - ambiental o participativo

Este **principio socio ambiental** corresponde al **enfoque participativo**, que permite orientar la actuación hacia la participación activa y consciente de la población, desde la identificación de los proyectos, la participación en los procesos de gestión, el proceso de negociación, la definición de su financiamiento, el diseño de las actividades, la ejecución, el seguimiento y la evaluación, habiendo conseguido movilizar y unificar criterios de diversas instituciones y organizaciones de la población, para la ejecución de proyectos y actividades relacionados al medio ambiente (Arriaga y Castañeda, 2002).

El principio socio-ambiental implica que las personas, el hogar, la familia y sus organizaciones constituyen el objetivo central del manejo ambiental, porque de sus decisiones y gestiones dependen el uso, manejo, conservación y protección de los recursos naturales y del ambiente. Al mismo, tiempo busca cambiar actitudes y fortalecer capacidades para el empoderamiento local, manteniendo una articulación adecuada entre los gobiernos locales, las instituciones nacionales y otras organizaciones locales (Astorga, 2006).

La participación social es la base y la sostenibilidad de los procesos de gestión ambiental. Se refiere a las posibilidades de intervención de personas o grupos en aspectos relativos al análisis de sus problemas locales, las causas a estos problemas, la toma de decisiones en las soluciones y a la realización de acciones concretas que tienen que ver con sus propios intereses y con las posibilidades de recibir beneficios por semejantes acciones. En el caso de la gestión ambiental, se plantean beneficios relacionados con una mayor satisfacción de necesidades, desde una menor

probabilidad de enfermar y un ambiente más sano y libre de amenazas, hasta la autosatisfacción personal por la acción realizada (Astorga, 2006).

10.2.3 Enfoque de manejo integrado de cuencas

Muchos autores proponen utilizar la **cuenca hidrográfica como la unidad geográfica** de gestión ambiental. La cuenca se define como el espacio entre los límites naturales dados por la divisoria de las aguas superficiales y el territorio drenado por el sistema de tributarios que alimentan un curso de agua principal. Se considera a la cuenca como un sistema natural con dinámica ambiental propia, definida por las interacciones sistemáticas e intercambio de materia y flujo de energía entre los recursos agua, suelo y vegetación, y sus efectos antropocéntricos (Astorga, 2006).

Surge acá el concepto de **manejo integrado de la cuenca**, que consiste en un proceso iterativo de decisiones y acciones sobre los usos, las modificaciones y la conservación de los recursos naturales dentro de una cuenca hidrográfica, buscando un balance entre equidad, sostenibilidad y desarrollo. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales, económicas, administrativas y naturales (Astorga, 2006).

Cada vez más se reconoce a las cuencas hídricas como la unidad más apropiada de planificación y gestión de los ecosistemas y sus servicios. La gestión integrada de estos espacios apunta a optimizar el aprovechamiento simultáneo del agua, la tierra, los bosques, los pastizales y demás recursos relacionados, buscando un equilibrio óptimo que no comprometa la sostenibilidad de estos sistemas vitales. Pero para ello, las autoridades y la comunidad deben disponer de datos básicos para cuantificar sus servicios ecológicos y funciones hidrológicas, e integrar la gestión de los recursos hídricos y la conservación de humedales (Iturraspe, 2010).

El diseño de políticas orientado a la gestión integral de los recursos hídricos debe contar con una base geográfica adecuada, que permita la identificación de cuencas hidrográficas, humedales y otros ecosistemas relacionados, considerando de manera integral los recursos hidrológicos. Desde el punto de vista territorial y geográfico, se hace necesario establecer prioridades de inversión en ecosistemas que por sus características biofísicas, sociales, económicas y culturales, así como de los servicios ambientales que generan a la población, requieren especial atención. La utilización del concepto de ecoregiones estratégicas puede ser un concepto útil para determinar áreas prioritarias de gestión (Andrade y Navarrete, 2004).

Diversos países han encontrado en el manejo integral de cuencas un instrumento de planeación y de gestión adecuado, ya que permite la gestión equilibrada de los recursos naturales y la integración de actores involucrados en

diversos problemas. En Latinoamérica este concepto ha sido ampliamente tratado, incluso se creó en 1980 la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas (Redlach) (Cotler, 2004).

La Asociación Mundial para el Agua (*Global Water Partnership – GWP*) define la gestión integrada del agua como un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Por otro lado, Dourojeanni (2002) señala que la gestión integrada del agua implica tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos de forma tal que se consideren las necesidades y deseos de diferentes usuarios y partes interesadas. Según su estudio, la gestión integrada del agua comprende la gestión del agua superficial y subterránea en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad en materia de agua.

Francke (2003b) diferencia tres conceptos, a saber: a) define el **manejo de cuencas hidrográficas** como el conjunto de esfuerzos tendientes a identificar y aplicar opciones técnicas, socioeconómicas y legales, que establecen una solución a la problemática causada por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como de las cuencas hidrográficas, para lograr un mejor desarrollo de la sociedad humana inserta en ellas y de la calidad de vida de su población; b) se refiere a la **ordenación de cuencas hidrográficas** como al proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción, que incluye el manejo de los recursos de una cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar los recursos de suelo e hídricos; c) y por último, indica que la **gestión de cuencas hidrográficas** es la dirección de acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en el sistema natural formado por dicha cuenca y en la dinámica de dicho sistema.

López Cadenas de Llano *et al.* (1995), coinciden con Fernández (2004), al definir al manejo integral de cuencas hidrográficas como el proceso de formular y aplicar un conjunto integrado de acciones tendientes a orientar el sistema social, económico y natural en una cuenca hidrográfica para lograr objetivos específicos, entregando una solución a los problemas causados por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables y de cuencas hidrográficas, logrando un desarrollo ideal para la sociedad humana inserta en ella y en la calidad de vida de la población.

La Comisión Nacional del Agua de México (2003) señala que la gestión integral de las cuencas hidrológicas consiste en armonizar el uso, aprovechamiento y administración de todos los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) y el manejo de los ecosistemas comprendidos en una cuenca hidrográfica, tomando en consideración, tanto las relaciones establecidas entre recursos y ecosistemas, como los objetivos económicos y sociales, así como las prácticas productivas y formas de organización que adopta la sociedad para satisfacer sus necesidades y procurar su bienestar en términos sustentables.

Francke (2003a) señala que un marco general de acción del manejo de cuencas debe contar con:

- Un conjunto de políticas económicas y sociales de largo plazo
- Una institucionalidad estable y moderna
- Un marco legal y ambiental con fines de protección y fomento
- Un conjunto de instrumentos de fomento sectoriales aplicados a nivel de cuencas hidrográficas.

A modo de recapitulación, a continuación se enumeran algunos elementos comunes en el concepto de manejo de cuencas hidrográficas:

- Formulación e implementación de acciones y prácticas orientadas a la conservación de los recursos naturales.
- Manipulación de los sistemas naturales con fines de producción de bienes y servicios.
- Organización del uso de la tierra (ordenamiento).
- Prevención y control de los procesos ambientales adversos debido al uso y manejo de los recursos naturales.
- Impacto de las decisiones en materia de uso de la tierra sobre las interacciones entre los recursos agua, suelo y vegetación.
- Interacciones entre parte baja, media y alta de una cuenca.
- Importancia del recurso agua para el desarrollo regional.
- Mantenimiento de la productividad de los recursos a largo plazo.

10.3 DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL TIPO

Una vez definidos el(los) enfoque(s) a aplicar en el plan de gestión ambiental integral, es necesario plantear los objetivos que se quiere alcanzar, los que deben guiar táctica y metodológicamente el estudio. Posteriormente, debe delimitarse la ubicación geográfica del sector en estudio. Para efectos del presente estudio, la estrategia seleccionada corresponde al **enfoque ecosistémico (EE)**, en conjunto con el enfoque de **manejo integrado de cuenca (MIC)**. Cumplidos estos requisitos previos, se está en condiciones de definir las etapas para el diseño del modelo de gestión, el cual debe considerar actividades, procedimientos, responsabilidades, tiempos, costos.

Como punto de partida de una plan de gestión ambiental basado en el EE y en el MIC, es necesario determinar los motivos concretos que explican la necesidad de llevar a cabo el estudio integral del ecosistema en particular, ya sea por fenómenos negativos que lo degradan en alguna medida, porque se desea planificar y desarrollar social y económicamente el mismo o parte de él, o por ambos (González, 2005).

Varios autores coinciden al momento de proponer las etapas de un Plan de Gestión Ambiental Integrado basado en el EE y en el MIC. A continuación se sintetizan

algunas propuestas de diseño, etapas y/o aspectos que deben ser considerados en plan de gestión o manejo integrado de ecosistemas.

Andrade y Navarrete (2004), enumeran los temas que se deben abordar en un plan de gestión ambiental integral bajo la perspectiva del enfoque ecosistémico:

- I. Descripción de los componentes del ecosistema: aspectos biofísicos, socio-económicos y culturales. Se recomienda seguir la aproximación de la Ecología del Paisaje, dándole el debido énfasis a los ecosistemas acuáticos y su dinámica.
- II. Análisis de las funciones del ecosistema: relaciones y límites de funcionamiento.
- III. Análisis de oportunidades y amenazas: causas y efectos.
- IV. Definición de objetivos específicos de manejo: recuperación del suelo, restauración ecológica, etc.
- V. Descripción de medidas de manejo que deben tomarse para abordar las oportunidades y amenazas:
 - Medidas físicas: control de contaminación, manejo hidrológico, restauración ecológica.
 - Medidas biológicas: reintroducción de especies, control de plagas.
 - Medidas sociales: zonificación, control social, normas y acuerdos.
 - Investigación: obtención de información faltante, estudio piloto.
 - Análisis de vacíos y traslapes legales o jurídicos.
 - Medidas económicas- incentivos, alternativas de generación de, mercadeo y ecoturismo.
- VI. Productos esperados y actividades clave de manejo.
- VII. Descripción de medidas de monitoreo, incluyendo indicadores, métodos de análisis y medición.
- VIII. Requisitos para el manejo adaptativo.
- IX. Arreglos institucionales.
- X. Integración de los sectores involucrados, toma de decisiones, implementación y mecanismos de cumplimiento.
- XI. Elaboración y difusión de informes.
- XII. Presupuesto y financiación.

Así mismo, Arriaga y Castañeda (2002) y CED (2008), coinciden en las etapas necesarias a considerar en un plan de gestión integral. A saber:

- a) Diagnóstico Ambiental.
- b) Diagnóstico de Actividades Productivas (uso actual y futuro).
- c) Análisis estratégico de la problemática e identificación de factores clave (problemas ambientales).
- d) Definición de escenarios.
- e) Diseño del plan operativo, basado en programas factibles a ser ejecutados, priorizados (se definen responsabilidades, fechas, montos asignados).
- f) Determinación de objetivos ambientales para cada programa.
- g) Ejecución.
- h) Seguimiento.

Arriaga y Castañeda (2002) indican que es necesario analizar cuatro aspectos relevantes al diseñar un plan de gestión ambiental. Ellos son: la *sostenibilidad*, entendida como la capacidad de mantener los resultados obtenidos inclusive concluida la intervención directa de la institución promotora; la *concertación*, entendida como la capacidad de generar espacios de diálogo y cooperación para alcanzar objetivos comunes; la *replicabilidad*, que hace referencia a la posibilidad de repetir la experiencia en otros ámbitos y en diferentes momentos; y los *efectos e impactos* producidos como consecuencia de la implementación de acciones en favor de la población.

Por otra parte, Vásquez (1997) propone el concepto de planificación integral de cuencas hidrográficas y señala que se ocupa de la definición del uso y manejo de los recursos naturales, sobre la base de un manejo técnico que garantice el desarrollo sostenible, maximizando el beneficio económico, ambiental y social para las comunidades humanas involucradas. Esta planificación debe considerar dos actividades principales: la ordenación y el manejo. La ordenación consiste en la definición de formas de intervención, aprovechamiento y utilización de los recursos naturales contenidos en una cuenca y el manejo se refiere a los procedimientos operativos de ejecución de la ordenación, seguimiento, control y evaluación. Sin embargo, para Dourojeanni et al (2002) no existen diferencias en cuanto a niveles jerárquicos de ejecución entre "ordenar" y "manejar", puesto que son simplemente diferentes etapas o fases.

Sobre esta base, Vásquez (1997) establece cuatro fases para abordar el proceso de planificación de cuencas:

- *Diagnóstico*: caracterización pormenorizada del escenario actual, es decir del medio físico, biótico y socioeconómico, con énfasis en los recursos naturales, a fin de identificar los problemas ambientales generados en su aprovechamiento.
- *Ordenación*: conocido el escenario actual, se proyecta un escenario futuro deseable, al que se pretende llegar en un horizonte de planificación definido. Este debe basarse en las potencialidades que presenten los recursos naturales, los niveles tecnológicos disponibles por la comunidad que interviene la cuenca y las limitaciones sociales, económicas e infraestructura.

- *Manejo*: constituye la fase del diseño de ingeniería para establecer las actividades, métodos, recursos, cronología para llevar a cabo la ordenación durante el horizonte previamente definido.
- *Evaluación*: se definen mecanismos permanentes de evaluación y seguimiento para retroalimentar el diagnóstico, redefinir la ordenación y modificar la ingeniería de manejo, si es necesario. Permite hacer ajustes al plan y/o adaptaciones frente a cambios en el escenario.

De manera semejante a lo anteriormente planteado, González (2005) propone tres etapas. La primera se refiere a la etapa de inventarios, es decir, la descripción fisiogeográfica y socioeconómica de la cuenca seleccionada. Para ello se debe contar con información básica, publicaciones, cartografía, fotografías aéreas, imágenes satelitales, entre otros materiales. Le sigue una etapa de diagnóstico en la que se analiza y evalúa el estado actual del medio natural y socioeconómico. La tercera y última etapa corresponde al manejo propiamente tal, y se le conoce como Manejo Integral de Cuencas (MIC). En esta etapa se debe plantear de modo organizado y bien estructurado, el plan de medidas que deben resolver los problemas que de forma particular y/o integral afectan toda la cuenca. Esta es una etapa compleja, donde coinciden factores y elementos administrativos, institucionales y jurídicos, entre otros, que son los encargados de poner en práctica todo el Plan de Manejo Integral (PMI). Al final de esta etapa es necesario contemplar el plan de seguimiento y control. Esta propuesta se esquematiza en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 10.2. Principales etapas del plan de manejo integral de una cuenca hidrológica superficial

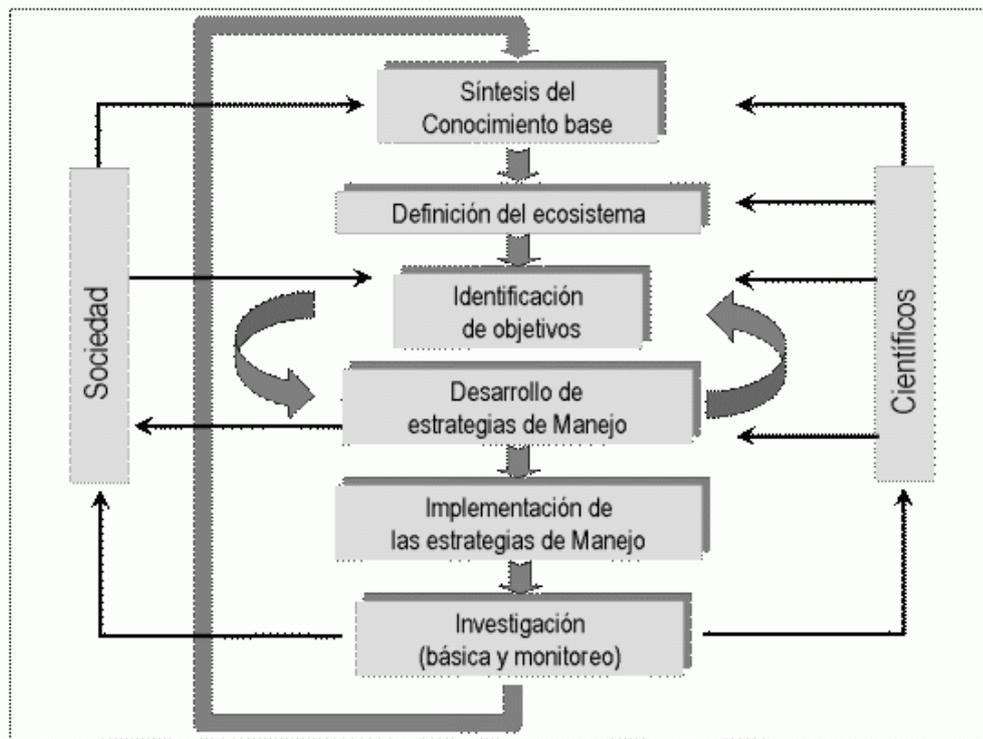
Etapa I INVENTARIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio fisiográfico básico • Estudio socioeconómico básico
Etapa II DIAGNOSTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación y diagnóstico fisiográfico y socioeconómico • Diagnóstico integral • Plan general de acciones identificar soluciones evidentes • Definición de programas de manejo
Etapa III MIC	<ul style="list-style-type: none"> • Bloques de programas o subprogramas de manejo • Bloques de proyectos o subproyectos • Bloques de actividades • Bloques de prácticas y tareas • Ejecución de Proyectos • Etapa permanente de manejo • Control y seguimiento

Fuente: González, 2005

Por las características y amplitud de los conocimientos científicos y tecnológicos que se precisan para abordar la gestión de cuencas hidrográficas, se requiere un equipo multidisciplinario (Vásquez, 1997). González (2005) complementa lo anterior, señalando que se requiere el uso de modernas y eficientes técnicas computacionales, cartográficas (sistemas de información geográfico), de percepción remota, modelos matemáticos, entre otros.

Maass (2004) ha analizado la importancia de considerar la naturaleza jerárquica de los procesos ecológicos en el manejo integrado de cuencas. Los procesos ecológicos operan a diferentes escalas espaciales y temporales. Propone el manejo de ecosistemas como respuesta metodológica al problema de escala. Tradicionalmente los estudios ecológicos se realizan en pocos años (2 a 3) y en una superficie reducida, mientras que el manejo de cuencas hidrográficas generalmente opera a escalas mucho mayores. No siempre se puede extrapolar a gran escala datos obtenidos a pequeña escala. Al respecto, Stanford y Pool (1996), citados por Maass (2004), presentan en un esquema el concepto de manejo de ecosistemas (Figura 10.5), el cual, en términos generales es comparable con las propuestas de Andrade y Navarrete (2004), Arriaga y Castañeda (2002), CED (2008), González (2005) y Vásquez (1997).

Figura N°10.5. Pasos a seguir en el manejo de ecosistemas



Fuente: Stanford y Pool (1996), citados por Maass (2004)

Según el esquema de la Figura N°10.5, el programa de manejo comienza con una evaluación y síntesis del conocimiento de base sobre los procesos que estructuran y mantienen funcionando al ecosistema. Esta evaluación no se restringe a los estudios de corte científico, sino que también incorpora el conocimiento tradicional

que la comunidad tiene sobre el mismo. Esta primera fase permite definir el ecosistema; se identifican claramente qué procesos ecológicos y qué componentes del ecosistema son los más relevantes en el control y/o mantenimiento de la integridad estructural y funcional del mismo y, por tanto, deben ser incorporados al esquema de manejo. Asimismo, permite establecer las escalas espaciales y temporales en las que se dan estos procesos funcionales. El manejo de ecosistemas puede tener varios propósitos: la conservación, la apropiación de los recursos naturales, el mantenimiento de servicios ecosistémicos, la restauración, etc. Así, es preciso identificar claramente el objetivo de manejo. Para ello, es de suma importancia incorporar a los diferentes sectores sociales en el proceso de identificación de objetivos. La definición de objetivos permite desarrollar una estrategia de manejo para alcanzarlos (Maass, 2004).

Además, el manejo requiere un proceso de iteración en el que, tanto objetivos como estrategias, se afinan hasta lograr un esquema factible y consensuado entre los diferentes sectores sociales involucrados. El impacto del programa de manejo en el corto, mediano y largo plazos debe ser continuamente evaluado, a fin de corregir cualquier desviación generada, ya sea por una mala implementación o por la aparición de efectos no previstos. Se entra así en una etapa de investigación y monitoreo que retroalimenta el proceso en su fase inicial. Este aspecto coincide con el planteamiento de Vásquez, ya discutido anteriormente. Este mecanismo de adaptar el esquema de manejo a las nuevas condiciones, se conoce como **manejo adaptativo** (Holling (1978) y Walters (1986), citados por Maass, 2004).

Maass (2004) le otorga gran importancia al concepto de manejo adaptativo, ya que es la respuesta ante el reconocimiento de que en el manejo de cuencas hidrográficas se trabaja bajo condiciones de incertidumbre. Al respecto, define ciertas pautas a seguir:

- Reconocer la incertidumbre.
- Utilizar modelos de predicción y corroborar los pronósticos.
- Establecer metas a corto, mediano y largo plazo.
- Mantener un monitoreo constante.
- Evitar acciones que no tengan reversa.
- Establecer vías administrativas y legales que permitan modificar las decisiones.
- Practicar la acción participativa.
- Incorporar el quehacer científico en el proceso de manejo.

En relación a las expectativas de la gestión adaptativa, se expresan los siguientes parámetros sobre la gestión de un Plan de Manejo:

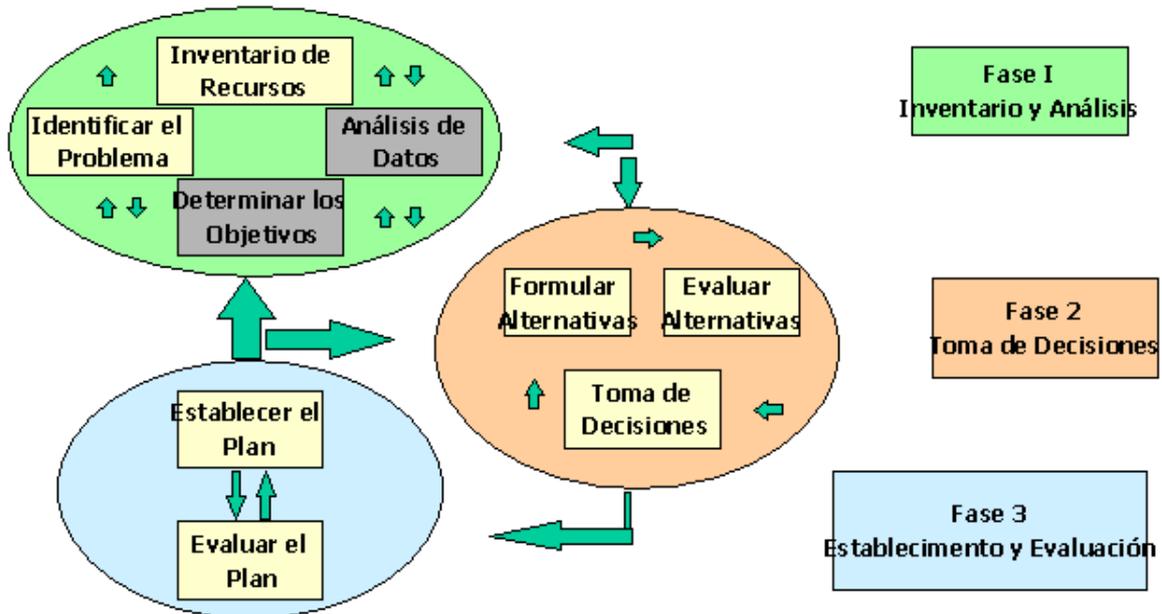
- Es explícito acerca de sus objetivos y de los resultados que espera, de forma que se pueda diseñar métodos y técnicas adecuadas para controlar y medir lo que va a pasar.
- Recoge y valora la información de forma que los resultados y los impactos puedan ser comparados con las expectativas que se tenían.
- Aprende de los nuevos conocimientos utilizándolos para corregir los errores y las acciones (CONAF, 2006).

Por lo tanto, el enfoque adaptativo está diseñado para probar de una forma clara las ideas e hipótesis que se tienen acerca del comportamiento de los ecosistemas sometidos a la acción del hombre. Cuando el resultado de la acción falla, el enfoque adaptativo exige realizar ajustes en función de los errores. Los experimentos a menudo producen sorpresas, pero si se acepta la existencia de una incertidumbre inherente a la gestión de los recursos y del medioambiente, las sorpresas se ven como oportunidades de aprendizaje, más que como inconvenientes que hay que evitar (CONAF, 2006).

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales del USDA (2007) coincide con los enfoques anteriormente planteados al proponer la planificación integral de cuencas hidrográficas para el manejo de los recursos naturales, sobre la base de un manejo tecnológico que garantice el desarrollo sostenible, maximizando o alcanzando niveles altos de beneficio económico, social y ambiental para las comunidades humanas involucradas. Esta planificación de cuencas hidrográficas debe considerar dos actividades principales: la fase de investigación o estudio científico y la fase de manejo de recursos. La fase de investigación consiste en la definición de las formas de intervención, aprovechamiento y utilización de los recursos naturales contenidos en una cuenca hidrográfica, y el manejo trata de los procedimientos operativos a establecerse, es decir de la ejecución de prácticas de conservación, seguimiento, control y evaluación (ver figura 10.6).

Al respecto, la gestión ambiental integrada de un ecosistema depende completamente de la calidad de los sistemas de información ambiental disponibles. Sobre esta base, el control de las actividades y presiones en el ecosistema son las piezas claves de la protección ambiental.

Figura N°10.6. Esquema de la planificación de cuencas hidrográficas



Fuente: Servicio de Conservación de Recursos Naturales, USDA (2007)

En resumen, el plan de gestión a proponer debe considerar los siguientes aspectos claves en su diseño:

- Debe ser integrado, con la finalidad que los ámbitos que lo componen se administren coherentemente.
- Es necesario desarrollar un marco integrado entre los enfoques particulares seleccionados (Enfoque Ecosistémico, Enfoque socio - ambiental o participativo y/o Manejo integrado de cuencas)
- El modelo de gestión que se propone es la Gestión Ambiental Adaptativa.
- Debe contemplar las siguientes etapas:
 - Inventario y Diagnóstico: caracterización pormenorizada del escenario actual (medio físico, biótico y socioeconómico).
 - Análisis estratégico de la problemática e identificación de factores clave (problemas ambientales). Definición de objetivos.
 - Diseño de un plan operativo, basado en programas priorizados, factibles a ser ejecutados. Deben definirse responsabilidades, fechas, montos asignados.
 - Ejecución.
 - Seguimiento.

A continuación, se presentará a modo de ejemplo a nivel nacional el plan integral de gestión ambiental del humedal río Cruces, Valdivia.

10.3.1 Ejemplo: Plan Integral de Gestión Ambiental del humedal del río Cruces.

El humedal del río Cruces se caracteriza por albergar una gran cantidad de flora y fauna típica de estos ambientes, incluyendo una variada gama de aves, que se reproducen en distintas zonas, entre ellas una importante población reproductiva de cisnes de cuello negro, la que compartía espacio con otras especies que se alimentaban de la abundante presencia de la planta acuática, conocida como luchecillo (*Egeria densa*). Sin embargo, durante el año 2004 se produjo una alteración significativa al interior del humedal, lo que afectó los distintos procesos fisicoquímicos que se desarrollan en el ambiente. Ello desencadenó una serie de alteraciones ecológicas, entre ellas la más relevante fue la desaparición de la cobertura vegetal (luchecillo) y la consecuente migración y mortalidad de los cisnes de cuello negro y la migración de las poblaciones de las tres especies de tagua que residían en el lugar (*Fulica armillata*, *F. leucoptera* y *F. rufifrons*) (CONAF, 2006).

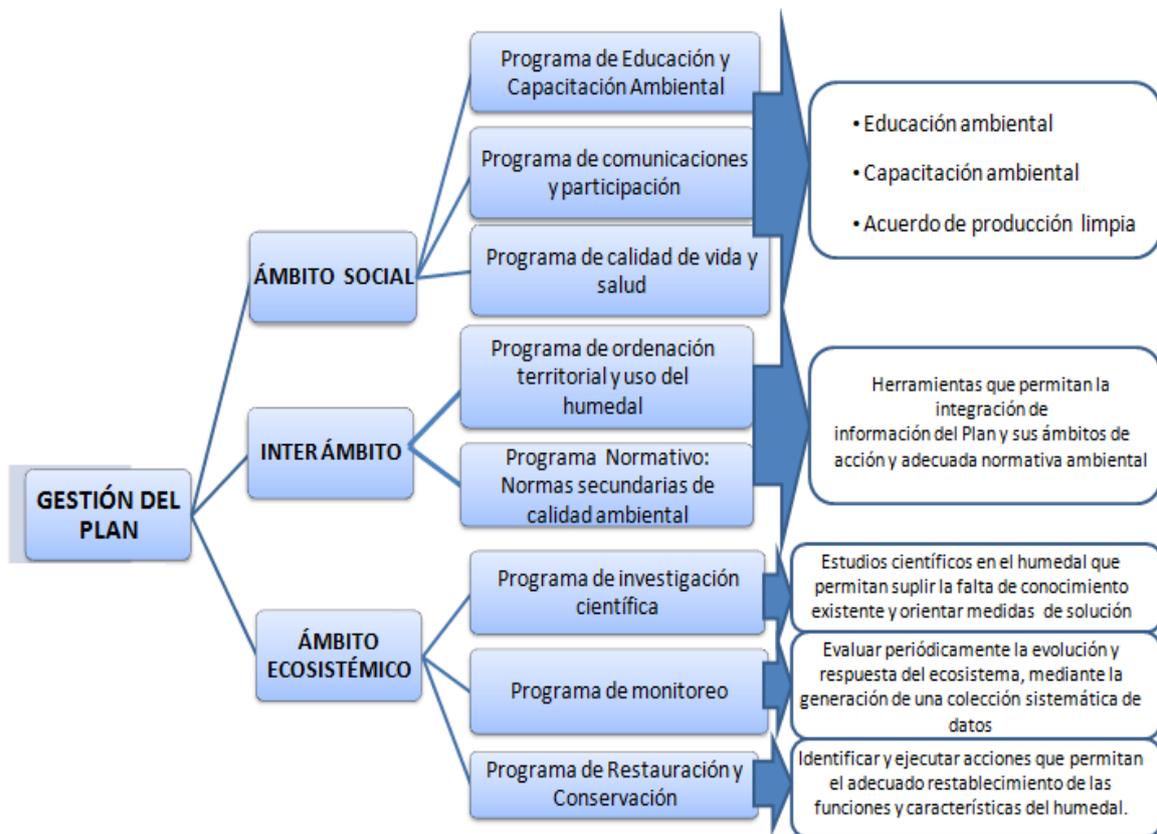
Estudios publicados por CONAMA-UACH (2005), citados por (CONAF, 2006) indican que existiría una relación de causalidad con el inicio de la actividad industrial de la planta ubicada en San José de la Mariquina de la empresa Celulosa Arauco y Constitución. El factor determinante, aparentemente, estaría dado por el vertido de sulfato de aluminio, floculante utilizado en los tratamientos de los residuos industriales líquidos, provenientes de la industria celulósica. Considerando lo anterior, y con la finalidad de tomar las medidas que permitan recuperar, minimizar y prevenir los efectos producidos por la intervención antrópica -así como la disminución o extinción de ciertas especies en el área- CONAF formuló un “Plan Integral de Gestión Ambiental para el Humedal del río Cruces”. Este Plan contempla la realización de las actividades necesarias con el fin de rehabilitar las funciones ecológicas del humedal, entregando las directrices necesarias para que exista una adecuada gestión ambiental de la cuenca y de sus actividades productivas actuales como futuras. Así también, se considera una amplia participación ciudadana en la construcción, formulación y ejecución del Plan (CONAF, 2006).

La formulación del Plan está basada en dos conceptos fundamentales: el enfoque ecosistémico y la ciudadanía ambiental. La estructura del plan consta de tres ámbitos temáticos, los que le dan identidad a los temas que lo componen. El primero de ellos corresponde al Ámbito Ecosistémico, que incluye tres programas, los cuales se estructuran sobre la base de líneas de acción que apuntan a generar el conocimiento básico y aplicado necesario para el uso racional del humedal y su entorno. El segundo corresponde al Ámbito Social, donde se incluyen los programas relacionados con educación, capacitación ambiental, participación, comunicaciones, producción sustentable y salud. El tercero corresponde al Ínter-Ámbito, el que se ocupa de la ordenación territorial, la administración del Sistema de Información Geográfico que se propuso implementar y la planificación de acciones necesarias para el proceso de normalización ambiental y normativa del Plan (CONAF, 2006).

Estos ámbitos se estructuran en programas que sucesivamente se desprenden de cada ámbito. Tales programas se organizan en líneas de acción, las que encauzan los proyectos y acciones que materializan el accionar del Plan, como se presenta en la Figura N° 10.7.

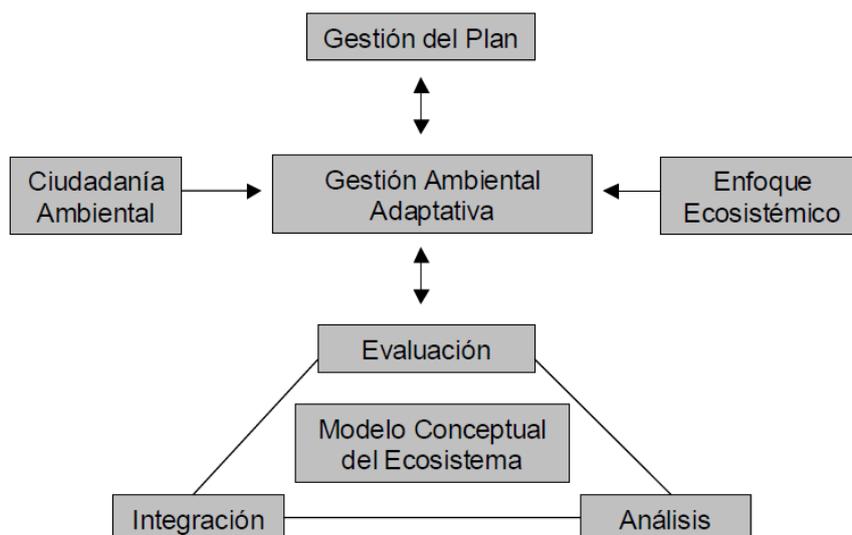
En cuanto a la gestión del Plan, este considera la Gestión Ambiental Adaptativa. Se entiende que el enfoque adaptativo es el más apropiado cuando la incertidumbre es más alta. Sin embargo, pueden existir dudas sobre la capacidad para analizar los grandes ecosistemas. Al respecto los condicionantes para entender un ecosistema y abordar la gestión adaptativa son: escasez de datos, teoría limitada y sorpresas esperadas. El objeto de estudio del enfoque adaptativo es el ecosistema, no una actividad o un organismo individual. En la Figura N° 10.8 se presenta el Modelo Conceptual del Ecosistema, herramienta que permite tener una visión esquemática, integradora y analítica para poder emitir una evaluación del funcionamiento del Plan y el ecosistema.

Figura N° 10.7. Esquema de organización estructural del Proyecto de formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental del humedal del río Cruces.



Fuente: Adaptado de CONAF, 2006

Figura N° 10.8. Esquema de relaciones entre conceptos y gestión del Plan.



Fuente: CONAF, 2006

El Modelo Conceptual del Ecosistema como herramienta de decisión obliga a realizar un análisis del humedal en estudio. Este es un sistema conceptual, formado por componentes bióticos y abióticos que interactúan funcionalmente y recíprocamente en el tiempo y el espacio. Esta definición implica que para entender el comportamiento del humedal, no es suficiente con realizar un análisis compartimentado de los factores ambientales que componen el ecosistema, sino que es necesario establecer las interacciones que se generan con otras especies y además, con los componentes físicos y químicos (por ejemplo: caudales, nutrientes). Lo anterior implica estudiar la estructura ecosistémica de un humedal, su funcionamiento, organización y el rol del ser humano como elemento integrante del ecosistema (CONAF, 2006). Lo anterior sin duda aplica en las turberas analizadas en el presente estudio.

10.4 EL ENFOQUE DE USO RACIONAL EN LAS TURBERAS

Los modelos de gestión planteados en los capítulos anteriores son consecuentes y perfectamente aplicables al caso particular de los ecosistemas de turberas. De hecho, como ya se discutiera en el capítulo 2.9, los principales organismos internacionales sobre turberas, la Sociedad Internacional de Turba (IPS), el Grupo Internacional de Conservación de Turberas (IMCG), Y RAMSAR (2005) creen que un manejo racional de los ecosistemas de turberas requiere un cambio en el enfoque sectorial tradicionalmente utilizado. IPS e IMCG, en un esfuerzo conjunto, proponen un nuevo enfoque integrado, en el que las estrategias de planificación consideren una visión holística que involucre a todos los sectores interesados y que asegure el análisis y manejo de los potenciales impactos en el ecosistema completo (IPS, 2009; Ramsar, 2005). Este enfoque permitirá identificar, analizar y resolver posibles conflictos en orden de planificar, diseñar e implementar las mejores opciones de manejo para cada turbera. Surge el concepto de **uso racional** de las turberas, el

cual involucra aspectos ambientales, económicos y sociales, que le confieren gran complejidad al momento de manejarlas. Esto requiere tomar decisiones de manera integrada.

Al respecto, Joosten y Clarke (2002) proponen un esquema para el uso racional de las turberas, sintetizado a continuación.

10.4.1 Esquema para el uso racional (“wise use”) de las turberas propuesto por Joosten y Clarke, 2002.

Joosten y Clarke (2002) señala que el uso racional de las turberas es esencial para asegurar las funciones vitales del ecosistema, satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades o requerimientos de las comunidades locales. Al respecto, estos autores proponen un esquema de uso racional de las turberas basado en la premisa antropocéntrica, es decir en la que el ser humano tiene valores morales intrínsecos. En el contexto de la definición de “desarrollo sostenible”, que se refiere a aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones, el esquema de uso racional propuesto releva los valores morales intrínsecos del ser humano en el futuro.

Estos autores señalan que los conflictos surgen entre:

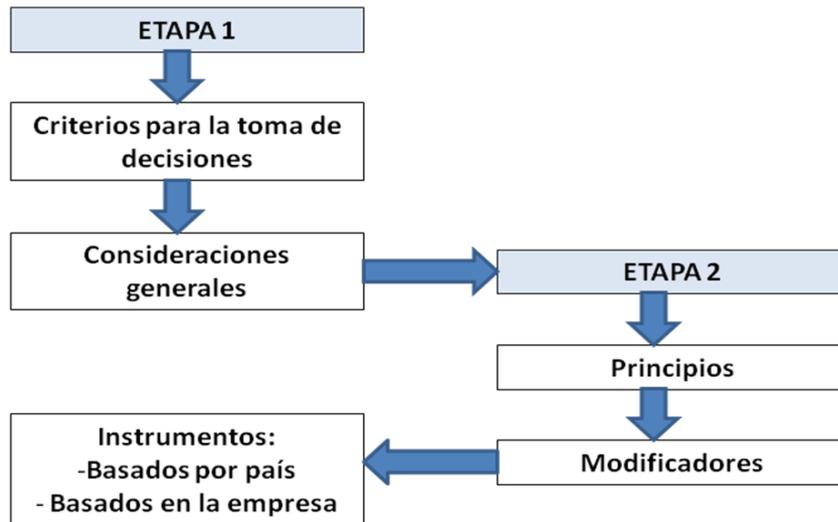
- Diferentes posiciones con respecto a los valores morales intrínsecos.
- Intereses del ser humano en el presente y en el futuro.
- Diferentes preferencias de diferentes grupos humanos (Joosten y Clarke, 2002).

La solución racional de tales conflictos debe considerar un esquema estructurado en el que se examinen todos los elementos relacionados con el conflicto y con las decisiones relativas a las turberas. El uso racional de las turberas debe involucrar la evaluación de sus funciones, sus usos, impactos y limitaciones, de tal forma que sea posible identificar las prioridades para su manejo y uso.

El esquema propuesto incluye dos etapas, la primera corresponde a la toma de decisiones basada en criterios mientras que la segunda se refiere a la implementación de las decisiones. En términos generales, consiste en un sistema basado en:

- Criterios básicos
- Consideraciones generales
- Principios guía
- Modificaciones según condiciones especiales
- Instrumentos en cada uno de los niveles operacionales (ver figura N° 10.9)

Figura N°10.9. Simplificación del esquema para el uso racional de las turberas



Fuente: Adaptado de Joosten y Clarke, 2002

A. Etapa 1: Toma de decisiones basada en criterios

En la primera etapa, es necesario evaluar si la intervención de una turbera es admisible. Esta evaluación debe incluir criterios básicos y consideraciones generales.

A.1 Criterios básicos

Los criterios básicos deben considerar dos tipos de efectos:

- Los efectos de la intervención en las funciones de la propia turbera (ver cuadro 10.3)
- Los efectos de la intervención en otras funciones (efectos colaterales) (ver cuadro 10.4)

En los cuadros 10.3 y 10.4 se presentan los criterios básicos y el árbol de decisiones para evaluar la admisibilidad de la intervención.

Cuadro N° 10.3 Criterios y árbol de decisiones para evaluar la admisibilidad de la intervención en una turbera respecto de sus efectos en las funciones de la propia turbera.

Criterio	Pregunta	Respuesta	Consecuencia
1. Ventaja	¿La intervención tendrá efectos positivos para las necesidades humanas?	No	No se debe intervenir
		Si	Pase al Criterio 2
2. Esencialidad	¿Son los recursos proporcionados por la intervención esenciales para las necesidades humanas y no sustituibles?	Sí	Se acepta la intervención
		No	Pase al Criterio 3
3. Auto mantención	¿A pesar del uso del recurso, este permanecerá en el futuro?	Sí	Pase al Cuadro 3.7
		No	Pase al Criterio 4
4. Abundancia	¿A pesar del uso del recurso, este permanecerá en forma abundante en el futuro?	Sí	Pase al Cuadro 3.7
		No	No se debe intervenir

Fuente: Adaptado de Joosten y Clarke, 2002

Cuadro N° 10.4 Criterios y árbol de decisiones para evaluar la admisibilidad de la intervención en una turbera respecto de sus efectos en otras funciones.

Criterio	Pregunta	Respuesta	Consecuencia
1. Impacto	¿La intervención tendrá efectos negativos en otras funciones?	No	Se aprueba la intervención
		Sí	Pase al Criterio 2
2. Esencialidad	¿Son las funciones afectadas esenciales para las necesidades humanas y no sustituibles?	Sí	No se debe intervenir
		No	Pase al Criterio 3
3. Abundancia	¿Son las funciones afectadas suficientemente abundantes para garantizar su permanencia en el futuro?	Sí	Se aprueba la intervención
		No	Pase al Criterio 4
4. Sustitución	¿ Son las funciones afectadas fácilmente sustituibles o los impactos negativos reversibles?	Sí	Se aprueba la intervención
		No	Realice un análisis de costo/beneficio integrado

Fuente: Adaptado de Joosten y Clarke, 2002

A.2. Consideraciones generales

- Todos los seres humanos tienen derechos que no deben ser violados.
- La satisfacción de las necesidades humanas debe prevalecer sobre otras necesidades.

- Se debe privilegiar una pequeña cantidad de bienes equitativamente distribuidos sobre una gran cantidad de bienes desproporcionadamente compartidos.
- No existe un único set de principios, pues diferentes situaciones requieren diferentes consideraciones (Joosten y Clarke, 2002).

Etapas 2: Implementación de las decisiones

- Si la decisión fue afirmativa en la primera etapa, el proceso de intervención debe ser examinado en detalle en la segunda etapa.
- La segunda etapa contempla la evaluación de la intervención de la turbera a través de una serie de principios guías, modificadores e instrumentos.

B.1 Principios guías

- Claridad: se requieren contenidos claros y términos consistentemente aplicados.
- Acceso a la información: proporciona al público información comprensible.
- Participación: se debe consultar a todos los grupos de interés.
- Motivación: la intervención debe ofrecer perspectivas interesantes y ventajosas para la sociedad.
- Toma de decisiones cuidadosa, basada en la información disponible.
- Responsabilidad: informar los efectos en todos los niveles.
- Pluralidad: analizar los casos desde distintas perspectivas.
- Distribución justa.
- Mínima intervención.
- Reubicación de actividades en lugares que causen el menor impacto.
- Prevención.
- Adaptación de la intervención a las características naturales de la turbera.
- Integridad de las especies: se requiere su protección.
- Compensación: las partes responsables deben reparar o compensar los daños en caso de una violación de estos principios (Joosten y Clarke, 2002).

B.2 Modificaciones

En la práctica los principios guías pueden ser modificados a nivel espacial (ubicación) y/o a nivel temporal (período de tiempo).

B.3 Instrumentos

Los instrumentos son mecanismos que facilitan la aplicación de las modificaciones en tiempo y lugar y se clasifican de acuerdo a niveles.

- Nivel internacional: leyes internacionales, cooperación, certificación.
- Nivel regional: leyes regionales, áreas protegidas, proyectos transfronterizos.
- Nivel nacional: políticas públicas, planificación del territorio, educación, legislación.
- Nivel sub nacional: manejo integrado de cuencas.
- Nivel de cada empresa: gobernanza corporativa, análisis de costo/beneficio, nuevas y mejores tecnologías.
- Nivel individual: responsabilidad cívica, información, conciencia (Joosten y Clarke, 2002).

En conclusión, se puede afirmar que el esquema para el uso racional de las turberas propuesto por Joosten y Clarke (2002) analiza diferentes perspectivas, las cuales permiten revelar aspectos que son subvalorados al usar una sola perspectiva sectorial. En este esquema, la sabiduría de una decisión se juzga mediante el análisis de todos los pros y contras de los efectos para el ser humano. Finalmente, para asegurar el éxito en la aplicación de este esquema de uso racional de las turberas es necesario formar las bases de una cooperación continua entre todos quienes lo crearon (Takko, 2009).

10.4.2 Enfoque ecosistémico de las turberas

Se reconoce que el enfoque ecosistémico, basado en los Principios de Malawi y adoptado como marco de aplicación del CDB, también proporciona un valioso enfoque para la aplicación de estos *Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas*. Esto estaría en concordancia con la Decisión IV/15 de la COP4 del CDB y con la Resolución VII.15 de la COP7 de Ramsar, referidas al uso de un enfoque de ecosistema (Ramsar, 2005).

Según Maltby (2008), para la consideración de cada uno de los doce principios que sostienen el Enfoque Ecosistémico (EE) se han utilizado tres aspectos claves: cambio climático, deterioro de la calidad del agua y alivio de la pobreza.

En el caso de las turberas, los intereses en ellas varían a escala mundial debido a su gran variedad de usos y a la amplia distribución de turberas, desde las existentes en las altas latitudes hasta las turberas oceánicas y tropicales. Ningún otro humedal puede reconciliar tal interdisciplinariedad y diferencias de perspectivas. Esto reviste una excelente oportunidad para desarrollar un acercamiento holístico e integrado a su conservación y manejo a nivel mundial (Maltby, 2008).

Los doce principios del EE proporcionan un marco en el que es posible estructurar las consideraciones del correcto manejo de las turberas o su uso racional. Al respecto, Maltby (2008) propone una aplicación de estos doce principios a las turberas, como se describe en el cuadro N° 10.5.

Cuadro N° 10.5. Aplicación de los 12 principios del Enfoque Ecosistémico a las turberas

PRINCIPIO	SU APLICACIÓN A LAS TURBERAS
<p>Principio 1 Objetivos de la gestión de los recursos debe quedar en manos de la sociedad.</p>	<p>Hay al menos cuatro visiones de futuro en turberas, tanto históricas como actuales: (1) Explotar y/o convertirse a un estado diferente (2) Mantener, pero utilizar en la medida de lo posible: sostenibilidad (3) Proteger (4) Restaurar y mejorar en lo posible.</p>
<p>Principio 2 La gestión debe ser descentralizada al nivel apropiado más bajo.</p>	<p>Las decisiones cruciales en el manejo de turberas son muy poco frecuentes y realizadas por grupos de interés insuficientemente informados sobre condiciones locales y consecuencias de acciones inadecuadas. El manejo más acertado es del tipo ecosistémico, de mayor responsabilidad, ya que considera la propiedad, la participación y el empleo del conocimiento local.</p>
<p>Principio 3 Administradores de ecosistemas deben considerar los efectos de sus actividades en los ecosistemas adyacentes.</p>	<p>Históricamente, las decisiones que conciernen al manejo de turberas raras veces consideran impactos fuera del sector. Sin embargo, estos pueden extenderse a nivel <i>global</i> por la contribución de gases invernaderos, <i>regional</i>, como efectos sobre ecosistemas costeros, y <i>local</i>, como la hidrología y calidad de agua.</p>
<p>Principio 4 Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.</p>	<p>La mayor amenaza de las turberas está en su reemplazo por sistemas alternativos. Es necesario aplicar metodologías modernas para evaluar mejor el valor económico de las turberas y su contribución al "capital natural" y las ventajas directas e indirectas a la población humana.</p>
<p>Principio 5 A fin de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.</p>	<p>Históricamente, el enfoque de conservación de turberas se ha basado en hábitats, comunidades y especie. Sin embargo, el mantenimiento de la integridad del ecosistema turbera es una exigencia clave para asegurar su resiliencia y capacidad de funcionar y entregar una amplia gama de servicios ecosistémicos. La capacidad de mantener las funciones y adaptarse a perturbaciones naturales es una propiedad básica de la sostenibilidad.</p>
<p>Principio 6 Los ecosistemas deben ser manejados dentro de los límites de su funcionamiento.</p>	<p>Es necesario entender las condiciones ambientales que limitan la productividad y el funcionamiento de las turberas. Los límites o umbrales de funcionamiento pueden ser afectados por condiciones externas o artificiales del manejo. El manejo debe considerar el principio preventivo para asegurar la mantención del funcionamiento del ecosistema.</p>
<p>Principio 7 El EE debe aplicarse a escalas espaciales y temporales adecuadas.</p>	<p>Para el eficaz manejo de turberas, es necesario adoptar las escalas apropiadas. Esto puede ayudar a identificar problemas específicos.</p>

(continúa)

(continuación)

PRINCIPIO	SU APLICACIÓN A LAS TURBERAS
Principio 8 Considerando las diversas escalas temporales y los efectos en el ecosistema, los objetivos para el manejo del ecosistema serán de largo plazo.	Hay un conflicto inherente entre la tendencia de la gente de lograr beneficios en el corto plazo y retornos inmediatos frente al largo plazo y la obtención de beneficios futuros.
Principio 9 El manejo debe reconocer que el cambio es inevitable.	Los ecosistemas de turberas desarrollan y cambian en el tiempo debido a procesos naturales, pero también son acosados por un complejo de incertidumbres y potenciales eventualidades. Se necesita manejo adaptativo, responsable y oportuno, nunca se debe asumir que el ecosistema está en el equilibrio.
Principio 10 El EE debe buscar el equilibrio apropiado y la integración entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica.	Este principio aboga por un acercamiento flexible entre la conservación y el uso, en el cual la opción no necesariamente excluye al otro. En algunos casos se requiere la protección, mientras que en otros es más apropiado permitir y fomentar su uso y la generación de empleo. Es necesario pensar en términos de un continuo, donde el uso se basa en el tipo de turbera, contexto socioeconómico y su papel en la entrega de servicios ecosistémicos (uso racional).
Principio 11 El EE debe considerar todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.	Es necesario mucho más conocimiento acerca de las funciones de las turberas naturales y los efectos de acciones humanas (incluyendo esfuerzos de restauración) para tomar las mejores decisiones. La Información de todas las fuentes es crucial. Esto requiere necesariamente compartir toda la información a nivel internacional con transparencia, enfatizando el diálogo entre todos los sectores involucrados.
Principio 12 El EE debe abarcar todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas.	El manejo de turberas es muy complejo y las decisiones a menudo están basadas en la información inadecuada. Hay muchas falencias en el conocimiento y en las capacidades.

Fuente : Maltby, 2008.

Según Maltby (2008), actualmente existen guías para el manejo de las turberas, tales como el esquema de uso racional propuesto por Joosten y Clarke (2002). Sin embargo estas no son fáciles de usar al momento de la toma de decisiones. Las directrices técnicas existentes son comprensibles, pero difíciles de llevar a la práctica y usar operativamente. Propone nuevas herramientas para la toma de decisiones en la conservación y manejo de turberas, destacando el análisis multicriterio.

Debido a que áreas significativas de turberas a nivel mundial han sido degradadas, el mayor esfuerzo debe estar orientado hacia su restauración, al menos parcial. En la mayoría de los casos, esta restauración ocurrirá sólo después del uso

indiscriminado y el enriquecimiento en el corto plazo. En la actualidad, la atención particular debe enfocarse en los trópicos y en el Sudeste asiático donde las consecuencias adversas del manejo de las turberas son demasiado claras, desde el punto de vista ecológico, social y económico. Dado lo anterior, es esencial promover el acercamiento más holístico e integrado al manejo, incorporado dentro del EE. En este contexto, se hace fundamental la detallada evidencia con base científica y socioeconómica (Maltby, 2008).

10.4.3 El caso de la aplicación de uso racional de las turberas de la provincia de Tierra del Fuego, Argentina

La provincia de Tierra del Fuego, en Argentina, cuenta con aproximadamente 2.400 km² de turberas. Además del valor para la conservación de la biodiversidad, las turberas de la Patagonia proporcionan importantes beneficios a las comunidades locales, como la provisión de turba, agua para el consumo, hábitat para la fauna, almacenamiento de carbono y áreas de recreación. En Tierra del Fuego, la turba ha sido explotada comercialmente para horticultura y jardinería durante los últimos 20 años. Hasta hace poco, esta actividad se restringía a unas pocas localidades. Este panorama ha cambiado en los años recientes y las demandas para la explotación de turberas han aumentado significativamente, generando la necesidad de lineamientos claros y de una estrategia para la toma de decisiones en cuanto al manejo y uso racional de estos ecosistemas (FARN y Wetlands International, 2008).

Durante el año 2008, en Tierra del Fuego, Argentina, la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) y Wetlands International lideraron una iniciativa que pretende contribuir al uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, a través de un proceso participativo que ha involucrado a diferentes actores. Tal iniciativa generó una “Estrategia y planificación territorial para el Uso Racional de las Turberas”, que propone una serie de aspectos prioritarios clasificados por nivel, para la planificación territorial de las turberas de la provincia y su uso racional, sintetizados a continuación en el Cuadro N° 10.4 (SDSA, Wetlands International, FARN, 2010; FARN y Wetlands International, 2008).

Según SDSA, Wetlands International y FARN (2010), uno de los objetivos prioritarios del mencionado proyecto consiste en contribuir con el proceso de Ordenamiento Ambiental Territorial de las turberas de Tierra del Fuego. Ello ha sido puesto de manifiesto a través de diversas medidas adoptadas progresivamente con dicho objetivo, en base a una sólida argumentación que considera aspectos ecosistémicos, sociales y económicos, y que, al mismo tiempo, se apoya en el conocimiento científico disponible y en el derecho ambiental internacional, nacional y provincial vigente. Lo anterior constituye un paso clave para la implementación del uso racional del recurso, contribuyendo al mismo tiempo a la mitigación y adaptación al cambio climático global. Recientemente, estos mismos grupos propusieron criterios para apoyar el desarrollo de la estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego (Cuadro N° 10.7).

Cuadro N° 10.6. Resumen de la estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, Argentina.

NIVEL PROVINCIAL	
	<p>Aspectos prioritarios por su necesidad como elemento ordenador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventario actualizado de las turberas de Tierra del Fuego. • Moratoria. Norma jurídica que establezca la suspensión del otorgamiento de nuevas concesiones mineras por un determinado período. • Análisis económico integral, valoración de los servicios ambientales de las turberas • Evaluación Ambiental Estratégica. • Ordenamiento Ambiental del Territorio. La zonificación debe considerar zonas de protección, conservación y explotación y la planificación posterior al uso de las áreas explotadas. • Protección específica y urgente de áreas de valor único. • Regulación del uso de las turberas.
	<p>Aspectos vinculados a la gestión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la normativa ambiental nacional • Elaboración y aplicación de la normativa técnica <ul style="list-style-type: none"> - Norma jurídica que obligue al cumplimiento de - Manual de Buenas Prácticas - Guías prácticas para la operación y restauración ambiental post cierre de la operación • Fortalecimiento de las capacidades • Sector gubernamental y productivo fortalecido en capacitación y recursos • Participación ciudadana • Instrumentos económicos • Condiciones laborales • Educación, información e investigación científica <ul style="list-style-type: none"> - Material educativo, mayor conocimiento científico, cuantificación de turberas como sumidero de carbono.
NIVEL NACIONAL (Argentina)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización del Código de Minería • Designación de Sitios Ramsar • Mitigación del cambio climático y preservación de la biodiversidad

Fuente: FARN y Wetlands International, 2008.

Cuadro N° 10.7. Criterios para apoyar el desarrollo de la estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego

CRITERIO	
<p align="center">I. Listado de criterios y lineamientos a considerar en la definición del ordenamiento ambiental territorial de las turberas de Tierra del Fuego</p>	<p>1.1 Planes y medidas preexistentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Directrices de Ordenamiento Territorial actualmente vigentes o en proceso de implementación • Planes de Conservación • Zonificación derivada de la Ley de Bosque Nativo N° 26.331 • Consideración del trabajo de Aves Argentinas respecto a las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS) de Tierra del Fuego. • Plan Estratégico Provincial y planes municipales • Plan Hídrico Provincial • Otros planes sectoriales (turismo, desarrollo provincial por actividad, etc. • Planes para redes viales
	<p>1.2 Aspectos sociales y económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usos actuales y potenciales de las turberas (consideración de turberas ya degradadas y/o abandonadas; estado y cantidad de los pedimentos; valoración económica de la actividad y rentabilidad asociada al valor agregado) • Dominio • Aspectos socio-económicos, incluyendo el valor científico, cultural y arqueológico • Consideración de la presión del desarrollo urbano (principalmente en turberas urbanas) • Valoración de los servicios ecosistémicos o ambientales que prestan las turberas (se hace especial referencia a su valor intrínseco y biológico, así como a su valor paisajístico).
	<p>1.3 Aspectos ecosistémicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfoque hidro-geomórfico (interdependencia entre la formación geológica / geomorfológica y el agua del humedal, lo cual determinará diferentes dinámicas ecosistémicas) • Visión multi-escala (regional, paisaje y local) • Conectividad • Área mínima que asegure la funcionalidad del ecosistema • Tamaño de las turberas • Profundidad de la capa de turba • Mantenimiento del régimen hidrológico, integridad de la cuenca hídrica y aporte a la cuenca • Turberas que encierran cursos de agua y presencia de lagunas • Rareza • Representatividad • Biodiversidad • Diversidad de ambientes • Existencia de áreas protegidas y zonas de valor para la conservación • Aplicación de los Principios de Prevención, Precaución, Sustentabilidad y Equidad Intergeneracional (por ej. para la conservación de especies endémicas) • Incorporación de un plan temporal de otorgamiento de pedimentos • Consideración de los estudios previos • Consideración del impacto del castor en las turberas y otros impactos existentes • Consideración de criterios específicos en áreas de sacrificio
	<p>1.4 Aspectos vinculados al Cambio Climático:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de mitigación al cambio climático (volumen de carbono almacenado) • Contribución a la adaptación al cambio climático

(continúa)

(continuación)

II. Identificación preliminar de sitios de acuerdo a su estado actual de intervención.	Este ordenamiento territorial ha permitido identificar y clasificar sitios en las siguientes categorías: <ol style="list-style-type: none">1. Áreas a conservar2. Áreas a sacrificar3. Áreas a rescatar (por su estado de intervención o abandono)4. Áreas dudosas (áreas en las que se necesita mayor investigación)
III. Otras consideraciones	<ul style="list-style-type: none">• Para pedimentos de futuras explotaciones: necesidad de aumentar las exigencias normativas• Aplicar criterios técnicos específicos y detallados para evaluar pedimentos y estudios de impacto ambiental (posibilidad de exigir estudios de espesor de capa de turba, uso de ciertos métodos de extracción, inversión mínima, seguro de caución y plan de cierre)• Necesidad de desarticular la práctica de los drenajes como única acción de inicio de actividades, también se puede evitar mediante el dictado de normativa específica.• Para yacimientos en operación: necesidad de establecer normas técnicas de buenas prácticas que garanticen el aprovechamiento racional de las turberas, mediante el otorgamiento de plazos razonables de adecuación.

Fuente: SDSA, Wetlands International, FARN, 2010.

10.4.4 Propuesta de contenidos para formular un Plan de Manejo de Extracción de Turba, Chile.

Ruiz y Doberti (2005) señalan que un plan de manejo para turberas se concibe como un instrumento de planificación operacional, que deberá reunir los alcances específicos tendientes a respaldar el uso racional del recurso, estructurado sobre la entrega de antecedentes generales de los objetivos del proyecto e información de los demás componentes del medio (suelo, agua, aire, biota y paisaje), antecedentes de su área de influencia y programas específicos.

Estos mismos autores realizaron el estudio "Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes". En el marco de dicho estudio, presentan un listado de componentes y definiciones del ecosistema que deben ser estudiados y formulados para protocolos específicos de manejo (Cuadro N° 10.8). También proponen una pauta de contenidos que debiera considerar un plan de Manejo de extracción de turba (Cuadro N° 10.9).

Cuadro N° 10.8. Componentes y definiciones del ecosistema que deben ser estudiados y formulados para protocolos específicos de manejo.

<p>Aguas (Sistema hídrico)</p>	<p>Se deben definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las funciones principales y los usos del agua en la cuencas 2. El impacto hidrológico de las actividades de manejo: <p>Identificación de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución en el nivel freático del turbal • Aumento del caudal en cursos de agua temporal y permanente. • Aumento de agua y humedad a los sitios aledaños. • Aumento de la acidez de los cursos de agua <p>Medidas para la conservación :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de medidas • Mejores prácticas
<p>Suelo (Sistema edáfico)</p>	<p>Se deben definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sus funciones principales y sus usos 2. El impacto al suelo de las actividades de manejo: <p>Identificación de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de parte del suelo orgánico. • Alteración del suelo mineral por movimiento de maquinarias. • Anegamiento de suelos aledaños por drenaje. • Acidificación del suelo <p>Medidas para la conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de medidas • Mejores prácticas
<p>Aire (sistema aéreo)</p>	<p>Se deben definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las relaciones entre las turberas y la atmósfera 2. El impacto a la atmósfera producto de las actividades de manejo: <p>Identificación de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emanación de gases al aire liberados por la intervención. • Emanación de gases al aire liberados por las maquinarias. <p>Medidas para la conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de medidas • Mejores prácticas
<p>Paisaje</p>	<p>Se deben definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las relaciones entre las turberas y el paisaje. 2. El impacto al paisaje producto de las actividades de manejo: <p>Identificación de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impacto visual producido por las zanjas de drenaje. • Alteración escénica producto del apilamiento de bloques de turba • Emplazamiento y orden de las instalaciones dispuestas para las operaciones extractivas <p>Medidas para la conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de medidas • Mejores prácticas
<p>Flora y Fauna (sistema biótico)</p>	<p>Se deben definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las relaciones de las turberas con la flora y fauna 2. El impacto a la flora y fauna producto de las actividades de manejo: <p>Identificación de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alteración del hábitat de la fauna. • Alteración del sustrato para el establecimiento de la vegetación. • Pérdida de hábitat para la flora y fauna. • Alteración a la cadena trófica. • Alteración a las comunidades vegetales aledañas. <p>Medidas para la conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Listado de medidas • Mejores prácticas
<p>De las relaciones socioeconómicas.</p>	<p>El concepto "uso racional" incluye las relaciones socioeconómicas que se producen en el contexto del aprovechamiento de los recursos, en este caso, relativas al manejo de turberas.</p> <p>Por lo tanto deben ser definidas las funciones, relaciones e impactos que se producen en el desarrollo de la actividad extractiva de turba.</p> <p>Entre algunos;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buenas prácticas laborales (seguridad social y laboral) - Beneficios socioeconómicos (para trabajadores, comunidad).

Fuente: Ruiz y Doberti, 2005

Cuadro N° 10.9. Pauta de contenidos de un Plan de Manejo de turberas

Antecedentes generales	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Del titular de la concesión ◆ De la Concesión ◆ Del propietario del terreno
Antecedentes de caracterización del área de influencia (cuenca)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Vías de acceso ◆ Ubicación de la zona de manejo ◆ Fisiografía, hidrografía, clima, flora y fauna. ◆ Usos anteriores ◆ Presencia de flora/fauna con problemas de conservación, recursos protegidos y sitios de intereses especiales, arqueológico, monumento nacional o turísticos. ◆ Asentamientos poblacionales. ◆ Sitios prioritarios de políticas de desarrollo regional. <p>Descripción de la turbera a intervenir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Cuencas y subcuencas afectadas ◆ Fitosociología de la turbera ◆ Superficie del turbal ◆ Profundidad o espesor por capas (Escala Van Post) <p>Hidrografía de cursos permanentes, temporales y drenaje natural al interior de la superficie de la turbera. Relación con caudales afectos a derechos de terceros o fuentes de agua de asentamientos poblacionales.</p>
Programa de Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Objetivo de producción ◆ Áreas de extracción ◆ Volumen de producción ◆ Diseño de drenaje y sistema de control del drenaje ◆ Profundidad de extracción ◆ Manejo del material remanente ◆ Plan de extracción ◆ Método de extracción (Mecánico/Manual o Mixto) ◆ Vías de saca.
Programa de abandono y Restauración	Recuperación, rehabilitación o restauración del área intervenida
Programa de Control y Mitigación de impactos	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Flora y Fauna ◆ Suelo ◆ Paisaje ◆ Emisiones ◆ Hídricos ◆ Sitios de intereses especiales. ◆ Riesgos operacionales (incendios y derrames) ◆ Manejo de residuos
Programa de Conservación	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Turbera ◆ Flora y Fauna. ◆ Calidad del Agua y caudales ◆ <i>Sitios de interés.</i>
Programa de Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Turbera. ◆ Flora y Fauna. ◆ Calidad del agua y caudales
Cartografía (a escala adecuada)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Del área de influencia, a lo menos a escala 1:50.000, conteniendo topografía, hidrografía, comunidades vegetacionales y áreas o sitios de interés presentes, emplazamiento de infraestructura vial, centros poblados, antecedentes de los predios comprendidos. ◆ Del Plan de operaciones, a lo menos 1:10.000, topografía, hidrografía, diseño de drenaje, áreas de intervención, áreas de conservación, programa de intervención, red vial y caminos existentes, caminos propuestos.

Fuente: Ruiz y Doberti, 2005.

10.5 PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL INTEGRAL PARA LAS TURBERAS DE MAGALLANES

10.5.1 Enfoques y niveles seleccionados.

De acuerdo a los antecedentes analizados en los capítulos precedentes, los enfoques seleccionados para diseñar el modelo de gestión para las turberas de Magallanes son:

- El Enfoque Ecosistémico (EE)
- El Manejo Integrado de Cuencas (MIC)
- El Uso Racional de las Turberas (URT).

El estudio considera dos niveles: una propuesta de gestión a nivel regional, general, en la que se entregan aspectos prioritarios para la ordenación y la gestión y un plan de gestión más específico, a nivel local.

10.5.2 Diseño del Modelo Geosistémico Magallánico

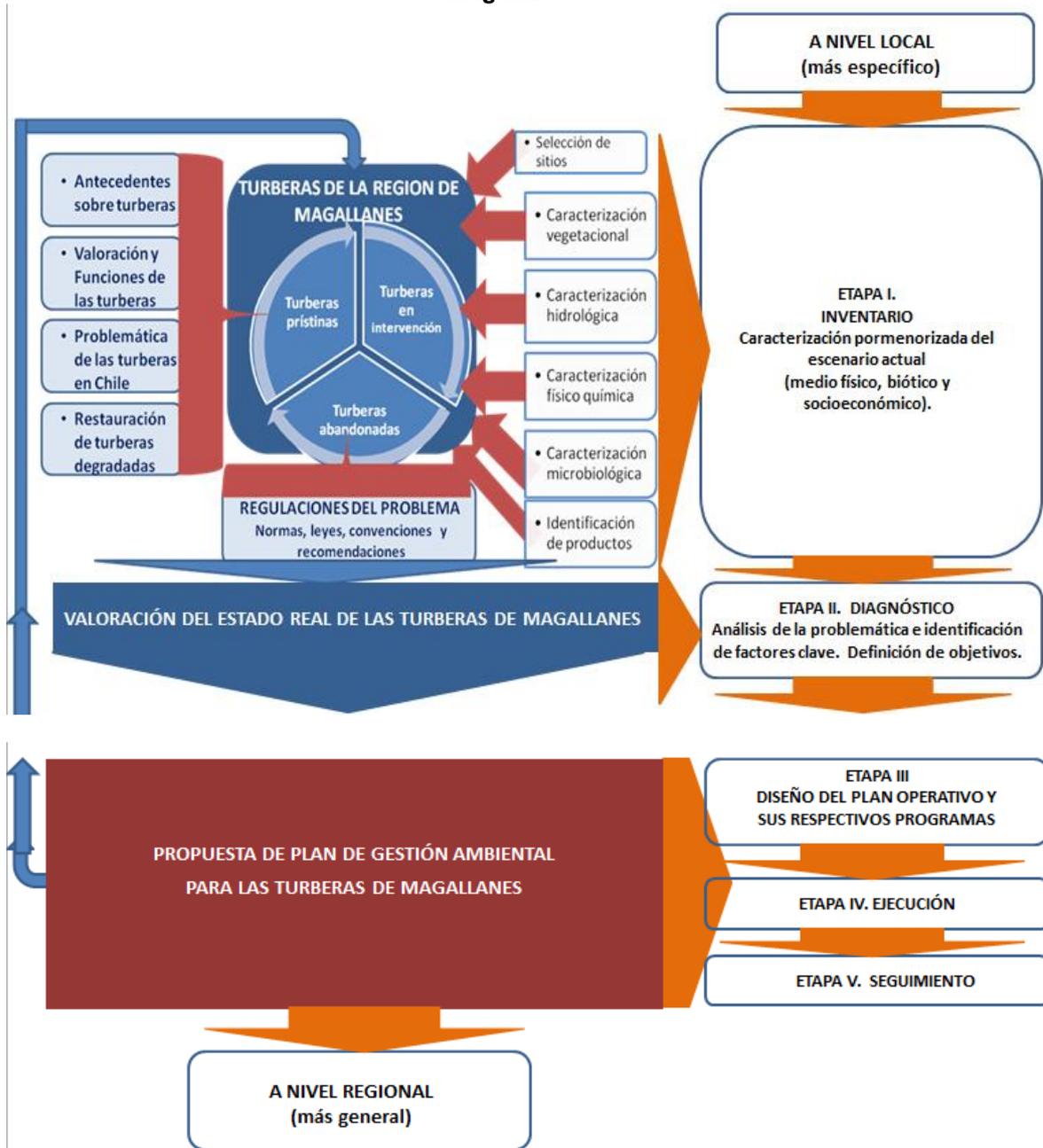
En cuanto al Modelo de gestión elegido, se propone uno basado en la Gestión Ambiental Adaptativa, pues considera, explícitamente, que existe complejidad e incertidumbre y que nuestros conocimientos sobre los sistemas naturales son escasos (Lee, 1993 citado por CONAF, 2006). Dicho modelo debe ser integrado e interactivo, con la finalidad que los ámbitos que lo componen se administren coherentemente.

De acuerdo a lo discutido en los capítulos precedentes, el diseño del modelo de gestión para las turberas de Magallanes debe contemplar las siguientes etapas:

- I. Inventario. Corresponde a la caracterización pormenorizada del escenario actual (medio físico, biótico y socioeconómico).
- II. Diagnóstico. Se basa en un análisis estratégico de la problemática e identificación de factores clave mediante: a) Identificación de impactos por componente, b) Cuantificación de impactos identificados, c) Valoración de impactos identificados y d) Definición de objetivos según valoración de impactos identificados.
- III. Diseño de un plan operativo, basado en programas priorizados, factibles a ser ejecutados. Se definen responsabilidades, fechas, montos asignados.
- IV. Ejecución.
- V. Seguimiento.

En la figura N°10.10 se aplican las etapas anteriormente señaladas al premodelo geosistémico magallánico propuesto en la metodología. Posteriormente, en el cuadro N°10.10, se propone la estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel regional, mientras que en los cuadros N° 10.11, 10.12 y 10.13 se presenta la estrategia a nivel local.

Figura N° 10.10. Diseño del modelo de gestión para las turberas de Magallanes



A. NIVEL REGIONAL

Cuadro N° 10.10. Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel regional.

NIVEL REGIONAL	
Aspectos prioritarios por su necesidad como elemento ordenador	
<ul style="list-style-type: none"> • Actualización del Inventario actual de las turberas de Magallanes (Catastro Ruiz y Doberti, 2005). Revisión del Inventario Nacional de Humedales (MMA-CEA, 2011), con énfasis en turberas. • Análisis de la normativa e institucionalidad ambiental nacional relativa a las turberas. Propuesta de un marco jurídico adecuado. • Propuesta de un Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Revisión de la propuesta de zonificación realizada por Ruiz y Doberti (2005). Debe considerar: <ul style="list-style-type: none"> - Zonas de protección y/o conservación - Zonas de producción - Zonas a restaurar (por su estado de intervención o abandono) • Revisión de las concesiones mineras asignadas. • Protección específica de áreas de valor único. • Regulación del uso de las turberas. • Análisis económico integral: <ul style="list-style-type: none"> - Valoración de aspectos socio económicos, según potenciales usos de turberas in situ/ex situ (ver cuadro N° 8.19: valor científico, cultural, arqueológico, potencial medicinal de turba, entre otros). - Valoración de los servicios ecosistémicos de las turberas. • Consideración de las turberas en Programa Desarrollo Regional y Programas Comunales (turismo). 	
Aspectos vinculados a la gestión	
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la normativa ambiental nacional • Elaboración y aplicación de la normativa técnica <ul style="list-style-type: none"> - Manual de Buenas Prácticas - Guías prácticas para la operación y restauración ambiental • Fortalecimiento de las capacidades <ul style="list-style-type: none"> - Sector gubernamental y productivo fortalecido en capacitación y recursos • Participación ciudadana • Condiciones laborales • Educación, información e investigación científica <ul style="list-style-type: none"> - Material educativo y difusión. - Mayor investigación científica 	
Aspectos vinculados al Cambio Climático	
<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de mitigación al cambio climático (cuantificación de carbono almacenado; cálculo de emisiones de metano). • Contribución a la adaptación al cambio climático 	

A NIVEL LOCAL

Cuadro N° 10.11. Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel local. Etapa I. Inventario.

ETAPA	ACTIVIDADES REQUERIDAS
<p style="text-align: center;">ETAPA I</p> <p style="text-align: center;">INVENTARIO</p> <p>Caracterización pormenorizada del escenario actual (medio físico, biótico y socioeconómico)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuencas y subcuencas relacionadas • Superficie de la turbera • Accesibilidad • Ubicación de la zona de manejo • Usos anteriores /uso actual - Propiedad • Caracterización climática (precipitaciones, período de congelamiento del suelo, temperaturas máximas, mínimas) • Caracterización topográfica (mapa topográfico, imágenes satelitales, google-earth) • Caracterización geológica – hidrogeológica (mapa geológico). • Relieve (Mapa geomorfológico, Modelo de elevación digital) • Caracterización fisiográfica-edáfica. Profundidad de la turba y espesor por capas (Escala Van Post). Perfiles transversales (profundidad turba vs. tipo de turba). Conductividad, pH, nutrientes. • Caracterización hidrológica (Nivel freático; Hidrografía de cursos permanentes, temporales y drenaje natural al interior de la superficie de la turbera; Patrones de flujo de agua; Relación con caudales afectos a derechos de terceros o fuentes de agua de asentamientos poblacionales; Presencia de lagunas). • Caracterización florística y fauna (listado de especies, presencia de flora/fauna con problemas de conservación, especies invasoras, bio-indicadores de las condiciones del sitio) • Clasificación de la turbera según el contenido y origen de los nutrientes • Aspectos socioeconómicos. Asentamientos poblacionales. Infraestructura y red vial. • Presencia de recursos protegidos y sitios de intereses especiales, arqueológico, monumento nacional o turísticos, sitios prioritarios de políticas de desarrollo regional. • Cartografía (a escalas adecuadas) • Análisis de la legislación relacionada nacional / internacional

Cuadro N° 10.12. Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel local. Etapa II. DIAGNÓSTICO.

ETAPA	ACTIVIDADES REQUERIDAS
<p style="text-align: center;">ETAPA II DIAGNÓSTICO</p> <p>Análisis de la problemática e identificación de factores clave. Definición de objetivos.</p>	<p>2.1 Identificación de impactos por componente:</p> <p>Componente agua</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración del nivel freático - Alteración de los caudales en cursos de agua - Alteración de la calidad del agua (química del agua) <p>Componente Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis físico químico del suelo - Nivel de extracción de suelo orgánico - Alteración de suelo por movimiento de maquinaria - Anegamiento de suelos aledaños por drenaje <p>Componente Aire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emanación de gases liberados por emanación (metano) - Emanación de gases liberados por maquinarias <p>Componente Flora y Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de biodiversidad – pérdida de hábitat para flora y fauna - Alteración de sustrato para establecimiento de la vegetación - Alteración de la cadena trófica - Alteración de las comunidades vegetales aledañas - presencia de especies en alguna categoría de conservación <p>Componente Paisaje</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración escénica por drenaje de turbera - Alteración escénica por instalación de faena y operaciones extractivas <p>Componente Socio económico y cultural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beneficios socio económicos - Buenas prácticas laborales - Presencia de sitios de valor cultural, arqueológico, recursos protegidos. <p>2.2 Cuantificación de impactos identificados</p> <p>2.3 Valoración de impactos identificados</p> <p>2.4 Definición de objetivos según valoración de impactos identificados</p> <p>Los objetivos se clasifican en tres tipos, sobre la base de los impactos identificados y la situación de la turbera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Objetivo de Conservación y/o Protección - Objetivo de Restauración o Rehabilitación para otros fines. - Objetivo de Cosecha.

Cuadro N° 10.13. Estrategia de gestión para las turberas de Magallanes a nivel local. Etapas III, IV y V.

ETAPA	ACTIVIDADES REQUERIDAS
<p style="text-align: center;">ETAPA III</p> <p>Diseño del plan operativo y sus respectivos programas</p> <p>Debe considerar responsables, cronograma de actividades y montos asignados</p>	<p>1. PLAN EN CASO DE PROTECCIÓN y/o CONSERVACIÓN Posibles contenidos del programa basado en la sostenibilidad: sumidero de carbono, regulación de flujo hídrico, biodiversidad, ecoturismo, educación ambiental.</p> <p>2. PLAN EN CASO DE RESTAURACIÓN Aplicar y adaptar protocolos de restauración validados a nivel internacional (ver capítulo IV). Los objetivos de la restauración pueden ser de tres tipos: <ul style="list-style-type: none"> d) Restauración de la biodiversidad de las turberas e) Restauración de las funciones hidrológicas de las turberas f) Restauración de las emisiones de gases invernadero de turberas </p> <p>3. PLAN EN CASO DE REHABILITACIÓN PARA OTROS FINES: FORESTACIÓN, AGRICULTURA, AREAS SILVESTRES. Cuando la restauración no es posible debido el grado de degradación, es posible rehabilitar el sitio para otros fines: forestación, agricultura, área silvestre.</p> <p>4. PLAN EN CASO DE COSECHA DE TURBA</p> <p>Programa de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de producción • Áreas de extracción • Volumen de producción • Diseño de drenaje y sistema de control del drenaje • Profundidad de extracción • Manejo del material remanente • Plan de extracción • Método de extracción (Mecánico/Manual o Mixto) • Vías de cosecha. <p>Programa de abandono y restauración Actividades de Recuperación, rehabilitación o restauración del área intervenida según Guías (ver cap. IV).</p> <p>Programa de Control y Mitigación de impactos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flora y Fauna • Suelo • Paisaje • Emisiones • Hídricos • Sitios de intereses especiales. • Riesgos operacionales (incendios y derrames) • Manejo de residuos <p>Programa de conservación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbera sector no intervenido • Flora y Fauna. • Calidad del Agua y caudales • <i>Sitios de interés.</i>
<p>ETAPA IV Ejecución</p>	
<p>ETAPA V Seguimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento periódico de biodiversidad (especies relevantes, de interés para la restauración, bio-indicadoras) - Seguimiento de la hidrología y química (nivel freático, conductividad hidráulica, pH)

10.6 HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LAS TURBERAS

El modelo propuesto se desarrolla sobre un marco integrado entre los enfoques de uso racional de turberas y el enfoque ecosistémico, ya discutidos en los capítulos precedentes. El modelo de gestión integrado que se propone considera la Gestión Ambiental Adaptativa. Dicho modelo permite tener una visión esquemática, integradora y analítica para poder emitir una evaluación del funcionamiento del plan de gestión propuesto para las turberas de Magallanes. El modelo propuesto debe estar en coherencia y coordinación con la Estrategia Nacional de Humedales.

Por otra parte, de todo lo analizado en el presente estudio, es posible concluir que la extracción del recurso turba no es incompatible con su protección y conservación. En efecto, en la medida que exista una adecuada política y regulación de rehabilitación y restauración de los sitios intervenidos y su correspondiente fiscalización, es posible cumplir dicho cometido.

Sin embargo, si el proceso de gestión ambiental no está acompañado de un esfuerzo para abordar la incertidumbre a fin de obtener beneficios de lo inesperado, los mejores métodos de predicción pueden fallar. Este punto es clave en el caso de la gestión integrada de las turberas en Chile, puesto que, de acuerdo a la información analizada en este estudio, se puede concluir que existen numerosos elementos que dificultan el desarrollo y puesta en marcha de un plan de gestión integral de las turberas en Chile. A saber:

1. No es posible determinar el estado de conservación de las turberas y el musgo *Sphagnum magellanicum*, debido a la inexistencia de un catastro que cuantifique el recurso a nivel nacional. Recientemente se ha llevado a cabo un catastro nacional de humedales, sin embargo, paradójicamente, éste no ha considerado los ecosistemas de turberas.
2. No hay en Chile una normativa o ley que regule la extracción de la turba y el musgo *Sphagnum* en las turberas y pomponales nacionales.
3. No existe una única institución gubernamental encargada de la protección y conservación de las turberas y el musgo *Sphagnum magellanicum* en Chile. Al respecto, la institucionalidad ambiental debe funcionar en base al conocimiento específico de los recursos naturales. Aún más, existen contradicciones y superposición de funciones entre los distintos organismos gubernamentales con competencia en los recursos naturales, entre ellos el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).
4. Existe en Chile un alto desconocimiento de estos ecosistemas y de sus relevantes y múltiples funciones: climáticas, hidrológicas, ecológicas, edáficas, culturales, recreacionales, educacionales y científicas que cumplen las turberas.

A fin de dar cumplimiento a los objetivos del plan de gestión integral de las turberas, se recomienda tener en cuenta los siguientes elementos esenciales:

- Elaborar y mantener un catastro nacional específico relativo a las turberas, que permita determinar su distribución, cuantificación y zonas prioritarias de conservación. Además es necesario incluir estos ecosistemas en la Estrategia Nacional de Humedales.
- Sistematizar e identificar normas jurídicas que puedan tener relación con la extracción del musgo, complementarlas, y si es necesario, idear una normativa que perdure en el tiempo y que permita el uso racional y sustentable del recurso.
- Definir un determinado organismo estatal que proteja, gestione y fiscalice el uso racional y la conservación de las turberas. Dicho organismo debe contar con la capacidad y recursos necesarios para llevar a cabo esta labor. Además es imprescindible definir las competencias necesarias en la materia para que las autoridades encargadas las ejerzan de manera coordinada y coherente.
- Fomentar el estudio en Chile de las turberas, hacer partícipe a entidades gubernamentales, organismos privados, Universidades, entre otros. Promover la investigación en este tipo de humedales, especialmente como reguladores del ciclo hidrológico y como fuente de almacenamiento de carbono. Difundir los resultados a la comunidad y crear conciencia de la necesidad de conservar las turberas. Como país se debe acoger el llamado que hace la Convención de Ramsar, en el sentido de inventariar estos humedales y otorgarles la prioridad para su conservación.
- En el caso de las turberas destinadas a la cosecha, se debe exigir su rehabilitación y restauración. En caso de no ser posible, se deben adoptar medidas compensatorias.
- Según INIA KAMPENAIKE (2011), el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas debe ser uno de los objetivos de la estrategia de conservación de las turberas. A través de esta protección es posible regular su extracción y promover el uso racional del recurso por parte de las comunidades locales. Desde este punto de vista, la recién iniciada discusión parlamentaria del proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad debiera constituir una instancia donde plantear este tema.

10.7 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

ANDRADE PÉREZ, ÁNGELA y NAVARRETE LE BLAS, FABIÁN. 2004. Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental 8. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA - Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental.

ANDRADE PÉREZ, ÁNGELA (Ed.). 2007. Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. CEM - UICN. Bogotá, Colombia.

ARRIAGA, BERHA y CASTAÑEDA, JOSÉ 2002. Gestión del agua en la cuenca del Río Huatanay y la concertación para el tratamiento de problemas ambientales. Peru.

ASTORGA ESPELETA, YAMILETH. 2006. Programa de Gestión Ambiental Integral de la Universidad de Costa Rica (PROGAI). Costa Rica. Disponible en: <http://www.progai.ucr.ac.cr/documentos/marcoconceptPROGAI.pdf> (09/05/2011)

CANTERA, JAIME RICARDO. 2005. Investigación científica para la gestión ambiental integrada de espacios acuáticos compartidos. El desafío es pasar de las palabras a los hechos: el caso del Río de La Plata. Revista Academia Colombiana Ciencia 29(111): 255-269

CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO (CED) 2008. Plan de Gestión Ambiental para la Cuenca de Aculeo, Región Metropolitana. Proyecto GEF Altos de Cantillana. Municipio de Paine.

CNA (Comisión Nacional de Agua) - Gobierno de México, 2003. Consejos de cuenca. Disponible en: www.cna.gob.mx/.../Publicaciones/gestion.htm (15/06/2009).

COMITÉ DE DESARROLLO TERRITORIAL, COMISIÓN EUROPEA, 1999. ETE Estrategia Territorial Europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE. Comisión Europea.

CONAF. 2006. Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del Río Cruces. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales - Universidad Austral de Chile.

CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES DE RAMSAR. 2002. Humedales: agua, vida y cultura. 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar. Valencia, España.

CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES DE RAMSAR. 2005. Marco Conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas. Resolución IX.1. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales en Kampala, Uganda. Secretaría de la Convención de Ramsar.

CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

COTLER, HELENA. 2004. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México.

DOUROJEANNI, AXEL; JOURAVLEV, ANDREL; CHAVEZ, GUILLERMO. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura.

FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (FARN) Y WETLANDS INTERNATIONAL, 2008. Propuesta de estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, Argentina.

FERNANDEZ, J. V. 2004. Proposición de un plan de manejo integral de la subcuenca hidrográfica del Estero Yali, V y RM. Tesis (Ing. Forestal). Universidad Mayor. Fac. Cs. Agropecuarias, Esc. Ing. Forestal.

FRANCKE, S. 2003a Planificación y gestión social de cuencas hidrográficas en el contexto del plan nacional de desarrollo. La situación del manejo integral de cuencas en Chile. CONAF. Santiago, Chile

FRANCKE, S. 2003b. Planificación y gestión social de cuencas hidrográficas en el contexto del plan nacional de desarrollo. Escenarios de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas y Desarrollo Sostenible.

FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (FARN) Y WETLANDS INTERNATIONAL. 2008. Propuesta de estrategia para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, Argentina. Disponible en: <http://lac.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=fm9SI0VYO7U%3D&tabid=1228&mid=4691>. Fecha de consulta: 9/06/2010.

GONZALEZ, J. I. 2005. Estudios ambientales en cuencas. El manejo de cuencas en Cuba: actualidades y retos. INE – SEMARNAT, México. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/452/gonzalez.html>

INIA KAMPENAIKE. 2011. Segundo Informe de Avance Programa Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas en Magallanes. SEREMI de Agricultura Región de Magallanes y Antártica Chilena. Punta Arenas.

INTERNATIONAL PEAT SOCIETY (IPS). 2009. Wise Use of Mires and Peatlands. Disponible en: <http://www.peatsociety.org/index.php?id=40>. Fecha de consulta: 12/12/2010.

ITURRASPE, RODOLFO. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. 1ª Ed. Buenos Aires. Fundación para la Conservación y el uso de los humedales. Wetlands International. 32 p.

JOOSTEN, HANS; CLARKE, DONALD. 2002. Wise Use of mires and Peatlands. International Mire Conservation Group, International Peat Society.

LÓPEZ CADENAS DEL LLANO, F., 1998. Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión. Tragsa-Tragsatec. Ministerio de Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

MALTBY, EDWARD. 2008. Resolviendo el manejo de las turberas y los dilemas de su conservación mediante la implementación del enfoque ecosistémico. Institute for Sustainable Water, Integrated Management and Ecosystem Research (SWIMMER), University of Liverpool. En: Congreso Internacional de turba, Tullamore, Irlanda.

MAASS, MANUEL 2004. La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala

SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y AMBIENTE (SDSA), FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (FARN) y WETLANDS INTERNATIONAL, 2010. Estrategia y planificación territorial para el uso racional de las turberas de Tierra del Fuego, Argentina. Documento de conclusiones del Taller.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) - Instituto Nacional de Ecología (INE). 2009. Caracterización y diagnóstico para el ordenamiento ecológico general del territorio (POEGT). Instituto de Geografía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM Universidad Autónoma de Querétaro. México.

SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA (SCDB). 2004. Enfoque por ecosistemas. 50 p. Directrices del CDB. PNUMA – CDB. Canadá.

SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES - USDA, 2007. Aportación del Servicio de Conservación de Recursos Naturales al Desarrollo Agrícola Sostenible en Puerto Rico. Disponible en: www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/agrisostenido.htm

SHEPHERD, GILL. 2006. El Enfoque Ecosistémico: Cinco Pasos para su Implementación.

TAKKO, A. 2009. Wise use of mires and peatlands - Synthesis. University of Helsinki. Disponible en: www.peatmoss.com/files/wiseusetakko.ppt (09/04/2010).

UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

VASQUEZ, G. 1997. Consideraciones ambientales para la planificación de cuencas hidrográficas en áreas de influencia cafetera en Colombia. Crónica Forestal y del Medioambiente Vol 12(1). Universidad Nacional de Colombia.

CAPÍTULO XI

TESIS FINAL Y CONCLUSIONES

A continuación se presentan los principales aportes para plantear la tesis final de esta investigación doctoral. De acuerdo con la estructura de la investigación, en el primer apartado se sintetiza el grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos y actividades planteadas y desarrolladas en el estudio. El segundo bloque hace referencia al nivel de cumplimiento de la hipótesis propuesta. Por último, se describen aspectos tales como la significancia conceptual, científica y personal del trabajo realizado.

11.1 SOBRE LOS OBJETIVOS

5. *Evaluar bibliométricamente y mediante visitas técnicas el grado de conocimiento de las turberas a nivel nacional e internacional.*

- La exhaustiva revisión de antecedentes a nivel nacional e internacional ha permitido actualizar y ordenar la información existente. A pesar de la amplia distribución y diversidad de turberas en el globo, su inventario es insuficiente y debe ser completado.
- Este tipo de humedales presenta particulares características, pues se adaptan a condiciones extremas de agua a nivel superficial y bajo contenido de oxígeno, bajas temperaturas, alta acidez, elementos tóxicos y baja disponibilidad de sustancias nutritivas para la planta (baja concentración de nitrógeno), lo que disminuye significativamente la presencia de hongos y bacterias. El principal componente biológico capaz de soportar estas condiciones es el musgo *Sphagnum*.
- Es relevante destacar la fuerte interconexión entre los componentes agua, turba y vegetación específica. Si alguno es removido, el balance entre ellos se verá significativamente alterado. En consecuencia, el ecosistema sufrirá cambios fundamentales. Se considera que el 90 % de una turbera es agua, por lo que juegan un rol fundamental en el abastecimiento de este elemento en lugares con presencia de temporada seca, ya que mantienen una disponibilidad de agua constante. Esto las convierte en vulnerables frente a la intervención humana.
- Es reconocida a nivel mundial su importancia como un gran sumidero de carbono en la turba, reservorio de agua y reguladora del ciclo hidrológico. Por

otra parte, las turberas presentan características claves para la conservación de la biodiversidad. Estas características las convierten en ecosistemas únicos, singulares, altamente especializados y valiosos, los cuales proporcionan particulares bienes y servicios, razón por la cual requieren mayor atención.

- Este tipo de humedales constituyen uno de los ecosistemas más productivos y valiosos del planeta, debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel global, regional como local. Brindan al mismo tiempo beneficios económicos, ecológicos y sociales al hombre, los cuales pueden ser agrupados en funciones de regulación o servicios ecosistémicos; funciones productivas; funciones trasmisoras y funciones de información.
- Ha existido una presión mundial sobre las turberas, la que ha provocado la significativa disminución del área mundial cubierta por ellas. A partir de 1800, el área global de turberas se ha visto reducida entre un 20% y 30%, siendo la actividad humana la principal causa de dicha reducción, tanto a escala local como global.
- Varios autores coinciden en la urgente necesidad de aplicar nuevos enfoques de manejo, que consideran la valoración económica de estos ecosistemas y su uso racional, es decir aquel uso que no causará daño, tanto en el presente como en el futuro, mediante el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas dentro del contexto del desarrollo sostenible.
- En cuanto a la restauración de las turberas degradadas, se afirma que es una actividad reciente y en consecuencia, poco estudiada. Además, es frecuentemente compleja, costosa y larga. El objetivo de la restauración de las turberas es el restablecimiento de los mecanismos de auto regulación, que llevan a la acumulación de turba funcional. Es decir, el éxito de su restauración se logra una vez que el ecosistema recupera su autosuficiencia y funcionalidad. En la práctica los objetivos de la restauración de las turberas implican dos actividades fundamentales: el restablecimiento de la capa vegetal de la turbera dominada por *Sphagnum*, y la rehidratación del sitio mediante el alza y estabilización del nivel freático, cercano a la superficie.
- A nivel nacional, la información de humedales en Chile es dispersa, no sistemática, diversa, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones. Sobre el caso específico de las turberas chilenas, se debe mencionar que son ambientes bastante desconocidos y confusos, asignándoles escasa importancia. Sólo existen catastros parciales como los de las regiones de Los Lagos y Magallanes. La Región de Magallanes concentra gran parte de los depósitos de turba de *Sphagnum* del país. Ruiz y Doberti (2005) han estimado una superficie de 2,27 millones de ha de turberas y una profundidad promedio de turba de 3,8 m.
- Al respecto, resulta altamente necesario elaborar y mantener un catastro nacional de turberas y pomponales a fin de determinar su distribución, cuantificación y zonas prioritarias de conservación. En cuanto a su explotación, no se conoce en qué lugares del país sería más crítica la explotación de turberas. Sólo un 12% del área de turberas a nivel nacional sería explotable

comercialmente, debido principalmente a su difícil accesibilidad y a su alta presencia en áreas silvestres protegidas. De hecho, un porcentaje importante de las turberas nacionales se encuentran protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), especialmente en Magallanes, donde la superficie de turberas protegidas por el Estado asciende al 65%. En cuanto a la explotación de las turberas, en la Región XII, actualmente se estima que solo alrededor de un 0,003% de la superficie total de ellas ha sido explotada, existiendo solo 3 explotaciones en curso, lo cual indica, que es una actividad de bajo impacto e incipiente desarrollo. Por otra parte, el producto cosechado, la turba, es escasamente procesado, no presentando valor agregado alguno.

6. *Identificar y analizar las regulaciones relativas a las turberas a nivel nacional e internacional.*

- El análisis sobre los aspectos normativos permitió constatar que existen variados instrumentos regulatorios a nivel internacional. La iniciativa de mayor relevancia a nivel mundial en este tema es la Convención sobre los Humedales de Ramsar.
- Todos los instrumentos internacionales se encuentran vigentes e integrados plenamente al ordenamiento jurídico nacional, si bien no se evidencia una aplicación práctica.
- En el país las actividades de aprovechamiento del recurso turba se encuentran reguladas principalmente por reglas establecidas que parten desde la Constitución Política de la República, el Código de Minería, la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
- En el caso particular de las turberas chilenas, el desarrollo normativo e institucional ha sido escaso. Es necesario destacar que a nivel nacional el campo jurídico de las turberas se relaciona con el marco jurídico minero-extractivo como principal instrumento regulatorio, con todos sus requerimientos y procesos. Esta regulación desconoce que la turba más bien es un ecosistema independiente y autónomo, con componentes bióticos, no inertes, y reconocido como ecosistema de humedal en las normas internacionales y políticas internas y algunas normas nacionales. Esta regulación está más orientada a las actividades extractivas de las riquezas que al uso sustentable de los recursos.
- Dado lo anterior, debiera estudiarse un marco legal que considere el uso racional y conservación de las turberas y que esté acorde con la estrategia nacional de humedales. Por otra parte, dicha regulación debe considerar la recuperación del sitio intervenido, durante la etapa de abandono.
- En cuanto a la institucionalidad, no está claro que organismos ejercen competencia en este tipo de ecosistemas. Actualmente presentan cierto nivel de competencia el SAG, CONAF, SERNAGEOMIN y SEA, sin embargo no se ejercen de manera coordinada ni coherente.

7. *Diseñar una metodología funcional teórico práctica que permita sentar las bases de un plan de gestión ambiental en turberas a nivel nacional y aplicarla a las turberas de la región de Magallanes.*

- La metodología diseñada permitió sistematizar la dispersa y carente información existente de las turberas de Magallanes y completar información inexistente.
- Debido a la complejidad del área de estudio, en cuanto a su lejanía y dificultades de accesibilidad, extensión, y limitaciones presupuestarias, en algunos aspectos no fue posible recabar toda la información necesaria. Entre ellos, se destaca la necesidad de realizar exhaustivos estudios de la hidrología de cada una de las turberas estudiadas.

8. *Describir la estratigrafía de turberas en intervención y no intervenidas en Magallanes, definiendo grados de humificación (descomposición).*

- Todas las turberas estudiadas presentaron alto grado de descomposición de la turba (H8) según Von Post, incluso San Juan presentó H9, lo que indica un alto grado de descomposición de la materia orgánica. La profundidad de la turba varía en un rango de 2 a 4 metros, valores menores a los presentados en turberas del Hemisferio Norte, debido a la mayor antigüedad de estas últimas.
- Todas las turberas presentaron en profundidad (mayor a 1 m) una capa gris constituida por arena fina y limo, a veces arcillas, de origen fluvial o lacustre, lo que confirma lo descrito en la caracterización geomorfológica.
- Algunas turberas presentan un estrato de ceniza volcánica (tefra), lo que se explica por la intensa actividad volcánica del área de estudio durante su historia geológica.

9. *Caracterizar vegetacionalmente las turberas intervenidas y no intervenidas en Magallanes.*

- Todas las unidades estudiadas corresponden a la clasificación de turberas *Sphagnum magellanicum*, según Kleinebecke (2008) y Pisano (1977). La especie dominante es el musgo *Sphagnum magellanicum*, que se presenta en forma de grandes cojines, formando un paisaje plano con microrelieves. En las turberas naturales sin intervención se presentan pozas de agua y el nivel de agua superficial.
- Asociadas a la especie dominante, las especies con mayor presencia en los sitios de estudio son *Empetrum rubrum*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Caltha appendiculata*, *Gaultheria mucronata*, *Nothofagus antártica*, y *Tetroncium magellanicum*. Los sitios con mayor número de especies fueron San Juan, Maynard, Cameron y Vicuña.
- Se identificó un total de 55 especies en las 7 turberas estudiadas (Cuadro N°8.2). El número total de especies se distribuye entre briófitos, líquenes, pteridofitas, gimnospermas, angiospermas-dicotiledóneas y angiospermas-

monocotiledóneas, distribuidos en 42 géneros y 29 familias. Los géneros con mayor número de especies presentan son *Carex* (4), *Gaultheria* (3), *Caltha* (3), *Nothofagus* (3) y *Sphagnum* (3). Las familias mejor representadas son Cyperaceae (8), Poaceae (4), Asteraceae (3), Ericaceae (3), Rosaceae (3), Ranunculaceae (3), Juncaceae (3), Fagaceae (3) y Sphagnaceae (3). Las turberas estudiadas no presentan alta riqueza florística, pues sólo algunas especies las que pueden adaptarse y sobrevivir en tan extremas condiciones.

- El espectro biológico de las formas de vida de la flora vascular documentada está predominantemente dominado por el estrato herbáceo y graminoide (70%) en desmedro de las leñosas, lo cual evidencia la adaptación de la flora a la rigurosidad climática. Según Ruiz y Doberti (2005), la mayor presencia de especies herbáceas denota la mayor adaptación a climas fríos. En cuanto a las especies arbustivas, se presentan 6 géneros: *Empetrum* (mayor presencia), *Gaultheria*, *Myrteola*, *Chilliostrichum*, *Lepidothamus* y *Baccharis*. Las especies arbóreas presentes son 4 y corresponden a *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus betuloides*, *Drimys winterii* y *Pilgerodendron uviferum*.
- La presencia de especies introducidas es casi inexistente en las comunidades de turba muestreadas pues sólo dos turberas presentaron especies: Andinos y Maynard. Las especies fueron: *Taraxacum officinale* y *Holcus lanatus*.
- Las turberas estudiadas presentan alta similitud florística, sin embargo puede mencionarse que las turberas prístinas Maynard, Vicuña y San Juan (en intervención), poseen mayor afinidad.
- Ninguna de las especies presentes en el área de estudio presenta problemas de conservación documentada (Benoit, 1989).

10. Estudiar hidrológicamente diferentes tipos de turberas en Magallanes.

- En cuanto a la caracterización hidrológica, por razones presupuestarias, falta de equipamiento, tiempo y especialistas en esta disciplina, no fue posible aplicar la metodología inicialmente formulada.
- Debido a la mutua y fuerte interdependencia entre las plantas, agua y turba en los ecosistemas de turberas, es altamente necesario caracterizar a las turberas desde el punto de vista hidrológico.
- El agua determina cuáles plantas crecerán, cuáles acumularán turba y cuánta descomposición habrá. La estructura de la turba determina cómo será el movimiento del agua y las fluctuaciones del nivel del agua. Estas estrechas interacciones generan que, si alguno de estos elementos es alterado, todos los otros componentes se verán afectados.
- Si bien no fue posible determinar el nivel freático en las turberas en estudio, en las turberas sin intervenir este se encontraba muy cercano a la superficie.
- Es posible clasificar las turberas en estudio según los principales aportes de agua que estas reciben. Los sitios estudiados corresponderían al grupo de las turberas ombrotáficas, ya que están dominadas principalmente por *Sphagnum*

magellanicum y por la alta probabilidad de que el principal aporte de agua provenga mayoritariamente de precipitaciones.

- En cuanto a las turberas estudiadas en el sector argentino del lago Fagnano y Valle de Andorra, en Tierra del Fuego, ambas cercanas a la turbera en estudio de Karukinka y de similares características ombrotróficas, se puede concluir que:
 - En relación a las variaciones de almacenamiento, la recarga del estrato superior se completó durante la primavera. Los meses de verano fueron deficitarios, observándose la caída del nivel freático en todos los piezómetros, aun considerando que no se dieron condiciones climáticas particularmente desfavorables. El nivel freático fluctuó entre 0,1 y 0,55 m, siendo la menor variabilidad en los meses de primavera (octubre y noviembre), mientras que la mayor profundidad se alcanza en verano (enero y febrero).
 - Las variaciones más significativas del nivel freático se dan en las áreas de borde, debido a la pérdida de eficiencia del sistema capilar por el ingreso de aire que reemplaza el agua desalojada y por el cambio transicional de la vegetación.
- Sobre la base de lo anterior, resulta primordial y urgente caracterizar hidrológicamente a las turberas de Magallanes.

11. *Analizar las propiedades físicas y químicas de la turba proveniente de turberas naturales y antropizadas en Magallanes.*

- Los valores de pH, cuyo rango fue de 3 a 4, de carácter altamente ácido, fueron los esperados. Las turberas estudiadas corresponden a turberas ombrotróficas, que presentan pH ácido, pocos nutrientes y reciben suministro hídrico sólo por precipitaciones. Valores de pH ácidos favorecen la conservación de especies vegetales especialmente adaptadas a este tipo de turberas, tal como *Sphagnum magellanicum*.
- Según diversos estudios, los valores de conductividad deberían ser cercanos a 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,39 dS/cm), para turberas ombrotróficas, sin embargo la mayoría de los sitios de estudio no coinciden con estos valores.
- En cuanto a los nutrientes, todos los valores obtenidos indican que los nutrientes son escasos y comienzan a aumentar a mayor profundidad. Tal situación debería ser propicia para el restablecimiento del *S. magellanicum* en condiciones de escasez de nutrientes, sin embargo, al parecer los valores son excesivamente bajos. Rochefor y Lode (2006) señalan que el efecto de los nutrientes no es determinante en el crecimiento del musgo. Esto debiera ser profundizado en estudios posteriores.
- El análisis de los porcentajes de materia orgánica indica que los sitios estudiados presentan valores dentro de lo esperado para este tipo de turberas y similares porcentajes de materia orgánica entre ellos, en un rango de 80 a 90%, salvo en el caso de Cameron, cuyos valores se reducen

significativamente en profundidad. La mayor descomposición se encuentra a mayor profundidad.

12. *Reconocer las propiedades microbiológicas de turba proveniente de turberas intervenida y otra no intervenida.*

- En lo que respecta a la caracterización microbiológica, debe mencionarse que debido a razones presupuestarias y de accesibilidad, fue posible extraer muestras de turba para los análisis microbiológicos sólo en 2 de las 7 turberas en estudio: San Juan y Andino. En ambos casos, las muestras de turba presentaron escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas, lo que es esperado pues las asociaciones de musgo *Sphagnum* en estudio, presentan un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío, previniendo la presencia de hongos y bacterias que de otra forma descompondrían el material muerto con mayor rapidez (Díaz *et al*, 2008).
- Por otra parte, la turba cosechada de ambas turberas presentó importantes efectos antimicrobianos, pues se desarrollaron halos inhibitorios similares y homogéneos. Se presentó respuesta antimicrobiana por los extractos diluidos en *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli* en gram positivo, mientras que en gram negativo hubo efecto antimicrobiano en *Candida albicans*. Tales resultados abren una interesante línea de investigación para futuros estudios más acabados, tendientes a la identificación de los probables compuestos fenólicos, responsables específicos de esta respuesta farmacológica (Wallach *et al*, 2010).

13. *Contrastar las turberas en intervención y prístinas en Magallanes desde el punto de vista vegetacional, hidrológico, físico químico y microbiológico.*

- Los tres tipos de turberas estudiadas, en intervención, abandonadas y sin intervención, corresponden a turberas altas (raised bog) dominadas por *Sphagnum magellanicum*, las cuales se distribuyen en regiones con rangos de precipitación entre 500 y 1200 mm.
- Las turberas sin intervenir y los sectores sin intervenir de las turberas en intervención presentan una densa carpeta roja de *Sphagnum*, formando microtopografía de cojines, con el nivel de agua muy cercano a la superficie. Es probable que las turberas abandonadas pertenezcan a este mismo grupo, sin embargo debido a su condición de degradación no es posible concluir al respecto.
- En base a los principales aportes de agua que las turberas estudiadas reciben, es posible determinar todos los sitios estudiados corresponderían al grupo de las turberas ombrotáficas, ya que están dominadas principalmente por *Sphagnum magellanicum* y por la alta probabilidad de que el principal aporte de agua provenga mayoritariamente de precipitaciones.
- En cuanto a su estratigrafía, no hay diferencias entre los tipos de turberas estudiadas: todas presentaron similar y alto grado de descomposición de la turba (H8) según Von Post, incluso San Juan presentó H9, lo que indica un alto grado de descomposición de la materia orgánica. En cuanto a la profundidad

de la turba, existieron diferencias: ésta resultó ser mayor en las turberas en intervención y sin intervenir (hasta 4 metros), mientras que en las turberas abandonadas, la profundidad de la turba llegó hasta los 2.8 m.

- Desde el punto de vista físico químico, todas las turberas presentaron similares valores de pH ácido, en el rango de 3,8 a 4,2. En todos los sitios estudiados la conductividad eléctrica fue baja, si bien lo esperado eran valores aún más bajos, dada la condición ombrotónica de las turberas. Las turberas en intervención y sin intervenir presentaron valores cercanos a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que las turberas abandonadas presentaron valores superiores, lo que se explica porque la degradación del ambiente ha favorecido la generación de un ecosistema distinto. Los valores de materia orgánica fueron altos en todas las turberas, del orden del 80%, sin embargo las turberas abandonadas presentaron los menores valores, bajo 80%. En cuanto a los nutrientes presentes, en todos los casos resultaron ser bajos, limitando el crecimiento.
- En cuanto a la microbiología, sólo fue posible extraer muestras en una turbera en intervención (San Juan) y una abandonada (Andino). En ambos casos se obtuvo similares resultados: la turba presentó escasa formación y crecimiento de colonias bacterianas, lo que es esperado pues las asociaciones de musgo *Sphagnum* en estudio. Por otra parte, ambas turberas presentaron importantes efectos antimicrobianos, pues se desarrollaron halos inhibitorios similares y homogéneos.

14. Proponer potenciales usos de turba de Magallanes mediante la caracterización y análisis realizados.

- Es beneficioso clasificar los múltiples usos de las turberas en dos grupos, *in situ* (habilitación para agricultura o forestación, ecoturismo, valoración cultural y arqueológica, turismo científico, educación ambiental) y *ex situ* (sustrato para cultivos, humus y fertilizante, medio de soporte para embalaje, balneología y medicina, material absorbente y filtrante, descontaminación de suelos, resaltador de sabores). Sin duda, los usos *in situ* revisten gran interés debido al relevante aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que proporcionan las turberas.
- Para el caso de los usos *ex situ* de una turbera, es imprescindible previamente realizar un catastro de las turberas a nivel nacional y clasificarlas según objetivos de protección y conservación, restauración y producción.
- El uso de la turba como medio de cultivo es el más usado a nivel nacional e internacional. En el caso de Chile, resulta esencial agregar valor a la materia prima, lo que impulsaría la horticultura tanto a nivel nacional como regional.
- En cuanto a la factibilidad de utilización de la turba magallánica para balneología y terapias, esta presenta características adecuadas para su uso, pues requiere un grado de humificación H6 – H8 (Vivanco, 2011), nivel alcanzado en la mayoría de las turberas estudiadas. Sin embargo se requiere complementar la información con la determinación de parámetros tales como el porcentaje de ácidos húmicos y capacidad de intercambio iónico. No se debe desestimar la balneología y terapias a base de turba magallánica, sobre todo

teniendo en consideración la gran cantidad, variedad e importancia que han adquirido los establecimientos termales nacionales e internacionales.

- En el caso del turismo, se tiene que es un método eficaz de conservación de la biodiversidad, de hecho ofrece la oportunidad de mejorar las prácticas de protección y conservación de un área, contribuyendo a la base económica de la región. Las turberas naturales no alteradas presentan un paisaje de alta singularidad, rareza e identidad. Por otra parte, su interés desde el punto de vista científico, cultural y arqueológico como reservorios paleoclimáticos, resulta muy atractivo para el turismo y la educación ambiental. Sin duda, revisten una gran oportunidad para la zona, considerando que en la última década la actividad turística nacional ha tenido un progresivo aumento.

La turbera de Vicuña, en el Parque Karukinka, sin intervención, es actualmente un buen ejemplo de uso in situ para ecoturismo y educación ambiental en el sector de Tierra del Fuego. La turbera Maynard, sin intervención, cercana a la ciudad de Puerto Natales y de relativamente fácil acceso, podría también ser destinada a este tipo de usos.

15. *Diseñar las bases de un plan de gestión ambiental para las turberas de Magallanes mediante la propuesta de un modelo geosistémico de gestión ambiental para el manejo y uso de turberas en la Región de Magallanes, basado en la gestión ambiental adaptativa.*

Se diseñó un modelo basado sobre un marco integrado entre los enfoques de uso racional de turberas y el enfoque ecosistémico. Dicho modelo considera la Gestión Ambiental Adaptativa y corresponde a una herramienta que presenta una visión esquemática, integradora y analítica para poder obtener una evaluación del funcionamiento del plan de gestión propuesto para las turberas de Magallanes.

El modelo de gestión propuesto para las turberas de Magallanes contempla cinco etapas:

- I. Inventario. Corresponde a la caracterización pormenorizada del escenario actual (medio físico, biótico y socioeconómico).
- II. Diagnóstico. Se basa en un análisis estratégico de la problemática e identificación de factores clave mediante: a) Identificación de impactos por componente, b) Cuantificación de impactos identificados, c) Valoración de impactos identificados y d) Definición de objetivos según valoración de impactos identificados.
- III. Diseño de un plan operativo, basado en programas priorizados, factibles a ser ejecutados. Debe considerar responsables, cronograma de actividades y montos asignados.
- IV. Ejecución.
- V. Seguimiento.

11.2 SOBRE LA HIPÓTESIS

El estudio de las turberas a nivel nacional e internacional y el análisis de las regulaciones legales correspondientes, junto con el análisis específico de las turberas de Magallanes, nos permitirán diseñar, validar y aplicar una metodología funcional teórico práctica, la cual establecerá gran parte de las bases de un plan de gestión ambiental de turberas a nivel nacional.

A la luz de los resultados obtenidos, es posible verificar la hipótesis propuesta. De hecho, la profunda revisión y análisis de aspectos relativos a las turberas tales como su distribución, formación, ecología, clasificación, beneficios y múltiples funciones (ecosistémicas, productivas, trasmisoras y de información), situación a nivel internacional y nacional, normativa e institucionalidad, restauración, junto con el estudio del caso de las turberas de la región de Magallanes, ha permitido sentar las bases para formular un plan de gestión ambiental de turberas a nivel nacional.

Este estudio ha permitido detectar aspectos pendientes a nivel nacional, los cuales son claves a la hora de formular el mencionado plan de gestión ambiental de las turberas nacionales. Entre ellos se tiene:

- Proponer las directrices para un Plan de Ordenamiento Territorial que promueva la zonificación de este tipo de ecosistemas. Revisión de la propuesta de zonificación realizada por Ruiz y Doberti (2005). Debe considerar:
 - Zonas de protección y/o conservación
 - Zonas de producción
 - Zonas a restaurar (por su estado de intervención o abandono)
- Revisión del Inventario Nacional de Humedales (MMA-CEA, 2011), con énfasis en turberas.
- Se requiere de un marco legal específico que considere la explotación y protección turberas de *Sphagnum*. Dicha regulación debe considerar el uso racional y conservación de las turberas y debe ser coherente con la Estrategia Nacional de Humedales.
- Fortalecer la capacidad institucional relacionada con las turberas a través de un enfoque coordinado y cooperativo entre todos los estamentos con competencia en la temática. Además es necesario asignar responsabilidades claras a fin de fiscalizar y controlar este tipo de ecosistemas, definiendo un determinado organismo estatal que proteja, gestione y fiscalice el uso racional y la conservación de las turberas en Chile. En la actualidad no existe una única institución gubernamental, aún más, existen contradicciones y superposición de funciones entre los distintos organismos gubernamentales con competencia en los recursos naturales. Dicho organismo debe contar con la capacidad, competencias y recursos necesarios para llevar a cabo esta labor.
- Promover y destinar recursos para la investigación científica, la educación ambiental y la difusión de la información de las turberas nacionales, haciendo

partícipe a entidades gubernamentales, organismos privados, Universidades, entre otros, en áreas tales como:

- Investigación científica sobre la ecohidrología de las turberas y su rol en la regulación del ciclo hidrológico de la cuenca.
- Estudiar el potencial de mitigación al cambio climático, mediante la cuantificación de carbono almacenado; cálculo de emisiones de metano.
- En el caso de las turberas destinadas a la cosecha, se debe exigir su rehabilitación y restauración. Es necesario regular la extracción de turba, mediante planes de manejo que consideren la recuperación del sitio intervenido, durante la etapa de abandono. En caso de no ser posible, se deben adoptar medidas compensatorias.
- Considerar a las turberas en el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas.
- Revisión de las concesiones mineras asignadas.
- Elaborar guías prácticas para la operación y restauración ambiental de turberas degradadas o en intervención, a fin de restablecer las funciones ecosistémicas.

11.3 CONCLUSIONES

En este tercer y último apartado se presentan los aportes de esta investigación doctoral desde el punto de vista científico, teórico, práctico y personal. Se describen aspectos tales como la importancia del trabajo desarrollado, sus limitaciones, aporte práctico y gestión eficiente y finalmente la significación personal y profesional.

11.3.1 Aporte científico

Se considera que la presente Tesis cobra especial importancia en el contexto nacional, ya que ha pretendido caracterizar exhaustivamente un singular y único tipo de ecosistema escasamente estudiado en Chile, pero que sin duda está tomando cada vez mayor relevancia en el contexto mundial, gracias a la gran cantidad de funciones y beneficios que brinda, principalmente en lo que respecta a su rol como almacenadora de carbono y reguladora del ciclo hidrológico en la cuenca.

A pesar de las limitaciones que presentó el estudio, ya descritas anteriormente, el desarrollo de este tema constituye una contribución concreta al conocimiento, caracterización, conservación y manejo racional de las turberas chilenas, en el marco

de la Estrategia Nacional de Humedales. Al respecto, el presente trabajo ha permitido sistematizar y relevar la hasta ahora escasa información sobre las turberas a nivel nacional y proponer las bases para un plan de gestión basado en el uso racional de las turberas.

Se confía en que los resultados de esta investigación puedan constituir una información valiosa para distintos colectivos, entre ellos:

- Para la comunidad científica y académica nacional e internacional en general, y para la centrada en el manejo de los recursos naturales.
- Para la institucionalidad nacional con competencia en la conservación y manejo de los recursos naturales.
- Para la comunidad de empresas que se dedican a la extracción de turba y/o *Sphagnum*.

i. Por qué conocer las turberas

Los humedales constituyen uno de los ecosistemas más productivos del planeta, brindando al mismo tiempo valiosos beneficios ambientales, económicos y sociales al hombre. Las turberas brindan servicios ecosistémicos claves: en particular juegan un rol fundamental y único en el mantenimiento de la calidad del agua y de la regulación e integridad hidrológica del ecosistema; cumplen un papel relevante en la atenuación del cambio climático global, actuando como sumideros de carbono; destaca su especializada biodiversidad, acervo cultural, arqueológico y paleoclimático. Por otra parte, son altamente valiosas para la sociedad debido al amplio rango de bienes y servicios que proporcionan, tanto a nivel global, regional como local.

Dado lo anterior, las turberas poseen atributos y valores intrínsecos que los distinguen de otros ecosistemas, convirtiéndolas en ecosistemas únicos, singulares, altamente especializados y valiosos, por tanto urge promover su conservación y manejo a través de la aplicación del uso racional.

11.3.3 Aporte práctico y gestión eficiente

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta tesis se han propuesto las bases para un plan de gestión ambiental para las turberas de Magallanes mediante el diseño de un modelo geosistémico funcional, integral, práctico y replicable a otras situaciones similares. Dicho modelo, en permanente retroalimentación, recoge y sintetiza elementos claves de los distintos enfoques de manejo propuestos por diversos autores: enfoque ecosistémico, manejo integrado de cuencas, enfoque de uso racional de las turberas, considerando los aspectos establecidos en la gestión adaptativa y gestión estratégica. Este análisis ha permitido proponer un modelo de gestión ambiental adaptado específicamente al caso de las turberas de Magallanes, que facilite su manejo y uso racional.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación de la metodología presentó limitaciones de diversa índole, entre ellas se destaca la lejanía del sector en estudio, aspectos presupuestarios, falta de equipamiento, tiempo y especialistas en algunas de las disciplinas analizadas. A pesar de lo expuesto, fue posible cumplir satisfactoriamente con los objetivos establecidos.

Un trabajo de esta envergadura sin duda requiere el trabajo conjunto y mancomunado de diversos grupos de interés y la convergencia de múltiples disciplinas, lo que no siempre fue posible de concretar.

Es necesario mencionar que quedan variados temas sobre los que es necesario investigar y profundizar, ya descritos en el ítem 11.2.

11.3.4 Significación personal

La realización de esta tesis doctoral reviste una gran implicancia personal y profesional, ya que ha permitido vincular ambos aspectos. Desde los inicios de la formación académica se presenta como una constante el interés particular por las problemáticas referidas a la conservación de los recursos naturales y su relación con la gestión ambiental.

La elaboración de esta Tesis Doctoral constituye el resultado de varios años de trabajo, lectura, reflexión, interrogantes y dudas, respuestas y aclaraciones que requirieron un gran esfuerzo y una alta dosis de motivación. Dicho camino, iniciado con las primeras preguntas y que ha llegado a su culmine, ha implicado un complejo y enriquecedor proceso de aprendizaje en el marco de la conservación y manejo de los recursos naturales.

La realización de un trabajo de esta envergadura en esta etapa de la vida ha significado un crecimiento en mi formación tanto a nivel personal como profesional. Desde el punto de vista profesional, la revisión de múltiples aspectos ha permitido fortalecer la capacidad analítica, logrando como resultado reafirmar el enfoque de la gestión ambiental, el cual requiere de una visión amplia, de carácter sistémica, global e integradora, que debe considerar el conocimiento pormenorizado de todos los elementos que componen el ecosistema. De hecho, este trabajo ha permitido verificar que la gestión ambiental exige el trabajo conjunto y coordinado de múltiples especialistas. Sin duda la finalización de este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de un determinado número de profesionales que aportaron de manera significativa para la materialización de esta Tesis.

ANEXO I

ECOFISIOLOGÍA DEL GENERO SPHAGNUM

1. BRIÓFITAS

Se conoce por briófitas a las plantas terrestres no vasculares, que carecen de tejidos conductores verdaderos, y por traqueófitas a las plantas terrestres vasculares, a las que corresponden las divisiones superiores, pteridófitas y espermatofitas, que son vasculares y agrupan en general a helechos y plantas productoras de semillas, respectivamente (ver figura 1) (Ardiles et al, 2008).

Las briófitas constituyen el segundo grupo más grandes de las plantas terrestres, después de las plantas superiores, y comprende unas 20.000 especies conocidas. Generalmente son pequeñas y habitan en ambientes muy variados, desde cerca del nivel del mar hasta las elevaciones más altas, en las selvas o en los desiertos, pero su vida siempre está íntimamente ligada al agua en estado líquido. Crecen muy cerca unas a otras formando cojines sobre rocas y suelo, o creciendo como epífitas sobre los troncos y las hojas de los bosques (Delgadillo 2003; Schofield, 1985).

Su ciclo de vida incluye dos fases: el gametofito y el esporofito. Cada una de ellas tiene atributos morfológicos y biológicos que señalan a las briófitas como un grupo excepcional y muy importante en la evolución del reino vegetal. Las briófitas son organismos muy antiguos de gran importancia científica, pues se encuentran entre los primeros que ocuparon el ambiente terrestre, mediante órganos apendiculares que les permiten la fijación al suelo (Delgadillo, 2003; Raven et al, 1999, citado por Fraile, 2007).

Las briófitas se pueden distinguir de las traqueófitas por dos importantes características:

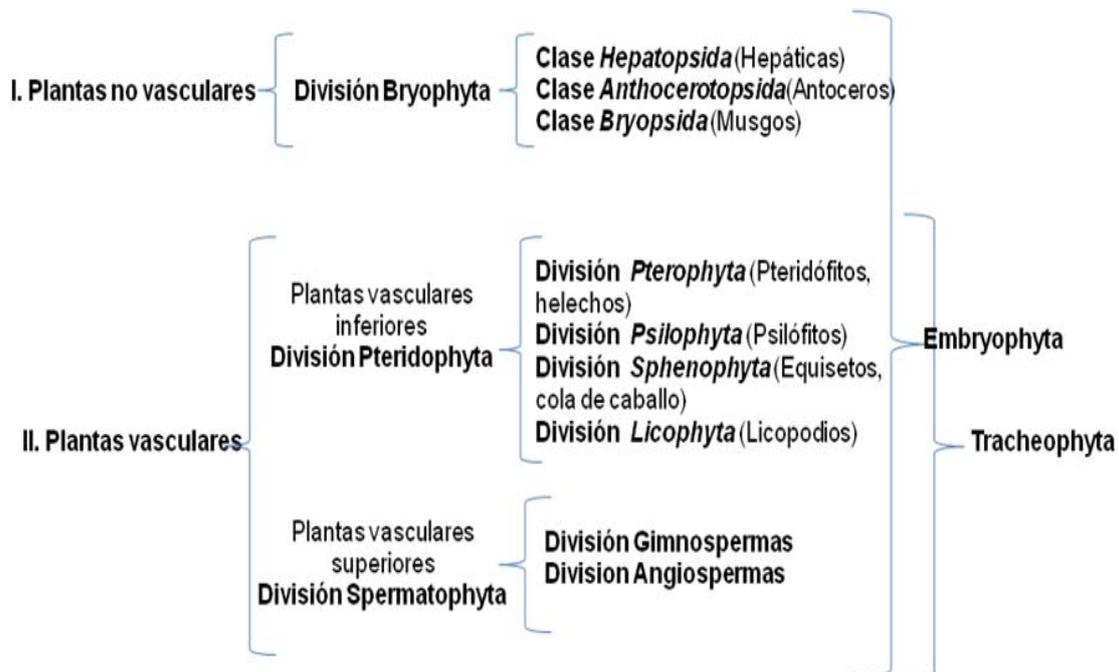
- en todas las briófitas la fase gametofítica, que es la más persistente dentro del ciclo biológico, es haploide.
- las briófitas nunca forman tejido xilemático que contenga lignina (Schofield, 1985).

1.1 Clasificación

Las briófitas corresponden a la denominación de tres clases de plantas componentes de la división briófitas del reino vegetal (del Latín *Bryophyta*), derivado del griego *phyta*, planta, con el prefijo brío del Griego *Bpúov*, Musgo); que agrupa a musgos, hepáticas y antocerotes (Ardiles et al, 2008).

Tradicionalmente los musgos, hepáticas y antocerotes se han clasificado como un solo grupo, División Bryophyta, aunque estos en conjunto no constituyen un grupo taxonómico formal. Los estudios modernos indican que a pesar de estar relacionados y de compartir similitudes, los grupos principales de briófitas son diferentes entre sí y no tienen un origen común, por lo tanto debieran ser clasificadas en divisiones independientes. Las diferencias entre estos tres grupos radican en la morfología general de las plantas y en la estructura de los esporofitos, principalmente. Algunos análisis filogenéticos han mostrado que los musgos están más relacionados con las plantas vasculares que los otros dos grupos de briófitas. En las clasificaciones recientes, el término se refiere únicamente a los grupos de musgos (De Luna, 2009).

Figura N°1. Clasificación del Reino Plantae



Fuente: Sáez Peña, 2005.

A continuación se presenta la clasificación tradicional de la División *Bryophyta*.

Cuadro N°1. Clasificación de la División Bryophyta

Clasificación tradicional		Propuesta de clasificación moderna	
División Bryophyta			
CLASE	ORDEN	DIVISIÓN	CLASE
<i>Anthocerotopsida</i> Antocerotes	<i>Anthocerotales</i>	Anthocerotophyta	
<i>Marchantiopsida</i> o <i>Hepatopsida</i> Hepaticas	<i>Marchantiales</i> <i>Sphaerocarpales</i> <i>Monocleales</i> <i>Metzgeriales</i> <i>Jungermanniales</i>	Marchantiophyta	<i>Marchantiopsida</i> <i>Jungermanniopsida</i>
<i>Bryopsida</i> o <i>Sphagnopsida</i> Musgos	<i>Sphagnales</i> <i>Dawsoniales</i> <i>Dicranales</i> <i>Potiales</i> <i>Funariales</i> <i>Neckerales</i> <i>Hypnales</i> <i>Andraeales</i> <i>Polytrichales</i> <i>Fissidentales</i> <i>Grimmiales</i> <i>Bryales</i> <i>Hookerales</i>	Bryophyta	<i>Takakiopsida</i> <i>Sphagnopsida</i> <i>Andraeaeopsida</i> <i>Andraeobryopsida</i> <i>Polytrichopsida</i> <i>Bryopsida</i>
Strasburger, 1994		Delgadillo, 2003	

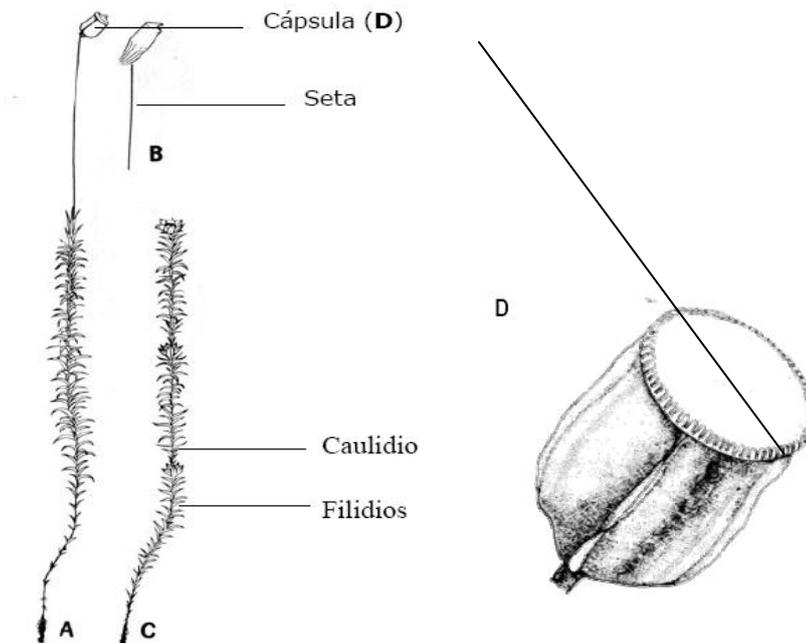
1.2 Morfología

Este grupo de plantas se caracteriza por poseer un gametofito fotosintético y dominante (casi siempre perenne), esporofitos mono-esporangiados, y una escasa diferenciación de tejidos conductores. Estas tres importantes características las diferencian de los otros grupos de plantas: los helechos, gimnospermas y plantas con flores (Larraín, 2008).

Se componen de un eje (tallo o rama que en el caso de las briófitas se denomina "caulidio") y tienen apéndices fotosintéticos ("filidios", análogos a las hojas), es decir, son capaces de hacer fotosíntesis, obtener su propio alimento a partir de agua, dióxido de carbono y luz solar (autotróficas). Poseen un sistema vascular capaz de transportar agua y nutrientes, bastante primitivo, por eso se les considera avasculares (Díaz et al, 2005). Absorben humedad y nutrientes directamente por la superficie de la planta, por conducción capilar, a diferencia de los árboles, helechos o hierbas. El paso de estos nutrientes y agua se da gracias a la presencia de poros o estomas distribuidos en la superficie de la planta (Gradstein et al, 2001, citado por Fraile, 2007).

Las briófitas carecen de raíces, las que son reemplazadas por unos filamentos monoseriados, uni o multicelulares, llamados rizoides. Estos sirven como medio de sujeción más que de absorción de nutrientes y agua, pues ésta se efectúa a través de toda la superficie de la planta. En general sus hojas (filidios), tallos (caulidios) y talos no poseen una cutícula cerosa que impida esta acción. Así, su balance hídrico está condicionado por el medio externo (Ardiles et al, 2008).

Figura N°2. Morfología de una briófitas



- A. Morfología de una briófitas del tipo musgo con sus dos fases (gametofito y esporofito).
- B. Fase esporofítica con seta (B) y cápsula (D) que contiene las esporas.
- C. Gametofito, en el que se diferencia el caulidio (eje) y los filidios (apéndices fotosintéticos).

Fuente: Schofield 1985

El ciclo de vida de muchos artrópodos y microorganismos depende de los microambientes de las briófitas; muchas semillas de las plantas vasculares germinan en su sustrato pues retienen agua y la liberan lentamente. Por esta característica, también intervienen en el balance hídrico de los bosques y en la reducción de la erosión en ciertos ambientes. Su eliminación de bosques y selvas podría dar lugar a deterioro ecológico pues también parecen intervenir en el ciclo del carbono y otros minerales. Al respecto, se hace necesario evaluar su papel ecológico y su utilidad como material de experimentación.

Turetsky (2003), destaca el rol ecológico clave de las briófitas en los ciclos biogeoquímicos, debido a sus particularidades fisiológicas y ecológicas. En la evolución de estas plantas, el paso de un medio acuático al medio terrestre las obligó a desarrollar un eficiente sistema hídrico. Dado que presentan sistemas de conducción primitivos, el agua y las sustancias nutritivas son absorbidas por toda la superficie de la planta, incluso en varias especies no existe cutícula. Las briófitas son poiquilohídricas, es decir su contenido de agua varía dependiendo de la humedad del medio ambiente, y tienen una alta tolerancia al desecamiento. En condiciones de sequedad, diversas briófitas pierden agua a través de sus estomas y epidermis y la recuperan cuando la humedad vuelve a incrementarse. Esto les permite tolerar la falta de agua por períodos más largos que las plantas vasculares, y también recuperarse más rápidamente con la rehidratación. Las briófitas también pueden tolerar un amplio rango de temperaturas y se les encuentra en casi todos los ambientes terrestres y dulceacuícolas (Turetsky 2003; Strasburger et al, 1998).

Sin raíces, las briófitas pueden colonizar sustratos duros como las rocas y maderas que constituyen hábitats pobres para las plantas vasculares. Estabilizan el suelo y previenen la pérdida de suelo y nutrientes vía erosión, particularmente en dunas de arena y en suelos rocosos (Martínez & Maun, 1999, citado por Díaz et al, 2005). También influyen en la sucesión ecosistémica a través de la terrestreización de cuerpos de agua, deposición de materia orgánica bentónica o paludificación (acumulación de materia orgánica sobre un suelo mineral. La colonización de briófitas usualmente precede el establecimiento de árboles (Nadkarni et al, 2000 y Brock y Bregman, 1989, citados por Díaz et al 2005).

1.3 Reproducción y Ciclo de vida

Las briófitas tienen un ciclo reproductivo conocido como la alternancia de generaciones. Alternan entre una generación gametofita haploide (generación que tiene un solo conjunto de cromosomas, n) y una generación esporofita diploide (generación con dos series de cromosomas, $2n$). La fase gametofítica es fotosintética, dominante y más duradera que la fase esporofítica.

La fase gametofítica está compuesta por un gametofito folioso o taloso que contiene los órganos reproductivos, arquegonios y anteridios. El gametangio masculino, llamado anteridio, consiste en una estructura pedunculada, esférica globosa. En él se producen los espermios o anterozoides, los cuales son microscópicos y se encuentran protegidos por "hojas" especiales. Estos espermios son flagelados, por lo que necesitan del agua para llegar nadando a la ovocélula (Ardiles et al, 2008).

Los gametangios femeninos, llamados arquegonios, son las estructuras que darán lugar a las ovocélulas u oóferas. Son microscópicos y tienen forma de botella con cuello alargado. Cada uno encierra una única ovocélula, pero cada gametofito produce varios arquegonios, que por lo general están rodeados por un verticilo de hojas (Díaz et al, 2005).

Un gameto masculino (anterozoide o espermio) es liberado del anteridio para unirse con el gameto femenino (ovocélula) y así formar un cigoto diploide (primera etapa de la generación esporofita). Resultado de la fusión de ambas células, comienza la fase esporofítica ($2n$) y se origina el embrión; que se desarrolla en el esporofito diploide generador de las esporas (n). Las esporas son producidas en el esporangio, se forman por meiosis y germinan para formar una nueva planta gametofita haploide (Díaz et al 2005).

La espora haploide, al asentarse en el sustrato adecuado, da origen a una estructura filamentosa o taloide microscópica, pluricelular y verde, llamada protonema (estado juvenil), que se desarrolla y ramifica antes de generar la planta madura, que es lo que reconocemos en la naturaleza como una briofita propiamente tal (Ardiles et al, 2008).

Figura N°3. Ciclo de vida de una briófitas



Fuente: Prisa, 2007

2. GÉNERO *SPHAGNUM*

En la clasificación moderna, dentro de la división *Bryophyta*, se encuentra la clase *Sphagnopsida*, que agrupa a todos los musgos incluyendo al género *Sphagnum*. También se les llama criptógamas, ya que sus órganos reproductivos los tienen ocultos (Díaz et al, 2005)

Sphagnum es el género más abundante dentro de las briófitas, teniendo una importancia considerable para la ecología y economía mundial (Clymo y Duckett, 1986, citados por Buxton et al., 1996). Probablemente hay cerca de 150 especies reconocibles; sin embargo, han sido descritas más de 300 (Schofield, 1985).

A continuación se presenta su clasificación taxonómica:

- División: *Bryophyta*
- Clase : *Sphagnopsida*
- Orden : *Sphagnales*
- Familia : *Sphagnaceae*
- Género : *Sphagnum* (Schofield, 1985).
- Especie : 250 a 450 especies en el mundo (cosmopolita) (Gunnarsson, 2005).

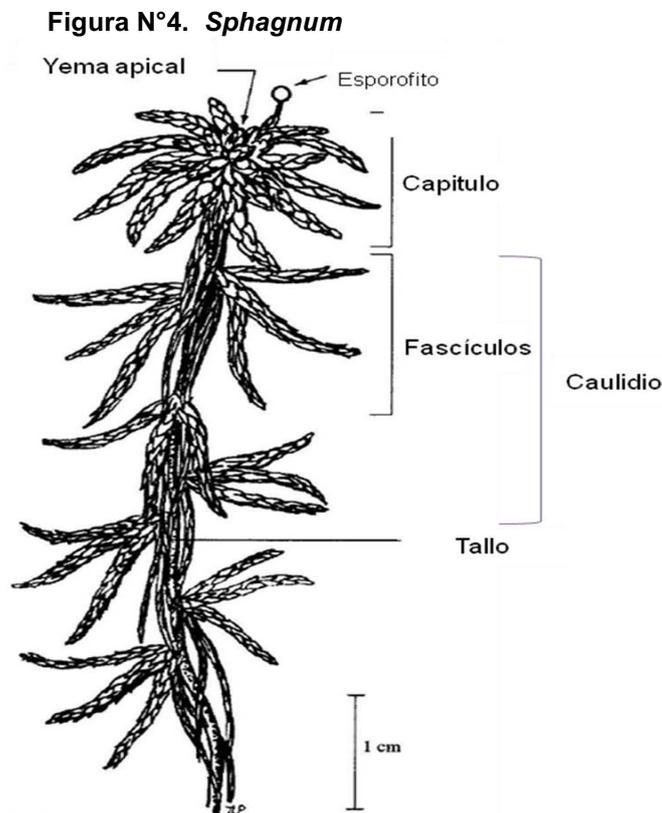
El género *Sphagnum* está distribuido a través de todo el mundo y se extiende con mayor abundancia en la porción templada fría del Hemisferio Norte, donde constituye la vegetación dominante de los humedales (Ramírez, 1997). En el Hemisferio Sur, las mayores áreas que concentran *Sphagnum* son Argentina, Nueva Zelanda y Chile (Green, 2001).

Como linaje, los musgos son un grupo histórico crucial en el entendimiento de la transición de la vida a la tierra. Los gametofitos retienen algunas características de las algas verdes ancestrales, mientras que los esporofitos despliegan innovaciones clave para la vida fuera del agua, tales como: estomas, un eje simple de células conductoras en un esporofito no ramificado, y esporas liberadas al aire producidas en un esporangio sencillo apical (De Luna, 2009).

Las especies del género *Sphagnum* son globalmente importantes debido a la capacidad que poseen para la formación de turba y su considerable impacto potencial en los ciclos climáticos globales (Gunnarsson, 2005). Se ha sugerido que el género *Sphagnum* es el género que más carbono puede almacenar en el mundo (Gunnarsson *et al*, 2004).

2.1 Morfología de *Sphagnum*.

El género *Sphagnum* presenta un crecimiento predominantemente apical e indeterminado. Clymo y Hayward (1982) describen que los caulidios crecen paralelos unos con otros. Los entrenudos del caulidio, a la altura del ápice, no se elongan; esto da por resultado que las ramas y filidios acompañantes formen una cabeza compacta llamada capítulo (Figura 4).

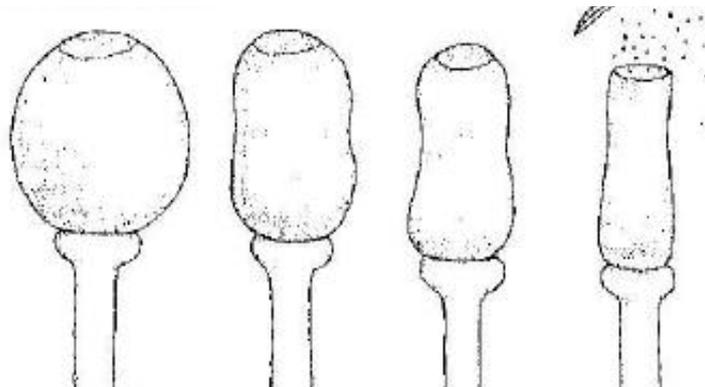


Fuente: Schofield, 1985

La clase Sphagnopsida se distingue de otras clases de musgo por características especiales en el gametofito y caracteres anatómicos en el esporofito, como las siguientes:

- Sus ramas se disponen en fascículos
- Su organización celular de los filidios
- Su protonema es un talo pequeño y lobulado
- El esporofito no tiene seta ni peristoma
- La cápsula es dehiscente
- Tiene gran capacidad de absorción
- Los tallos del gametofito tienen agrupaciones de ramas (5 en cada nodo).
- Los gametofitos salen de un protonema tipo plato el cual forma yemas en sus márgenes.
- Sus hojitas carecen de nervio medio ya que no poseen haces vasculares para conducir el agua y los nutrientes.
- Las plantas maduras carecen de rizoides
- Sus filidios (hojas) son células largas muertas (con poros), rodeadas por células vivas más estrechas, verdes, ocasionalmente rojizas.
- En la fase esporofítica, la cápsula es de color rojo a negro casi esférica sobre el pseudopodio (hasta 3 mm de largo)
- No presentan seta (seudopodio). Lo que parece seta es más bien una prolongación del gametofito que sustenta a la cápsula (esporofito).
- En la punta de la cápsula hay un opérculo tipo disco separado de la cápsula por una ranura circular.
- Cuando la cápsula está madura los tejidos internos se contraen y entra aire. Se secan las paredes, se genera presión y la cápsula se abre para liberar las esporas (en situaciones cálidas y soleadas) (ver figura 5) (Díaz et al, 2005).

Figura N°5. Liberación de esporas desde la cápsula



Fuente: Schofield, 1985

2.2 Ecofisiología de *Sphagnum*

La especial morfología del género *Sphagnum* le confiere particulares características ecofisiológicas, descritas a continuación.

2.2.1 Crecimiento apical permanente

Los tallitos de *Sphagnum* crecen hacia arriba en forma ilimitada, mientras que sus partes inferiores van muriendo, para transformarse lentamente en turba. A medida que el vástago (talio) crece, se va ramificando, de manera tal que se origina una superficie de forma convexa (Ramírez 1997).

Los filidios viven uno o dos años; en ese tiempo el crecimiento de las ramas que están por sobre los filidios crean una densa sombra y entonces estos mueren. Las únicas partes que permanecen vivas bajo el ápice parecen ser las yemas axilares. Estas comúnmente permanecen inactivas y eventualmente mueren, pero si el ápice es destruido por medios artificiales (ejemplo por corte) o accidentalmente (por ejemplo sequía) una o más yemas laterales pueden comenzar a brotar de nuevo desde la zona que abarca los 10 cm bajo el ápice. Esta supresión de las yemas laterales, similar a lo que se observa en las plantas vasculares, en las cuales este fenómeno es controlado por hormonas desde el ápice, sugiere que puede haber mayor transporte vertical en plantas de *Sphagnum* de lo que comúnmente se supone (Climo y Hayward, 1982).

2.2.2 Capacidad para acumular agua

Deben su capacidad para absorber grandes cantidades de agua a la conformación y estructura celular de sus tejidos. El tejido cortical de sus caulidios y filidios está formado por células grandes e hidrófilas (hidrocitos) cuyas paredes están comunicadas entre sí y con el medio externo a través de poros, que una vez muertas permiten la entrada de agua en su interior (Blanco y Blaze, 2004). Estas células llamadas células hialinas, pueden absorber rápidamente el agua a través de sus poros (de diámetro de 5-20 μm). Estas células pueden contener mucha agua, pudiendo abarcar alrededor del 80% del volumen del musgo.

Las hojas, muy reducidas, están formadas por un solo estrato de células, también de gran tamaño. Gran parte de las células de las hojas, vacías de plasma, son no clorofilianas, y cumplen la función de almacenar el agua, disponible en el medio exterior. En consecuencia estos tejidos hidrófilos experimentan variaciones volumétricas muy significativas a lo largo del año, de acuerdo a la evapotranspiración y a la disponibilidad de agua, procedente fundamentalmente de las precipitaciones locales, en el caso de las turberas ombrotáficas (Iturraspe y Roig 2000).

Los hidrocitos tienen capacidad de acumular grandes cantidades de agua, retardando su evaporación. En los espacios entre los brotes laterales y el tallo principal, también se retiene agua por capilaridad, de manera que todo el cojín de *Sphagnum* funciona como una verdadera esponja, que puede retener hasta 20 veces su peso seco en agua (Ramírez 1997). La combinación de células porosas y de ramas colgantes hace de cada planta una eficiente red de capilares (Schofield, 1985).

2.2.3 Conducción de agua

Los cojines turbosos formados por musgos del género *Sphagnum*, tienen la capacidad de conducir agua por capilaridad. El espacio que queda entre el tallo y los brotes laterales, actúa como un capilar que conduce agua, como una verdadera mecha. De esta manera, el musgo reemplaza el agua que se evapora en la superficie de los cojines en períodos de sequía (Ramírez 1997).

2.2.4 Tasa de descomposición de la materia orgánica

Un aspecto peculiar de los musgos del género *Sphagnum* es la baja tasa de descomposición del material muerto, por lo anterior, las plantas muertas se acumulan como turba. Según Climo y Hayward (1982), una de las razones que explican este hecho es la inusual baja concentración de nitrógeno en *Sphagnum*, comúnmente menos del 1% de la materia seca. La segunda razón está asociada al ambiente permanentemente húmedo, condición que requieren la mayoría de las especies de *Sphagnum*, pues bajo el ápice (entre los 2-20 cm bajo el ápice) la turba se encuentra saturada de agua. En este ambiente saturado de agua el oxígeno es un elemento que se encuentra en bajísima concentración; esta condición, sumada a la acidez del medio, dificulta la acción de algunos organismos descomponedores. La tercera razón se refiere a las condiciones ácidas del medio, que son producidas por el mismo *Sphagnum*. Esta característica se explica en el ítem siguiente.

2.2.5 Capacidad de intercambio catiónico

Las turberas son lugares muy pobres en nutrientes minerales, ya que éstos sólo provienen del agua de lluvia. Para captar estos nutrientes, el género *Sphagnum* presenta la capacidad de intercambiar iones hidrógenos por otros tales como potasio, sodio, calcio y magnesio (Méndez y Díaz 2001). Las paredes celulares de estas plantas presentan una notable capacidad de absorción, siendo capaces de absorber selectivamente iones básicos y liberar iones de hidrógeno (Schofield, 1985). Este proceso de intercambio catiónico provoca una fuerte acidificación del medio acuático, lo cual elimina la competencia de otras plantas, y así las turberas muestran una cubierta vegetal continua, formada preferentemente por el musgo (Ramírez, 1997).

3. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

ARDILES, Víctor; CUVERTINO, Jorge; OSORIO Felipe. 2008. Briófitas de los Bosques Templados de Chile. Una introducción al mundo de los musgos, hepáticas y antocerotes. Guía de Campo. CORMA.

BUXTON, R.P., JOHNSON, P.N. y ESPIE, P.R. 1996. *Sphagnum* research programme: The ecological effects of commercial harvesting. Science for Conservation 25. Published by Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 34 p.

CLYMO, R. y HAYWARD P. 1982. The ecology of the *Sphagnum*. In: Smith AJE (ed). Bryophyte Ecology. Chapman and Hall, New York. pp. 229-289.

DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J. y ZEGERS, G. 2005. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. 38 p. [En línea]. Disponible en: www.sendadarwin.cl.

DÍAZ, MF., LARRAÍN, J., ZEGERS, G., TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Sociedad de Biología de Chile. Revista chilena de Historia Natural. 81(4): 455-468.

DELGADILLO M. Y CÁRDENAS S. 1982. Manual de briofitas. Una guía para los profesores de biología. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 97 pp.

DE LUNA, D., TSUBOTA, H., E., GONZÁLEZ, M.S. IGNATOV & H. DEGUCHI. 2004. Molecular phylogenetics and ordinal relationships based on analyses of a large-scale data set of 600 *rbcL* sequences of mosses. HIKOBIA 14: 149-170.

FRAILE, ALEJANDRO. 2007. Descripción ecofisiológica del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomás. 69 p.

GREEN, DANIEL. 2001. Estudio del mercado de la turba en Chile. Tesis (Ing. Forestal). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 163 p.

GRET PERG. 2003. The peatland ecosystem. Consultado el 3 de septiembre de 2006. [En línea]. Disponible en: www.gret-perg.ulaval.ca/en_tourbiere.html

GUNNARSON U., GRANBERG G. y NILSSON M. 2004. Growth production and interespecific in *Sphagnum*: effects of temperature, nitrogen and sulphur treatments on a boreal mire. New Phytologist 163: 349-359.

GUNNARSSON, U. 2005. Global patterns of *Sphagnum* productivity. Journal of Bryology 27:269-279.

ITURRASPE, R. Y ROIG C. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego. En: Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y Conclusiones. Coronato y Roig Editores. Ushuaia, Argentina. Pp. 85-93.

JOOSTEN, HANS & CLARKE, DONALD. 2002. Wise Use of mires and Peatlands. International Mire Conservation Group, Internatnyional Peat Society.

MENDES, C. y DIAS, E. 2001. Ecología e vegetação das turfeiras de *Sphagnum* spp. da Ilha Terceira (Açores). 126 p.

PARISH F, SIRIN A, CHARMAN D, JOOSTEN H, MINAEVA T AND SILVIUS M. 2007. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.

PÉREZ, IVAN. 2007. Recopilación de antecedentes para elaborar un plan de manejo sustentable del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. Memoria (Ingeniero Forestal). Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Santo Tomás. 93 p.

RAMIREZ, C. 1997. Informe elaborado en el marco del proyecto: "Explotación comercial del *Sphagnum* moss", ejecutado por la empresa Los Volcanes S.A. y financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico FONTEC. pp 5-8.

RAMSAR. 1971. Turberas. En: Ramsar: Convención sobre los Humedales, vol. 14, 2ª ed., Ramsar, Irán.

SAENZ PEÑA, CHACO. 2005. Reino Plantae. Hipertextos del área de la Biología. Fac. de Cs. Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Rep. Argentina. Disponible en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plantas/plantae.htm>

SCHLATTER, R. y SCHLATTER J. 2004. Los turbales en Chile (En línea). Consultado el 08 de febrero del 2008. Disponible en: <http://www.benthos.cl/itdlp/cap-05.pdf>

SCHOFIELD, W.D. 1985. Introduction to Bryology. Macmillian Publishing Company. New York, USA. 417 p.

SCHUMANN MARTIN; JOOSTEN, HANS. 2008. Global Peatland Restoration Manual. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.

SHOUTEN, M. G.C. 2002. Conservation and restoration of raised bogs. Geological, hydrological and ecological studies. Duchas-Department of the Environmental and Local Government, Ireland; staatsbosbeheer, The Netherlands; Geological Survey of Ireland.

STRASBURGER *et al.* 2004. Tratado de Botánica. Traducido por María Jesús Fortes. 35ª ed, Barcelona, España. 1134 p.

TAPIA, CAROLINA. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. En turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis (Ing. Agrónomo). Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

TENEB, E., y O. DOLLENZ. 2004. Distribución espacial de la flora vascular, la humedad y el pH en un turbal de esfagno (*Sphagnum magellanicum* Brid.), Magallanes, Chile. Anales Instituto de la Patagonia 32: 5-12.

TORMO MOLINA, R. 2006. Lecciones hipertextuales de botánica. Universidad de Extremadura. Proyecto de Innovación Educativa - Instituto de Ciencias de la Educación.

TURETSKY, M. 2003. The role of Bryophytes in Carbon and Nitrogen cycling. The Bryologist 106 (3): 395-409.