

Las turberas de Tierra del Fuego y el Cambio Climático global



Las turberas de Tierra del Fuego y el Cambio Climático global

Rodolfo Iturraspe

Dirección General de Recursos Hídricos, Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente, Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales
Representante de Wetlands International

2010



© 2010 Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International

El contenido de esta publicación puede ser reproducido libremente para fines de educación, difusión y para otros propósitos no comerciales. Un permiso previo es necesario para otras formas de reproducción. En todos los casos se debe otorgar el crédito correspondiente a la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International.

ISBN 978-987-24710-4-0

Esta publicación debe citarse como sigue:

Iturraspe, R. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Publicado por la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales/ Oficina Argentina de Wetlands International-LAC.

<http://lac.wetlands.org/>

Foto de tapa: Turberas del Valle Carbajal, por Rodolfo Iturraspe

Fotos interior: Rodolfo Iturraspe

Diagramación: Marta Biagioli

Coordinación gráfica: Pablo Casamajor

Impreso en Gráfica Offset S.R.L., Santa Elena 328, Barracas - CABA - Argentina.

Impreso sobre papel ilustración de 115 g y tapas en cartulina ilustración de 270 g.

El material presentado en esta publicación y las designaciones geográficas empleadas no implican opinión alguna de parte de la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International sobre la situación legal de cualquier país, territorio o área, o en relación a la delimitación de sus fronteras.

Iturraspe, Rodolfo
Las turberas de Tierra del Fuego
y el cambio climático global. - 1a ed.
- Buenos Aires : Fundación para la
Conservación y el Uso Sustentable de
los Humedales, 2010.
32 p. : il. ; 17x24 cm.

ISBN 978-987-24710-4-0

1. Cambio Climático. I. Título
CDD 551.39

Fecha de catalogación: 26/10/2010

Esta publicación cuenta con el apoyo económico de Wetlands International en el marco del Proyecto "Humedales y Medios de Vida" financiado por el Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos (DGIS).



Ministerie van
Buitenlandse Zaken

Prólogo

La literatura universal no ha sido muy benévola con los humedales. Ámbito adecuado para brujas, como en Macbeth, o lugar de muerte sin gloria, como en el Poema Conjetural de Borges, o fuente de enfermedades o metáfora de la angustia, es difícil encontrar una obra donde a un pantano, una ciénaga, o a una turbera para el caso, se le de una connotación positiva.

Tampoco ha sido el progreso muy benévolo con estos ecosistemas. Drenados para acomodar ciudades o cultivos, o por pura ignorancia de su valor real, los humedales han sido largamente castigados por el desarrollo, sin el beneficio de la defensa que otros ecosistemas más carismáticos han merecido y con la consecuente pérdida de invalorable servicios para la sociedad y las demás especies que los habitan.

Pero este ya no es el caso. Desde la Convención de Ramsar sobre Humedales de 1971 hasta los múltiples proyectos de recuperación y protección de humedales de la actualidad, se viene revirtiendo la percepción social de estos ecosistemas, incluyendo las turberas, y el desarrollo comienza a incluirlos en sus consideraciones.

Las turberas de Tierra del Fuego constituyen ecosistemas únicos y representativos del paisaje regional, que cumplen importantes funciones sociales y ambientales, en particular vinculadas con la regulación de las cuencas hídricas fueguinas y el cambio climático.

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. 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.

Esta integralidad ya ha sido reconocida por todos los países del mundo en el seno de la Convención Ramsar ya citada, donde se establece que el manejo y planificación de los humedales debe llevarse a cabo teniendo en cuenta su entorno más amplio, la cuenca hídrica. 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.

En este entendimiento, la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de Tierra del Fuego se encuentra desarrollando un trabajo de ordenamiento de turberas, buscando definir ese equilibrio óptimo entre distintas funciones, sean estas sociales, ambientales o económicas. El mismo equilibrio que debe existir entre todas las instituciones que de una u otra forma inciden sobre el uso y la conservación de las turberas.

El presente trabajo constituye un insumo importante, teniendo en cuenta la escasez de textos sobre la materia en castellano. Constituye además un aporte al ordenamiento ambiental en marcha, por cuanto permite comprender las funciones y valores de estos

humedales tanto en lo que hace a su rol en la regulación del cambio climático, como a sus funciones hidrológicas en el marco de la cuenca.

El planteo del problema en base a un enfoque local, con el aporte de nueva información relativa a las funciones hidrológicas de estos humedales y demostrando la pertinencia de la inclusión de las turberas en estrategias locales de adaptación al cambio climático, constituye un enfoque novedoso por cuanto complementa la visión más clásica, que reconoce la importancia de éstas en la mitigación al cambio climático por la función que cumplen como reservorios y sumideros de carbono. Pero además, el caso de estudio utilizado aporta nuevos datos y conocimiento sobre una turbera ubicada en la cuenca del río Olivia, de carácter estratégico para la ciudad de Ushuaia, por cuanto constituye una fuente potencial de agua potable de la capital fueguina. Su protección resulta por lo tanto, una cuestión fundamental en la gestión de la cuenca, desde el punto de vista de su importancia como futura reserva de agua de la ciudad.

Las turberas son ecosistemas especialmente característicos de Tierra del Fuego, de un valor social, ambiental y económico muy superior al que se les reconoce. Esta publicación es una contribución en el sentido de una mejor valoración.

Nicolás Juan Lucas

Secretario de Desarrollo Sustentable y Ambiente
de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida
e Islas del Atlántico Sur

Prefacio y agradecimientos

El estudio de las turberas requiere del apoyo de múltiples disciplinas científicas, ante la necesidad de explicar los complejos procesos e interacciones que se desarrollan en estos ecosistemas y que dan lugar a funciones ambientales cuya diversidad y efectividad es difícil de encontrar en otro tipo de unidades naturales.

Tratando de proporcionar una síntesis sobre tales funciones, y con especial énfasis en aquellas que contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático, este libro está formulado en términos accesibles para quienes no son especialistas en la materia, aportando información concisa e indicando fuentes para la consulta.

La primera parte abarca aspectos generales, con un enfoque en las funciones relativas a la mitigación del cambio climático y atendiendo a los rasgos de las turberas de Tierra del Fuego.

La segunda parte analiza las funciones hidrológicas que dan sustento a la necesidad de incorporar estos humedales a las estrategias locales para la adaptación al cambio climático. Para ello se presenta como estudio de caso al humedal del valle de Carbajal, en la cuenca del río Olivia. Su selección obedece a sus características excepcionales, pero principalmente a la importancia que representa para Ushuaia la capacidad reguladora de este humedal, amenazado por la actividad extractiva de turba. Si bien el uso actual de las aguas del río Olivia se limita a la provisión de la Estación de Piscicultura, este curso es la fuente potencial más importante que dispone la ciudad para afrontar en el futuro la demanda de su creciente población.

Sobre este sistema hidrológico complejo se aporta información original, resultante de trabajos realizados entre enero y mayo de 2010, que puede ser extrapolable a otros humedales. Se ejemplifica la medida de la efectividad de su capacidad de regulación, y se formulan fundamentos que valorizan las turberas como componentes estratégicos para la adaptación al cambio climático.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento a Rodrigo Iturraspe y Sergio Camargo, responsables de los trabajos de campo; a la Dirección General de Recursos Hídricos de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de la Provincia de Tierra del Fuego y a su Directora, Ing. Adriana Urciuolo, muy comprometida en la valoración de las turberas, quien ha facilitado personal y equipamiento; y al proyecto de investigación PICT 1697 “Las lagunas de la turbera de Rancho Hambre (Tierra del Fuego): Un estudio limnológico integrado”, dirigido por la Dra. Gabriela Mataloni, siendo esta publicación un resultado vinculado al mismo.

Rodolfo Iturraspe

Dirección General de Recursos Hídricos, Sec. de Desarrollo Sustentable y Ambiente
Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

Índice

Introducción	1
Tipos de turberas	2
Turberas de Tierra del Fuego	3
Estructura de una turbera y conceptos básicos funcionales	5
Función de las turberas en la regulación del Cambio Climático	6
El ciclo de Carbono en las turberas	6
Tasas de acumulación de Carbono en turberas no alteradas.....	8
Magnitud del Carbono global almacenado en turberas	9
¿Mitigación o aceleración del Cambio Climático?	10
Funciones hidrológicas de las turberas y su papel en la adaptación al Cambio Climático	12
Caso de estudio: El humedal del valle de Carbajal	14
Características generales del sitio	14
Funciones hidrológicas del humedal de Carbajal	17
a) Regulación de crecidas	17
b) Regulación de la calidad del agua y del transporte de sedimentos ..	21
c) Recarga	21
pH y conductividad en los cuerpos de agua.....	22
La importancia del humedal del Valle de Carbajal para la adaptación al Cambio Climático	23
Referencias bibliográficas	25

Introducción

Las turberas son ecosistemas con amplia distribución global que constituyen más del 50% de los humedales del mundo. Son muy frecuentes en medias y altas latitudes del Hemisferio Norte, en concordancia con lugares poblados desde la prehistoria y por ello están incorporadas en estas regiones a la cultura popular, en similar medida que el bosque y las pasturas. No ocurre lo mismo en el Hemisferio Sur, donde se localizan generalmente lejos de los asentamientos humanos. En Argentina, la mayoría de la población desconoce qué es una turbera, y más aún sus funciones ambientales. Son relevantes en la composición del paisaje del extremo más austral de Sudamérica, sin embargo, la población local, inmigrante desde otras latitudes, no evidencia una adecuada valoración de las turberas. El sistema educativo menciona a la turba como combustible, siendo raras las menciones como ecosistemas y humedales relevantes en la regulación del cambio climático, o sobre los servicios ambientales que prestan.

El objeto de esta publicación es proporcionar información, generalmente de escasa disponibilidad en idioma español, sobre las funciones que cumplen las turberas en relación a la mitigación y a la adaptación al cambio climático. No obstante, cabe hacer una breve mención del amplio espectro de sus prestaciones. Más allá de los valores que resultan del uso de turberas para actividades productivas, propios de la extracción de la turba y sus aplicaciones o de prácticas agrícola-ganaderas, la Tabla 1 detalla las funciones y valores de turberas prístinas que normalmente se pierden al ser éstas intervenidas.

Tabla 1.- Síntesis de las funciones ambientales y los valores de las turberas no alteradas.

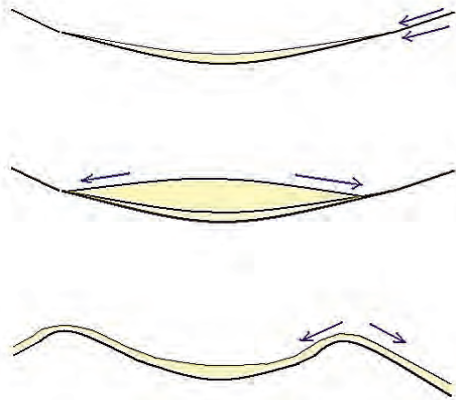
	FUNCIONES		VALORES	
REGULACIÓN	CLIMÁTICAS	Mitigación del Cambio Climático Global Control del clima local	DESARROLLO	Agua potable y para otros usos
	HIDROLÓGICAS	Mitigación de crecidas Aporte de agua en sequías Calidad del agua Morfología del drenaje Aguas subterráneas	ADAPTACIÓN AL C. CLIMÁTICO	Instrumentos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

Tipos de turberas

Históricamente las turberas se han diferenciado en **Fens**, y **Bogs** (términos del inglés, sin justa correspondencia en español). Las primeras, situadas en depresiones con superficies planas o cóncavas y las segundas sobre elevadas respecto del terreno circundante, formando domos (fig. 1). Según distintos enfoques surgieron nuevas clasificaciones, de las que se mencionan algunas.

Un criterio simple se basa en la especie dominante. Resultan así localmente, turberas de *Carex* y de *Sphagnum magellanicum* (fig. 2). Las primeras son “fens” y las segundas, generalmente “bogs”. También hay turberas de *Astelia* (Este de Tierra del Fuego), de *Marsippospermum*, mixtas, etc. Cada región tiene sus propias categorías.

Figura 1.- Tipos de turbera según su disposición en el terreno.



FEN: Superficie cóncava, turbera plana, con aportes subterráneos y superficiales. Turbera geogénica rica en nutrientes, de acidez moderada, dominada por ciperáceas. Distribución: en casi todo el ámbito de TDF. Único tipo en la zona Norte (Vegas turbosas).

BOG: Superficie convexa, turbera elevada, sin aportes subterráneos, sólo precipitación. Turbera ombrogénica, pobre en nutrientes y muy ácida, dominada por *Sphagnum magellanicum*. Distribución: Centro y Sur de TDF, en concordancia con el bosque de *Notofagus*.

BLANKET BOG: Turbera de cobertor, alimentación por precipitación. Condiciones ombrogénicas. Turberas mixtas: dominadas por *Sphagnum*, ciperáceas, *Marsippospermum* y otras. Frecuentes en Península Mitre.

Figura 2.- Turbera elevada ombrogénica de *Sphagnum* en valle de Andorra (izquierda) y turbera geogénica de *Carex* en la cabecera del lago Fagnano, Tolhuin (derecha).



Otro criterio más general se basa en el origen del agua que alimenta la turbera:

- **Geogénicas:** reciben aportes de aguas que han tenido contacto con el subsuelo mineral, lo que determina más diversidad florística, acidez moderada ($\text{pH} \approx 6$) 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 (Glaser 1997). Este principio explica el dominio minerogénico en la transición ecotonal del bosque a la estepa, usualmente deficitaria.

- **Ombrogénicas:** Sólo reciben agua de precipitación. Por estar elevadas sobre el terreno circundante no reciben otros aportes. Pobres en nutrientes y ácidas ($\text{pH} \approx 4$) son típicas de los valles de cordillera.

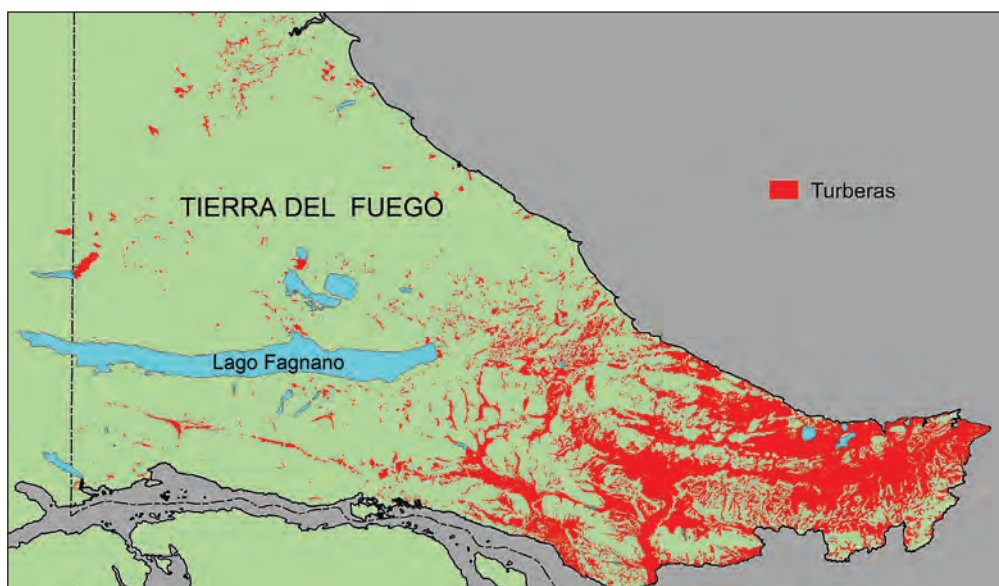
En muchos textos estas categorías se referencian como minerotróficas y ombrotólicas respectivamente. Contrastes en disponibilidad de nutrientes entre ambos tipos son detectables por valores de conductividad. Mediciones en turberas locales varían de menos de $15 \mu\text{S cm}^{-1}$ en ombrogénicas a más de $600 \mu\text{S cm}^{-1}$ en vegas turbosas geogénicas al Norte de Río Grande (Grootjans 2009).

Turberas de Tierra del Fuego

La extensión de turberas en el sector Argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego, es de 2.700 km^2 (Iturraspe 2004, 2010), el 12,5% de su superficie. De ese total, 2.400 km^2 se concentran en el sector

oriental de Tierra del Fuego (fig. 3) en donde hay cuencas, como la de los ríos Bueno, Luz y Policarpo, con más del 80% de cobertura en turbales. Aunque esta zona es inaccesible y despoblada,

Figura 3.- Distribución de las turberas en Tierra del Fuego.



hay un alto impacto por la sobrepoblación de ganado salvaje y sin manejo, muy notable en la costa Norte.

Aunque los efectos son mayores en bosques y pastizales, las zonas marginales de las turberas muestran notables alteraciones.

En otras zonas de Tierra del Fuego, el uso extractivo es la principal amenaza para las turberas de *Sphagnum*. Esta actividad se ha desarrollado en la zona central de la Isla, en el área de influencia de la localidad de Tolhuin, donde la mayoría de las turberas en tierras fiscales accesibles ha sido solicitada en concesión. En menor medida, se extrae turba en los valles de cordillera próximos a Ushuaia (fig. 4), donde las turberas tienen gran importancia por estar vinculadas a fuentes de agua y por su alto valor paisajístico.

Hacia el Norte del área ecotonal, situada entre el lago Fagnano y el Río Grande las

turberas de *Sphagnum* dejan lugar a las de ciperáceas. Éstas no están sujetas al uso extractivo por cuanto el Estado Provincial prioriza su uso como pasturas. El uso ganadero no tiene consecuencias destructivas (como el uso extractivo) si no se practican drenajes, sin embargo la ganadería impacta sobre la biodiversidad y la estabilidad de las turberas, por lo que debe estar sujeta a un manejo cuidadoso que garantice su sustentabilidad.

En general, y exceptuando las áreas de explotación del centro de la Isla, la condición ambiental de las turberas de Tierra del Fuego es buena, en virtud de la escasa población hasta la década del 70 y del carácter netamente urbano del poblamiento posterior. No obstante, tal situación está cambiando rápidamente, siendo necesario planificar y ordenar el uso de las turberas, tarea en la que están trabajando organismos provinciales competentes.

Figura 4.-Turbera en explotación en el valle inferior del río Olivia, en proximidad de Ushuaia (imagen obtenida de Google Earth).



Estructura de una turbera y conceptos básicos funcionales

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.

Son reconocibles dos horizontes (fig. 5), denominados en inglés **acrotelm** y **catotelm** (Ingram 1978, Ivanov 1981). El primero, de carácter superficial con espesor de 0,30 a 0,50 m, corresponde a

la zona donde varía el nivel de saturación. Con presencia de aire en los poros, alberga importante actividad microbiana. El segundo, siempre saturado, mantiene condiciones anaeróbicas y bajísima permeabilidad. Las propiedades hidrológicas y el comportamiento ante el ciclo de carbono varían notablemente en cada uno. Esta estructura denominada “diplotélmica”, es evidente en las turberas elevadas ombrogénicas y menos definida en las geogénicas.

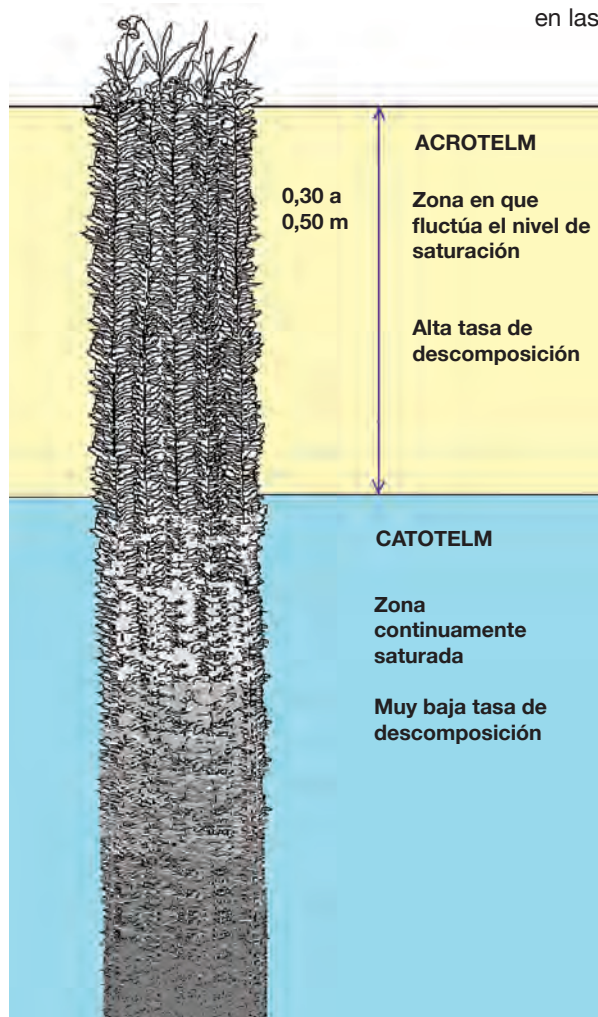


Figura 5.- Estructura de una turbera diplotélmica. El *acrotelm* es el horizonte hidrológicamente activo, con un reducido flujo horizontal. Las fibras vegetales mantienen allí su textura, activándose la descomposición y la liberación de CO_2 cuando desciende el nivel freático. Cuando éste se aproxima a la superficie se reduce la emisión de CO_2 y NO_2 y se incrementa la de metano. El *catotelm*, permanentemente saturado, es casi estanco, con permeabilidad semejante a la de las arcillas. No presenta los procesos referidos para el horizonte superior y sólo se incrementa a una tasa menor a 1 mm/año, por el aporte de materia humificada resultante del proceso de degradación incompleta que se produce en el acrotelm. Este residuo es del orden del 10 % de la productividad primaria del ecosistema. Hacia abajo va perdiendo definición la estructura de las fibras vegetales preservándose sólo tallos y raíces, más resistentes a la descomposición.

Función de las turberas en la regulación del Cambio Climático

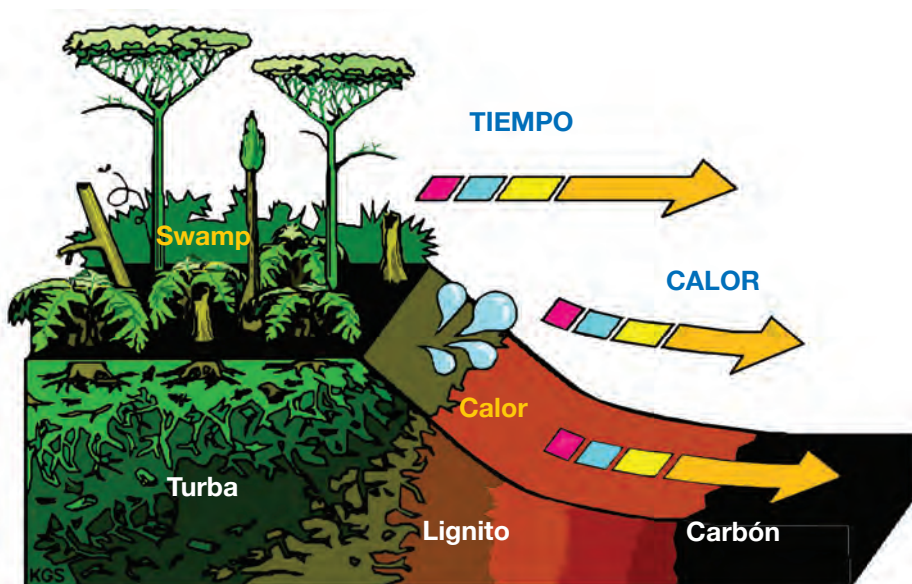
Las turberas del mundo cubren 4 millones de km², el 3% de la superficie continental e insular global. Albergan 1/3 del carbono existente en el suelo y el 10% del agua dulce disponible (Joosten 2002). Además de ser reservorios, secuestran CO₂ atmosférico y regulan el drenaje. Tienen buena resiliencia a cambios ambientales naturales (Charman 2008) pero son muy sensibles a la actividad antrópica. Es ampliamente aceptada la vinculación entre el cambio climático y el efecto invernadero, resultante de emisiones de gases entre los que el CO₂ es el principal componente. Por otra parte hablar de cambio climático es hablar de cambios en la disponibilidad de agua dulce y de las consecuencias de las grandes tormentas e inundaciones. He aquí las principales tramas que relacionan turberas y cambio climático, tanto en materia de mitigación como a tener en cuenta en estrategias de adaptación.

El ciclo de Carbono en las turberas

El resultado del ciclo del carbono a escala de eras geológicas está representado en la figura 6. La presencia de carbón mineral indica que las turberas ya existían hace millones de años. Los antiguos depósitos

orgánicos formados por una formidable productividad primaria se transformaron primero en turba y luego en lignito y antracita, que es el rango más alto del carbón mineral como combustible.

Figura 6.- Evolución de la turba (carbono orgánico) al carbón mineral (Kentucky Geological Survey, <http://www.uky.edu/KGS/coal/coalform.htm>) 10 m de turba producen 1 m de Carbón mineral.



Las turberas existentes han acumulado materia orgánica durante todo el Holoceno, y el ciclo de carbono explica los procesos que las transformaron en reservorios globales.

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.

El ciclo del carbono en una turbera (fig. 7) inicia con captación de CO_2 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 (CH_4), un gas con efecto invernadero producido por bacterias del medio anaeróbico. La elevación de la temperatura y del nivel freático incrementan la emisión de metano (Moore 1989, 1994), muy variable en el tiempo y en cada turbera (0 a $74 \text{ g/m}^2/\text{año}$, Craft 2001). Disminuye con la proporción de *Carex* en la composición de la turba y aumenta con la de *Sphagnum* (Nilson 1993). Las lagunas de las turberas son ambientes emisores (fig. 8).

Las turberas entregan al medio acuático adyacente Carbono Orgánico Disuelto

Figura 7.- Ciclo de Carbono en una turbera con fases aeróbica y anaeróbica (adaptado de Parish 2008, Rydin 2006). En el estrato aeróbico es más activa la descomposición y la liberación de CO_2 . El ascenso temporal del nivel freático disminuye su emisión e incrementa la de metano (CH_4). El excedente del balance de carbono en el acrotelm pasa a formar luego de muchos años parte superior del catotelm. Los símbolos circulares corresponden a fases gaseosas. Las flechas punteadas representan procesos bacterianos. PPN: Producción Primaria Neta. COD: Carbono Orgánico Disuelto transferido al flujo subterráneo.

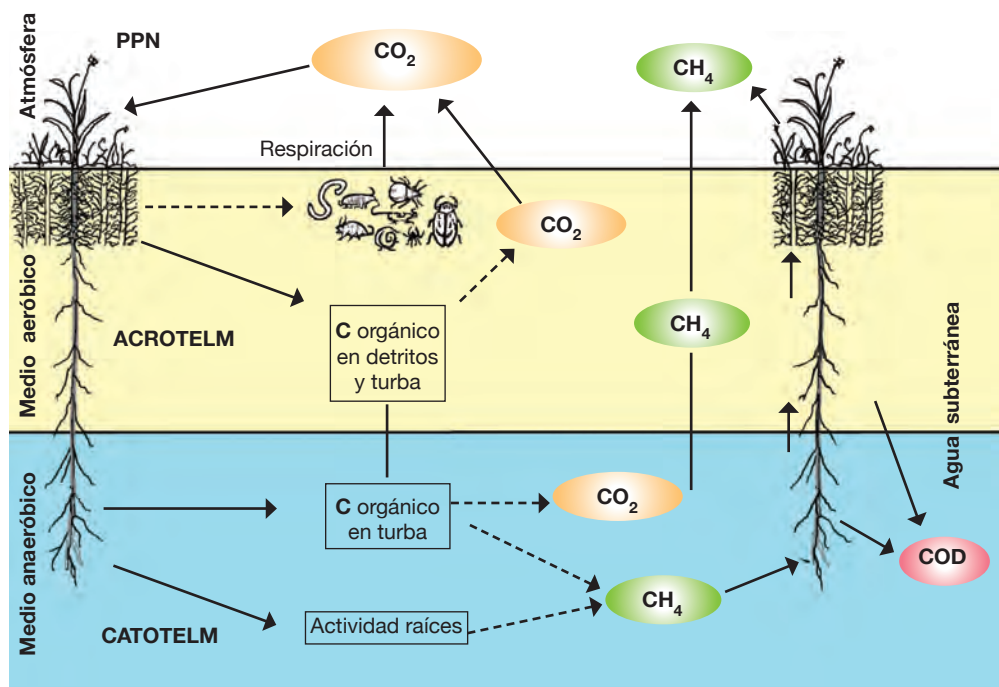


Figura 8.- Lagunas de turberas de *Sphagnum* en las que es fácil apreciar el desprendimiento de burbujas de metano desde el lecho cuando se disturba el medio.



(COD), cuya pigmentación altera el color del agua; por ello los ríos de las cuencas orientales de Tierra del Fuego presentan coloración marrón oscura todo el año (Iturraspe 1989) en tanto que en los de cordillera, donde hay menor proporción de turberas, este efecto es esporádico. En turberas templadas de Europa el flujo de COD fluctúa entre 1 y 50 g/m²/año.

La pérdida de carbono también tiene lugar, con menor relevancia, como carbono inorgánico disuelto y como carbono particulado por la acción de agentes erosivos.

Tasas de acumulación de Carbono en turberas no alteradas

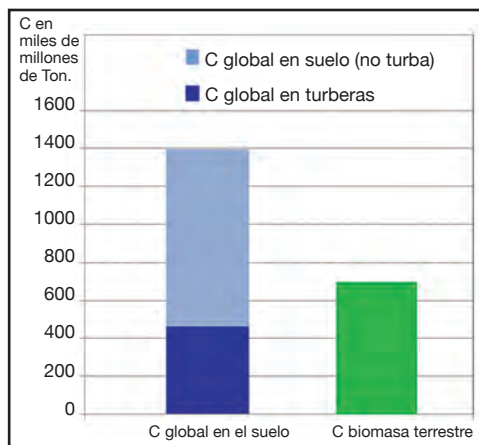
La edad de las turberas elevadas de Tierra del Fuego alcanza entre 8.000 y 12.000 años, y excepcionalmente más de 14.000. Con espesores entre 6 y 10 m, un

cálculo sencillo da una tasa de crecimiento próxima a 1 mm/año. Estudiadas en Lapataia y Harberton, dieron tasas de 0,51 y 0,71 mm/año respectivamente (Rabassa 1989). El crecimiento no es constante sino que depende de cambios climáticos e hidrológicos. Hay evidencias de alta variabilidad durante el Holoceno, con máximos en períodos fríos y húmedos (Mäkilä 1997).

El crecimiento de la turbera no es un buen indicador de la acumulación de carbono ya que su principal componente es agua. Cada mm de espesor de turba equivale a 1 kg/m² y la materia orgánica seca contenida, varía entre 40 y 400 g/m², según el tipo de turba y su estado de descomposición. En la materia seca el 52% es carbono (Gorham 1991, Clymo 1998, Charman 2002).

Hay diferentes formas de considerar la tasa de acumulación de carbono en turberas:

Figura 9.- Carbono contenido en las turberas del mundo comparado con otros reservorios terrestres.



- La tasa aparente a largo término de acumulación de carbono: cociente entre el contenido de carbono integrado en todo el perfil y la edad de la turbera.
- La tasa reciente de acumulación de carbono: obtenida por muestreo y fechado en estratos superiores relativamente jóvenes (100-200 años de edad). Sus valores son mayores porque estos estratos no experimentaron como las capas más antiguas una degradación lenta por milenios.

La acumulación de carbono aumenta de

turberas ombrogénicas a minerogénicas, desde altas a bajas latitudes y desde ambientes continentales a oceánicos (Tolonen y Turunen 1996). Las turberas de Tierra del Fuego, comparadas con las boreales, presentan menor latitud, similar proporción de ombrogénicas y condiciones más oceánicas, lo que permite inducir mayores tasas a las indicadas en Tabla 2.

Asumiendo como valores probables, y a fines ilustrativos, 28 y 80 g/m²/año (0,28 y 0,80 ton/ha/año) para las tasas a largo término y de reciente acumulación respectivamente, resulta a largo término una acumulación anual equivalente al 50% de las emisiones de vehículos en rodaje en Tierra del Fuego (65.000 unid.), en tanto que en el corto término (100-200 años) la acumulación en turberas supera la emisión vehicular (Tabla 2).

Magnitud del Carbono global almacenado en turberas

Se estima el área global de turberas en 4 millones de km² (Joosten 2002), el 86% es de turberas boreales y subárticas. Las turberas del mundo albergan entre 450 y 550 x 10⁹ ton de carbono (Clymo 1998, Joosten 2008). El carbono en turberas representa el 30% del total en el subsuelo continental, duplica la biomasa forestal y

Tabla 2.- 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

se aproxima al total de la biomasa terrestre (fig. 9). Es equivalente al 75% del carbono atmosférico (Joosten 2008).

Este formidable almacenaje de carbono, no apreciable en otros ecosistemas terrestres, fue secuestrado de la atmósfera por la actividad de las turberas en los últimos 15.000 años, reduciéndose significativamente la cantidad de CO₂ que existía en ella al comenzar el Holoceno.

¿Mitigación o aceleración del Cambio Climático?

Las turberas inciden en el balance global de tres tipos de gases con efecto invernadero, ya que en su estado natural retienen CO₂ y liberan metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). El efecto negativo de las emisiones de CH₄ y N₂O es de menor importancia que el efecto positivo resultante del secuestro de CO₂ (Joosten 2008). Constituyen grandes reservorios de carbono secuestrado en el pasado, pero en el presente pueden comportarse como fuentes o sumideros, según el uso (Belyea 2001). El secuestro de carbono es regular y a largo plazo, pero la actividad humana sobre las turberas puede generar emisiones de intensidad ilimitada.

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 O₂ 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 (fig.10).

El drenaje de turberas fueguinas está vinculado al uso extractivo y ocasionalmente al ganadero. Las de Europa central fueron drenadas en los siglos XVIII y XIX para su conversión a la agricultura, cuando el campesinado sufría condiciones de extrema pobreza. Hoy son pastizales o predios agrícolas, luego de haber liberado millones de toneladas de carbono.

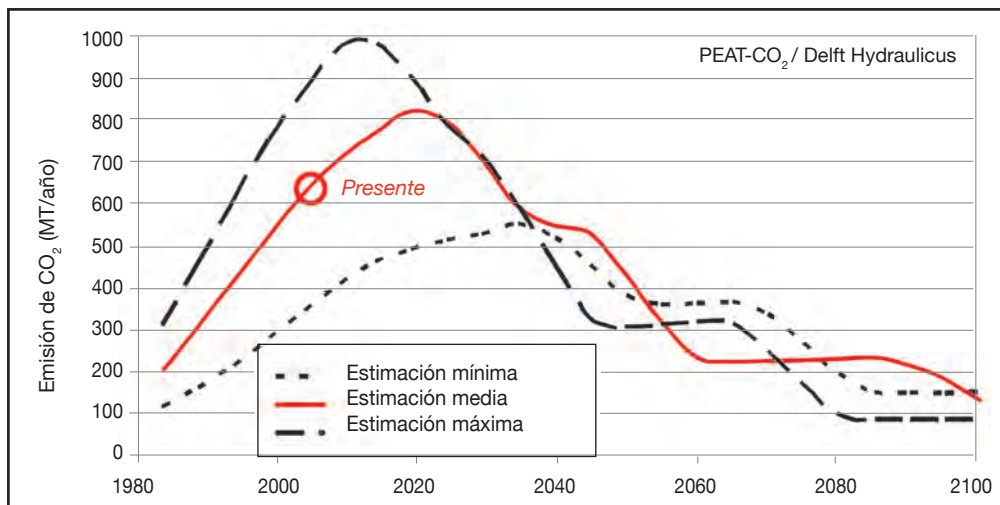
Finlandia, tenía a principios del siglo XX 10 millones de ha de turberas, drenándose luego el 60%, principalmente para uso forestal. El carbono fijado por las nuevas plantaciones es significativamente inferior a la cantidad emitida por las turberas drenadas que las sustentan.

En Indonesia se drenan hoy extensas turberas tropicales y para nuevos usos



Figura 10.- Subsidencia en el área urbana. En Ushuaia algunas turberas fueron cubiertas con áridos para su urbanización, como el caso que se ilustra. El asentamiento ocurrió luego de la apertura de una zanja para el tendido de servicios que funcionó como vía de drenaje. Este efecto puede ser muy grave en zonas costeras, áreas urbanas y en planicies inundables.

Figura 11.- Emisiones de CO₂ desde turberas del SE de Asia por drenaje y deforestación (sin incluir incendios) y proyectadas según tres escenarios (adaptado de Hooijer 2006). Si cesara el incremento de drenajes en 2020 las emisiones continuarían más allá de 2100, acumulando entre 40.000 y 55.000 MT de CO₂ (Delph Hidraulics 2007). El 82% se produce en Indonesia.



de la tierra se queman selvas que se desarrollan sobre turberas (fig. 11). Si no se contabilizaran las emisiones de turberas degradadas, estaría en la posición 21 entre los países emisores. Computando éstas, asciende a la tercera posición, después de EE.UU. y China. La continuidad de prácticas actuales podría llevar a este país al primer lugar en pocas décadas (Jauhiainen 2009).

Drenaje y combustión son una combinación desequilibrante para el clima.

Los ejemplos demuestran la sensibilidad de las turberas a la actividad humana y la facilidad con que la funcionalidad de estos ecosistemas en cuanto a la mitigación del cambio climático, se revierte ante un manejo inadecuado y da lugar a una amenaza a la estabilidad climática.



Funciones hidrológicas de las turberas y su papel en la adaptación al Cambio Climático

Esencialmente, las turberas reducen los picos de crecidas, 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.

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 (fig. 12). El agua es su principal componente y la hidrología es una de las ciencias que explica su funcionalidad y los servicios ambientales que proporcionan.

Las funciones ambientales producto de las interacciones agua-turbera se evidencian en tres niveles: en la microescala, relativa a zonas diferenciables dentro del humedal, en la mesoescala, considerando la turbera y adyacencias, y en la macroescala, ampliando el foco a la cuenca.

El conocimiento de los procesos de microescala es necesario para interpretar el resto. La procedencia del agua y la variabilidad espacial de su disponibilidad determinan las comunidades vegetales dominantes y los patrones morfológicos del ecosistema.

La estructura física de la turba difiere de la de los suelos minerales, y define

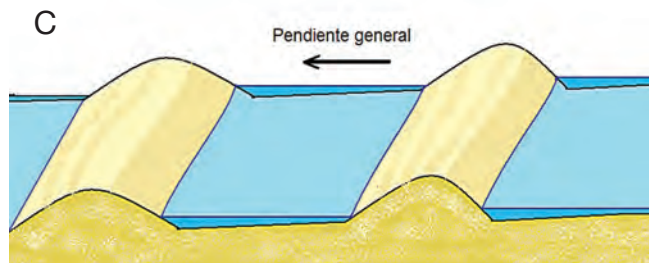


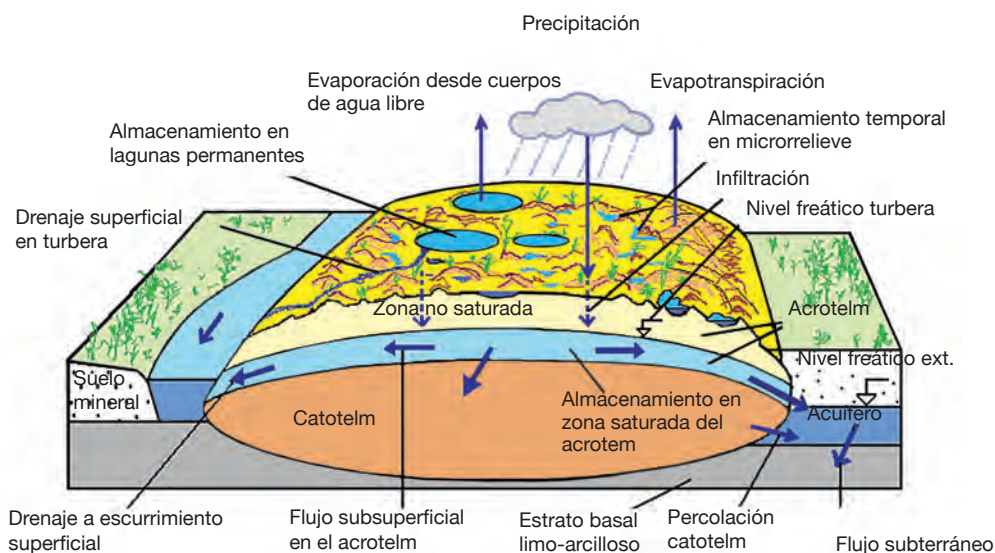
Figura 12.- Variantes de almacenamiento en superficie: lagunas permanentes (A) y patrones de microrelieve (B). Estos últimos pueden adquirir, como en Valle de Andorra, formas paralelas a curvas de nivel, permitiendo retener excedentes de agua de lluvia o de fusión nival (C).

propiedades hidrológicas especiales. Más del 80% de una turbera es agua, y en los niveles superiores, su proporción puede alcanzar 95% a 98% (porosidad total) en *Sphagnum* saturado (Iturraspe 2000). Sin embargo, gran parte se presenta en microporos e incorporada a las fibras vegetales y sólo se libera por desecación.

La porosidad efectiva (relación entre el volumen de agua libre del material saturado y el volumen total) define la capacidad de almacenaje. Depende del volumen de macroporos interconectados y es más significativa en el acrotelm donde varía entre 20 y 35%. La permeabilidad horizontal es muy baja, y más aún en los estratos inferiores, donde el tamaño de poros se reduce por humificación y compresión. La lluvia infiltra rápidamente en el acrotelm, lo que es favorecido por la disposición vertical de las fibras pero la circulación es reducida. Lagunas y patrones del microrelieve complementan una eficaz capacidad de regulación.

Las interacciones hidrológicas a nivel de mesoescala son esenciales para el desarrollo inicial de la turbera (fig. 13), en áreas con sustrato muy poco permeable y deficiente drenaje, usualmente situadas en fondo de valles, paleolagos, depresiones y otros sitios donde el escurrimiento es bloqueado. La génesis de estos sitios está vinculada a la actividad glaciaria plehistocénica y a posteriores procesos asociados a la deglaciación. El clima, los aportes de agua, y la geomorfología local son tres factores determinantes y la turbera, una vez desarrollada, puede a su vez modificar localmente tales factores en alguna medida. Un ejemplo es la elevación del nivel freático en el subsuelo mineral adyacente, ya sea por bloqueo del escurrimiento o por recarga subterránea. En ambientes con déficit hídrico, las turberas geogénicas albergan reservas de agua permanente y pasturas que constituyen un hábitat esencial para la fauna, con valor económico para la ganadería.

Figura 13.- El ciclo hidrológico en una turbera ombrogénica. La precipitación excede a la evapotranspiración potencial y esta última es significativamente mayor que el escurrimiento generado en el humedal como excedente. Las turberas ombrogénicas de *Sphagnum* presentan la freática paralela a la superficie convexa de la turbera, y mayor variabilidad de niveles y de circulación de flujo en bordes marginales donde se incrementa la pendiente (Iturraspe 2000, Köpke 2005, Baumann 2006).



En la macroescala se manifiestan las funciones hidrológicas de mayor significación. Los sistemas de turberas regulan el escurrimiento en la cuenca, mitigando crecidas por su capacidad de almacenaje, retardando el drenaje y aportando flujo en periodos interpluviales. 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. La efectividad de estas funciones depende de su extensión, su proporción con la superficie de la cuenca y la situación de su emplazamiento. Las ombrogénicas, tienen mayor capacidad reguladora por presentar un estrato aeróbico más desarrollado y mayor capacidad de almacenamiento en superficie, ya sea en lagunas interiores o en el microrelieve.

Caso de estudio:

El Humedal del valle de Carbajal

Características generales del sitio

La turbera de Carbajal (figs. 14 y 15) ocupa el valle medio-inferior del río Olivia, el curso de agua más caudaloso en las inmediaciones de la ciudad de Ushuaia. Una notable particularidad es la combinación de cientos de cuerpos de agua que componen su sistema lagunar, con las sinuosidades del curso principal y de los arroyos Beban, Esmeralda y afluentes menores que confluyen en este valle. Adicionalmente, las montañas boscosas y los glaciares complementan un soberbio escenario.

Figura 14.- Vista aérea parcial de la turbera de Carbajal.



El humedal, de 672 ha de extensión, está conformado por múltiples turberas integradas en un gran complejo cuya morfología está influenciada por el sistema de drenaje (tabla 4). Dominan las turberas elevadas de *Sphagnum* con lagunas (Roig y Collado 2004).

El curso principal colecta casi directamente los arroyos del faldeo Sur

del Valle de Carbajal, en tanto que los que drenan la ladera opuesta ingresan al humedal, dando lugar a diferencias en la naturaleza de las turberas: unas netamente ombrogénicas, elevadas en relación a vías de escurrimiento que las delimitan y otras influenciadas por el flujo superficial. Asimismo resultan diferencias entre las lagunas, distinguiéndose dos tipos principales:

Figura 15.- Mapa del humedal del Valle de Carbajal con sistemas lagunares y red de drenaje. Los recuadros en blanco indican zonas de estudio en detalle. Fuente: Google Earth.

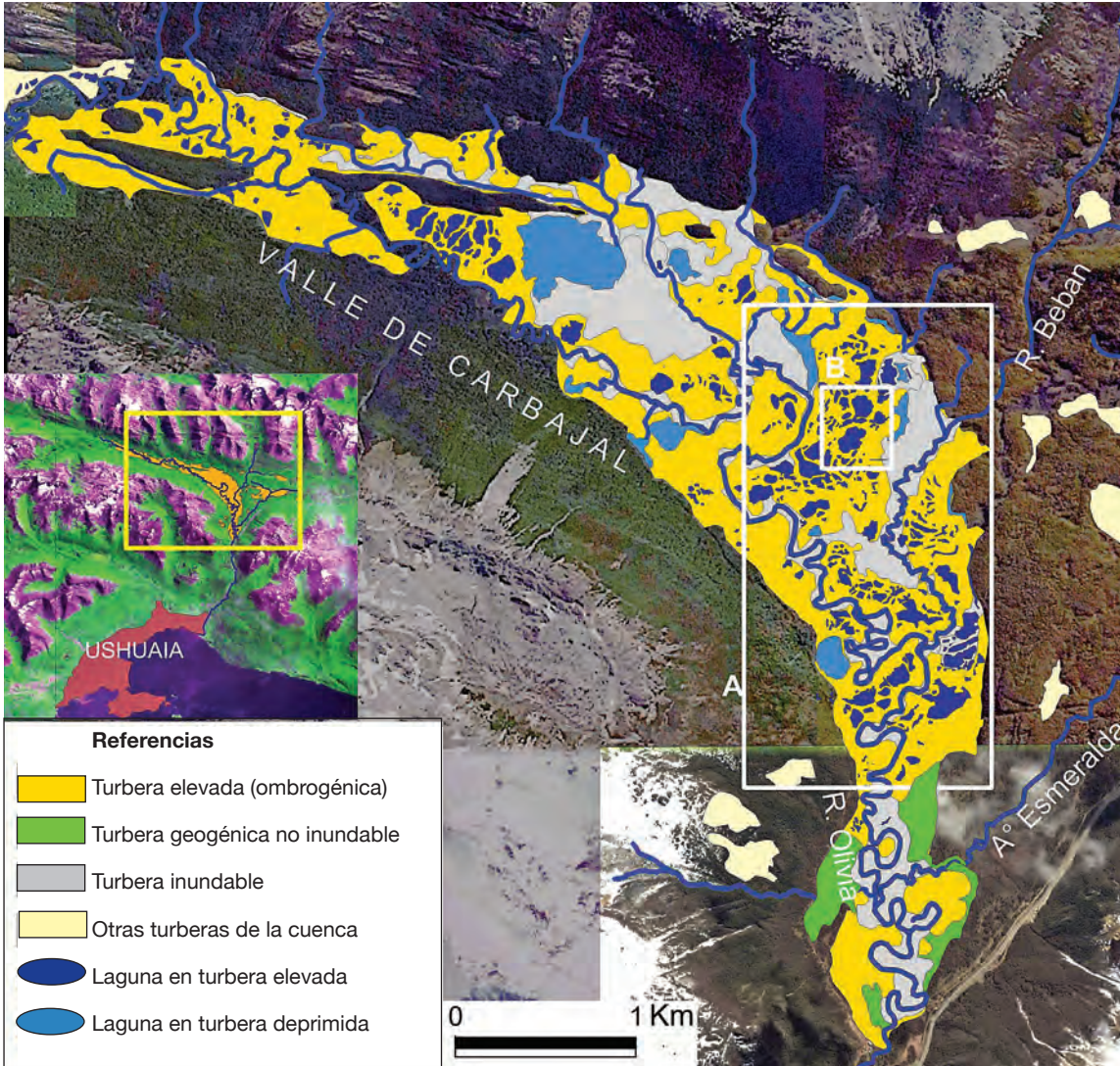


Tabla 4.- Cómputo de superficies. Adicionalmente hay 311 ha de turberas en la cuenca del Río Olivia externas al humedal. Las lagunas permanentes ocupan el 13,5% de la superficie, pero en épocas de exceso de humedad el área cubierta por agua puede abarcar el 40% del total.

Turberas	Sup. (ha)	Detalle de lagunas	Sup. (ha)
Turberas elevadas (incluyendo sus lagunas)	431	Lagunas en turberas elevadas	56
Turberas bajas inundables, lagunas vinculadas al escurrimiento y a ambientes fluviales	217	Lagunas vinculadas al escurrimiento	35
Turberas geogénicas no inundables	24		
Total humedal Valle Carbajal	672	Total lagunas	91

- a) Lagunas de turberas elevadas, con elongación transversal a la pendiente. Generalmente son sistemas naturalmente cerrados al drenaje superficial, pero se aprecian canales construidos por castores y zanjas de drenaje realizadas por el establecimiento que extrae turba (fig. 16).
- b) Lagunas afectadas por el drenaje influente, ya sea permanentemente o sólo durante crecidas. Sus dimensiones suelen ser mayores y no presentan

alineamientos, ya que ocupan ambientes planos o deprimidos. La influencia del agua superficial modera en ellas la acidez.

El mapa del sitio (fig. 15) basado en imágenes satelitales de alta resolución identifica turberas, lagunas y otras unidades de interés hidrológico. Además del humedal principal, hay en el valle otras extensas turberas que otorgan servicios ambientales a la cuenca.

Figura 16.- Drenaje de lagunas que perjudican su capacidad de regulación y hábitat ecológico: por intervención humana (izq.) y por castores, que excavan conductos para su traslado entre lagunas (der.).



Funciones hidrológicas del humedal de Carbajal

a) Regulación de crecidas

La capacidad de regulación de este humedal corresponde a dos tipos de ambientes:

- 1) las turberas elevadas y sus sistemas lagunares
- 2) las turberas deprimidas anegables

La regulación en las turberas elevadas y sus sistemas lagunares

En este ambiente el agua de precipitación se almacena en el acrotelm, en lagunas permanentes y en la rugosidad del microrelieve.

La profundidad del nivel freático en la turbera es un indicador del stock de agua libre en el acrotelm y del potencial factible de retener en caso de lluvia.

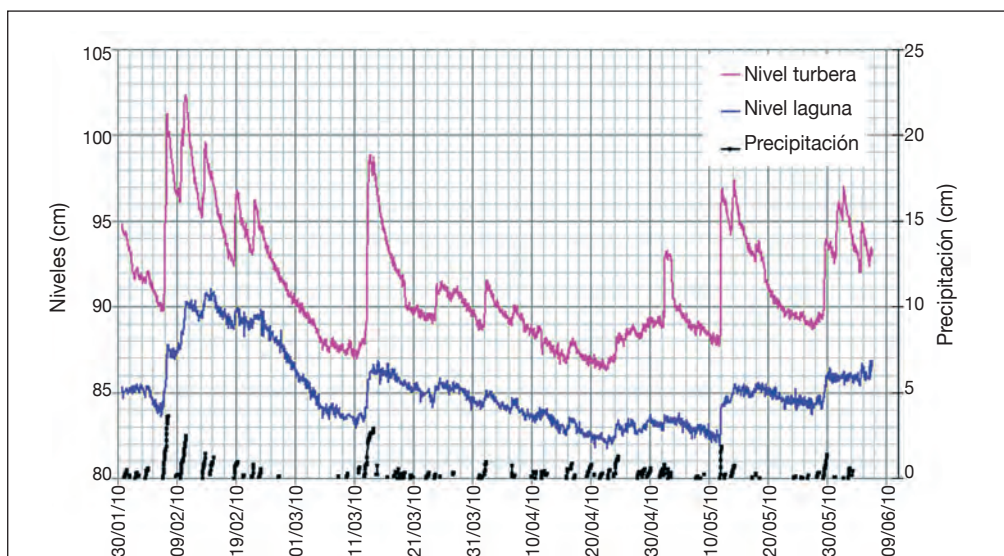
Cada milímetro de lluvia incrementa el nivel freático en 3 a 4,5 mm, dependiendo del coeficiente de almacenamiento μ que indica la relación entre la lámina neta de agua (de carga o descarga) y el

desnivel observado en la freática (Van der Schaaf 1999). Su valor disminuye con la profundidad, ya que en estratos inferiores la capacidad de alojamiento de agua libre es menor. El monitoreo simultáneo de precipitación y nivel freático (fig. 17), permitió estimar un valor medio de $\mu = 0,3$. Datos complementarios de clima y temperatura de la turbera se indican en la Tabla 5 y Figura 18.

En condiciones medias la profundidad freática es $h = 17$ cm, por lo cual la capacidad media de retención en el acrotelm es $h \cdot \mu = 51$ mm de precipitación.

Sobrepasada tal capacidad, el excedente se acumula en charcas del microrelieve.

Figura 17.- Variabilidad de niveles y precipitaciones en turbera ombrotrofica de Carbajal. Se aprecia el sincronismo de los episodios lluviosos con la variación de niveles. Los incrementos en las lagunas coinciden en magnitud con la precipitación, indicando que no reciben escurrimiento superficial desde la turbera. En lagunas cerradas el descenso durante periodos interpluviales se debe a la evaporación, en tanto que en el acrotelm se debe a evapotranspiración y drenaje subsuperficial.



Para que se active el escurrimiento superficial sobre la turbera hacia la red de drenaje se requiere una precipitación adicional estimada en no menos de 40 mm.

Las lagunas cerradas de las turberas elevadas tienen mayor capacidad de retención, pudiendo asimilar en promedio 200 mm de precipitación (fig. 19). Aquellas que tienen drenajes también retienen agua, pero su función reguladora es menos efectiva.

Una tormenta extraordinaria sobre una turbera elevada, como la analizada, produce la siguiente secuencia:

- Hasta los primeros 91 mm: toda la lluvia es retenida, sin excedentes superficiales, excepto desde adyacencias a vías de drenaje y desde lagunas conectadas a éstas natural o artificialmente.
- Entre 91 y 200 mm de precipitación: la turbera genera escurrimiento pero las lagunas aún mantienen capacidad. Las lluvias máximas en 24 hs registradas en valles de cordillera son del orden de 100 mm, lo que indica que la turbera puede regular la generalidad de los eventos.

Figura 18.- Temperatura de aire, laguna y turba en turbera elevada de Carbajal. Se aprecia la amortiguación de la variabilidad térmica en el cuerpo de la turbera y la inversión del gradiente de temperatura hacia fines de marzo. La temperatura en la laguna es en verano superior a la de la turbera, pero esta última es más cálida desde mediados de abril, lo que favorece la continuidad del drenaje en invierno.

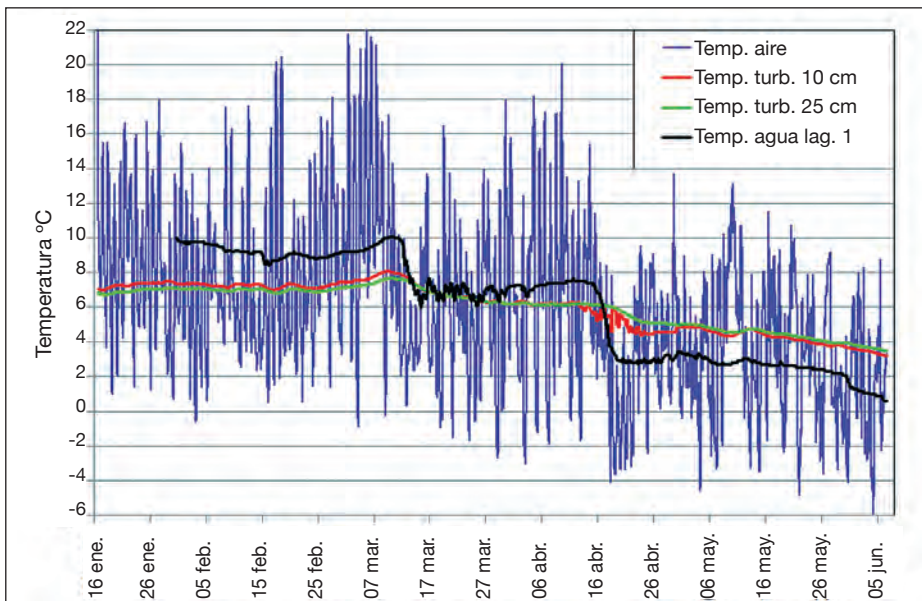


Tabla 5.- Resumen mensual de observaciones climáticas en Valle Carbajal.

Mes (2010)	Temp. media °C	Precip. mm	%Hum. Rel.	Temp. turba 10 cm	Temp. turba 25 cm
Febrero	7,4	129,6	74,2	7,2	7,0
Marzo	7,3	75,0	73,4	7,1	6,9
Abril	5,0	93,3	77,0	5,5	5,8
Mayo	3,4	73,8	77,2	4,3	4,5

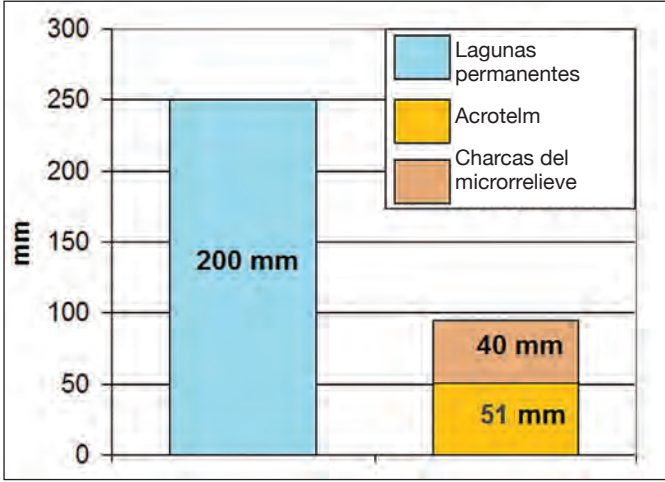


Figura 19.- Capacidad de regulación en turberas elevadas de Carbajal en condición media de humedad antecedente. La retención en microrrelieve varía con la morfología. Su valor estimado es conservativo.

Figura 20.- Vista parcial de la turbera luego de un período lluvioso, con mucha agua retenida en depresiones del microrrelieve.



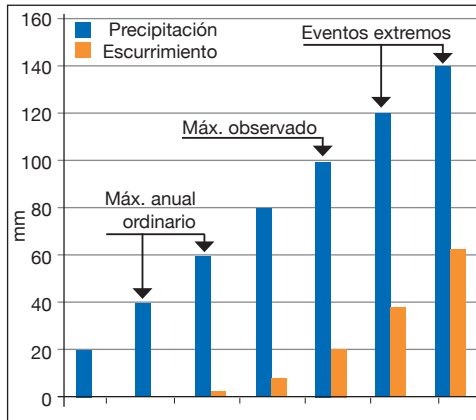


Figura 21.- Estimación del escurrimiento que aporta una turbera elevada del valle de Carbajal, según diferentes magnitudes de precipitación en 24 hs. La regulación es total en el caso de intensidades máximas anuales ordinarias y sólo en eventos extremos extraordinarios se producen aportes significativos al escurrimiento. Los valores máximos de precipitación corresponden a observaciones en valles aledaños.

La figura 21 muestra resultados de una simulación expeditiva de la regulación integral en una turbera elevada con 28% de cobertura de lagunas, para diferentes intensidades de lluvia (localizada como recuadro B en fig. 15).

Regulación en las turberas deprimidas anegables

En condiciones ordinarias el escurrimiento que ingresa a la turbera circula por cauces o vías de drenaje, sin que haya notables diferencias entre caudales de entrada y salida. Esto cambia durante las crecidas, ya que en el humedal el drenaje es deficiente por la escasa pendiente y la ausencia de valles de inundación. Al entrar al sistema más agua que la que sale, se produce el anegamiento de las turberas bajas (identificadas en la fig. 15).

La reiteración de este proceso genera una morfología de superficies planas deprimidas, en las que la vegetación dominante suele diferir de la observada en las unidades elevadas. Integran este contexto lagunas temporarias y permanentes, turberas planas de *Sphagnum* empobrecido, o dominadas por *Tetroncium magellanicum* o *Marsippospermum grandiflorum*, y también áreas marginales a los cauces donde aparecen también ciperáceas o arbustivas de *Chilliotrichium difusum* y *Nothofagus antarctica*.

Este potencial de almacenaje es muy importante para la regulación de crecidas. Las turberas elevadas son eficientes para retener la precipitación local, pero carecen de capacidad para capturar el flujo que ingresa al humedal. Las áreas deprimidas retienen los excedentes, hasta pasado el pico de la crecida, descargándose luego muy lentamente. El volumen almacenado en turberas bajas puede ser tan o más significativo que en las elevadas, y a diferencia de éstas, su capacidad no está acotada sino que aumenta con la magnitud de la crecida.

Estos procesos no son percibidos debido al carácter despoblado e inaccesible del ambiente. Estas inundaciones “benignas”, que tienen lugar en ecosistemas adaptados a tales situaciones, mitigan el impacto aguas abajo de las crecidas sobre zonas pobladas.

Una evaluación de la capacidad de regulación de todos los componentes del humedal, indica que ésta equivale al 35% del volumen erogado por el río Olivia en 24 hs durante el pasaje de un pico de crecida máxima anual ordinaria (considerando 60 mm de lluvia en 24 hs y caudal de 24 m³/s). Análogamente, para el caso de un evento extraordinario (150 mm de lluvia y caudal=60 m³/s) la proporción es del 19%, o sea que la capacidad de regular crecidas es efectiva aún en eventos extremos.

b) Regulación de la calidad del agua y del transporte de sedimentos

La turbera no sólo protege de la erosión el sustrato que recubre sino que induce la decantación de sedimentos en suspensión al interceptar el flujo que ingresa a la misma, durante crecidas. La reducción de la velocidad produce la deposición de la granulometría más gruesa en las zonas marginales del humedal y del material más fino en zonas inundables (fig. 22).

En el ambiente de las turberas hay presencia de hierro, capturado de las aguas superficiales y subterráneas en las que este ión presenta alta concentración, siendo éste un ejemplo local de la función reguladora de la química del agua por parte de los humedales.

c) Recarga

Normalmente el nivel de saturación del acrotelm supera en algunos cm al de las lagunas, por lo cual, aunque el flujo

dominante es divergente, se verifica un aporte hacia éstas. Bajo condiciones deficitarias, los gradientes hidráulicos turbera- lagunas se revierten y así las lagunas de las turberas elevadas cumplen el papel de elementos de recarga, contribuyendo al flujo desde los sectores centrales hacia la periferia (Ferone 2003).

En invierno, cuando el caudal del río se reduce por el congelamiento, la regulación térmica en la turbera (fig. 18) limita y retarda el congelamiento de los estratos superficiales. Sin evapotranspiración, los niveles en el acrotelm se mantienen altos y el espesor congelado se reduce en sectores donde el flujo es más activo. En tal situación las turberas son eficaces elementos de recarga. Se ha calculado el aporte del humedal en veranos secos y en invierno en 110 a 140 l/s, valor reducido respecto del caudal medio del río Olivia, de 5.380 m³/s (Iturraspe 1998) pero en relación al caudal de estiaje (900 l/s), la producción de agua del humedal, que abarca sólo el 3,5 % de la superficie en la cuenca representa el 12 a 16% del caudal total.

Figura 22.- Sedimentos depositados en la turbera de Carbajal sobre *Sphagnum* y *Chilliotrichium* en la zona inundable del Arroyo Beban luego de una crecida.

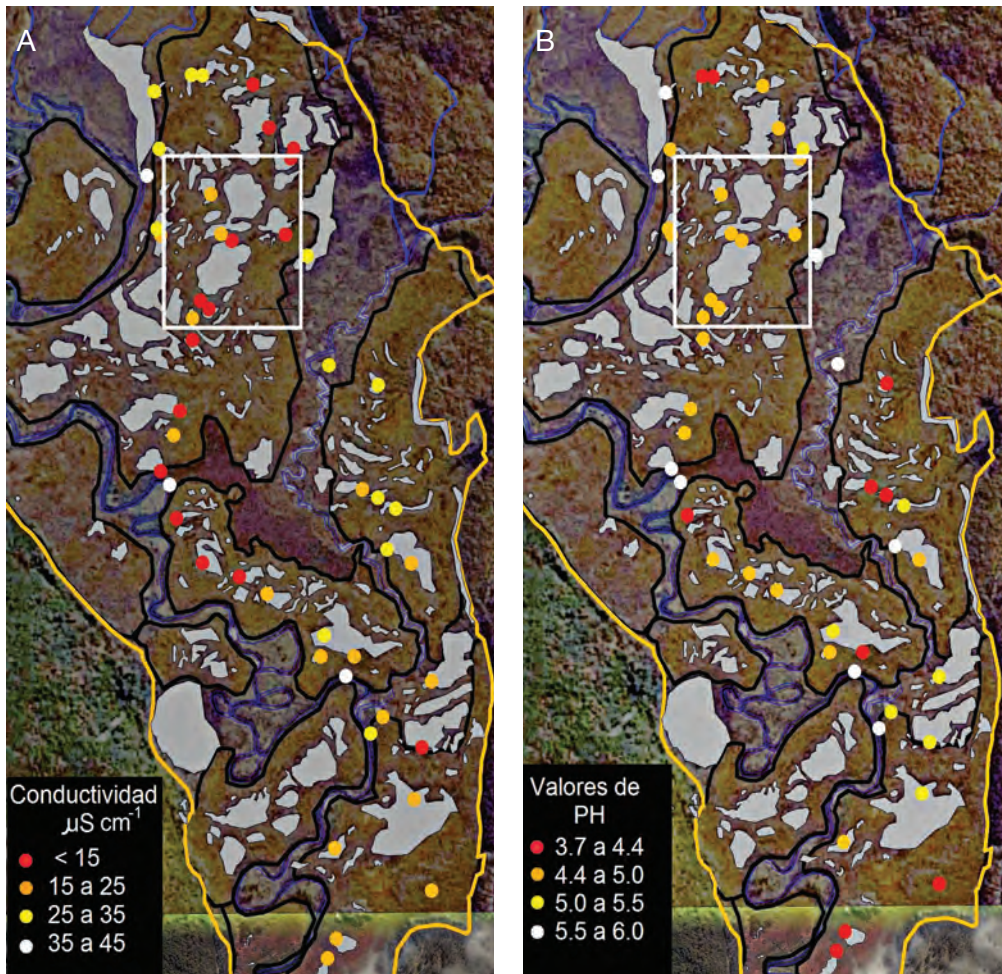


pH y conductividad en los cuerpos de agua

El pH y la conductividad son indicadores de la naturaleza de la turbera y de la influencia de agua procedente de suelo mineral. Bajos valores de estos parámetros corresponden a ambientes ombrogénicos

y oligotróficos. Muestreos realizados en cuerpos de agua (fig. 23) permitieron validar la clasificación presentada en la Figura 15.

Figura 23.- pH (A) y conductividad (B) de 48 lagunas en una transecta. Área localizada como recuadro 1-A en figura 15. Los valores más bajos (en rojo y naranja) en lagunas centrales de las turberas elevadas indican alta acidez, bajo contenido de nutrientes y la precipitación como única fuente de alimentación. Los valores altos (amarillo y blanco) son de lagunas de zonas bajas, marginales e indican flujo desde suelo mineral. Fuente: elaboración propia, adaptado de Google Earth.



La importancia del humedal del Valle de Carbajal para la adaptación al Cambio Climático

Durante el siglo XX y en especial en las últimas cuatro décadas, el incremento de la temperatura ha dado lugar a cambios ambientales muy perceptibles en la región, tales como el retroceso de los glaciares, documentado en el caso de los glaciares Martial y Vinciguerra (Strelin e Iturraspe 2007, Iturraspe 2009) y la disminución de la acumulación de nieve estacional. Escenarios moderados del IPCC indican para el siglo XXI un aumento de la temperatura global en 2°C, que triplica al registrado en el pasado siglo y que agudizará la tendencia recesiva de estos elementos reguladores del escurrimiento. Se prevé reducción en la disponibilidad de agua en verano y mayor frecuencia e intensidad de inundaciones y sequías.

Como complemento a este escenario, Ushuaia multiplicó por diez su población en los últimos 40 años y las proyecciones siguen ese curso debido a la constante inmigración. Es previsible el aumento de la presión sobre los recursos naturales

y nuevos asentamientos en las tierras fiscales suburbanas, que hasta el presente se han producido en buena medida como espontáneos e irregulares. Esto implica un incremento de la demanda de agua y la ocupación de nuevas áreas naturales para distintos fines, incluyendo parte del valle inferior del río Olivia.

Las fuentes de agua de la población son superficiales, y es el río Olivia la principal reserva disponible para cuando resulten insuficientes las fuentes en uso.

Esta previsión colisiona con los problemas derivados del cambio climático en materia de recursos hídricos, que afectarían la disponibilidad en ciertas épocas del año e incrementarían el riesgo hídrico en áreas con potencialidad para nuevos asentamientos. Por otra parte es evidente que el humedal, cuyas funciones hidrológicas han sido detalladas, sería destruido si continúa la actividad extractiva en marcha sobre un área que abarca su tercio inferior.



La implementación de una estrategia apropiada de adaptación al cambio climático resulta una necesidad ineludible y su buena instrumentación impactará en el futuro desarrollo local.

Por ello, y ante la pérdida total o parcial de la efectividad reguladora del ciclo hidrológico que brindan los glaciares y la nieve estacional surgen preguntas:

- *¿Qué componentes naturales hay en las cuencas con capacidad de regular crecidas?*
- *¿Cuáles son aquellos con la propiedad de retener agua en períodos húmedos y que puedan liberar parte de ella en situaciones de escasez?*
- *¿Cuáles regulan la degradación de las cuencas y favorecen la calidad del agua?*
- *¿Sobre cuáles se puede hacer algo para que no pierdan sus funciones?*

No es posible instrumentar localmente medidas para preservar los glaciares, que responden a cambios de carácter global. En cambio, humedales como la turbera de Carbajal cumplen las funciones requeridas y pueden ser preservados si se aplican políticas en tal sentido.

Este criterio ya fue aplicado por la provincia, cuando con apoyo de la Municipalidad de Ushuaia, propuso como Sitio Ramsar (declarado como tal en 2009) a las turberas del Valle de Andorra, donde se halla la principal fuente de agua de la ciudad. Es necesario entonces afianzar una política de preservación de humedales, como estrategia de adaptación anticipatoria, sobre la base de que ante la pérdida inevitable de sistemas reguladores, aquellos que puedan resguardarse multiplican su valor.

Referencias bibliográficas

- Baumann, M. 2006. Water flow, spatial patterns, and hydrological self regulation of a raised bog in Tierra del Fuego (Argentina). Diploma-thesis (unpubl.), Univ. of Greifswald, Institute of Botany and Landscape Ecology.
- Belyea, L.R. y R.S. Clymo. 2001. Feedback control of the rate of peat formation. R. Soc. of London B 268: 1315–1321.
- Charman, D.J. 2002. Peatlands and Environmental Change, J. Wiley and Sons, Chichester.
- Charman, D.J., R.K. Booth, M. Mäkilä y A. Sirin. 2008. Peatlands and past climate change. En: Parish, F., A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minayeva, M. Silvius y L. Stringer (Eds.): Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: 39–59. Main Report. Global Env. Centre, K. Lumpur y Wetlands International, Wageningen.
- Clymo, R.S., J. Turunen y K. Tolonen. 1998. Carbon accumulation in peatland. Oikos 81: 368–388.
- Craft, C. 2001. Biology of Wetland soils. En: Richardson, J.L. y M.J. Vepraskas (Eds.): Wetland soils: Genesis, hydrology, landscapes, and classification: 107–136. Lewis Publ., Boca Raton, FL.
- Ferone J-M. y K.J. Devito. 2003. Shallow groundwater–surface water interactions in pond-peatland complexes along a Boreal Plains topographic gradient. Journal of Hydrology 292: 75–95.
- Glaser P., D. Siegel, E. Romanovicz, y S. Ping 1997. Regional linkage between raised bogs and the climate, groundwater and landscape of north-western Minnessota. J. of Ecology 85: 3–16.
- Gorham. 1991. Northern Peatlands: role in the Carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecological Applications 1(2): 182–195.
- Grootjans, A., R. Iturraspe, A. Lanting, C. Fritz y H. Joosten 2010. Ecohydrological features of some contrasting mires in Tierra del Fuego, Argentina. Mires & Peat 6: 01–15.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten y S. Page. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.
- Ingram, H.A.P. 1978. Soil layers in mires: function and terminology. J. of Soil Science 29: 224–227.
- Ivanov, K.E. 1981. Water Moviment in Mirelands. Academic Press. Londres.
- Iturraspe, R., R. Sottini, C. Schroder y J. Escobar. 1989. Generación de información hidrológica en Tierra del Fuego. En: Hidrología y Variables Climáticas de Tierra del Fuego: Cont. Cient. 7: 4–170. CADIC, Ushuaia, Argentina.
- Iturraspe, R., M. Gaviño y A. Urciuolo. 1998. Caracterización hidrológica de los valles de Tierra Mayor y Carbajal, Tierra del Fuego. En XVII Cong. Nac. del Agua y II Simp. de Rec. Hídricos del Cono Sur, Santa Fe I: 147–156.
- Iturraspe, R y C. Roig. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego, Argentina. En: A. Coronato y C. Roig (Eds.): Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego, Disertaciones y conclusiones: 85–93. Ushuaia, Argentina.
- Iturraspe, R.J. y A. Urciuolo. 2004. Les tourbieres de la Terre de Feu en Argentine: un patrimoine naturel très menacé. Geocarrefour 79(4): 143–152.

- Iturraspe, R., A. Urciuolo, J. Strelin, R. Iturraspe, S. Camargo y J. Pacheco. 2009. El retroceso del Glaciar Vinciguerra como respuesta al cambio climático en los Andes de Tierra del Fuego, Argentina. En: López Arena y Ramírez Cadena (Comp): Glaciares, nieves y hielos de América Latina. Ingeominas: 61-76. Bogotá.
- Iturraspe, R.J., A. Urciuolo y R. Iturraspe. 2010. Spatial analysis and description of eastern peatlands of Tierra del Fuego, Argentina. Proc. IMCG 12th Biennial Symp., Tammela, Finland 24-26 July, 2006. En prensa.
- Jauhiainen, J. y H. Vasander. 2009. Tropical Peatlands, Dep. Forest Ecology, Helsinki Univ. <http://blogs.helsinki.fi/jyjauhia>
- Joosten, H. y D. Clarke. 2002. Wise use of mires and peatlands. IMCG-IPS, 304 pp.
- Joosten, H. y J. Cowenberg. 2008. Peatlands and Carbon. En: Parish, F., A. Sirin, D.Charman, H. Joosten, T.Minayeva, M. Silvius y L. Stringer (Eds): Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: 99-117. Main Report. Global Env. Centre, K. Lumpur y Wetlands International, Wageningen.
- Köpke, K. 2005. Musterbildung in einem feuerländischen Regenmoor .Thesis Inst. Bot. and Landscape Ecol., Greifswald Univ.
- Mäkilä, M. 1997. Holocene lateral expansion, peat growth and carbon accumulation on Haukkasuo, a raised bog in southeastern Finland. *Boreas* 26: 1-14.
- Moore, T.R. y R. Knowles. 1989. The influence of water table levels on methane and carbon dioxide emission from peatlands soils. *Canadian J. of Soil Science* 69: 33-38.
- Moore, T.R. 1994. Methanemissionen von Mooren in Kanada. *Geographische Rundschau* 46: 322-327.
- Nilsson, M y E. Bohlin. 1993. Methane and Carbon Dioxide concentrations in bogs and fens with especial reference to the effects of the botanical composite of the peat. *J. of Ecology* 81(4): 615-625.
- Parish, F., A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minayeva, M. Silvius, y L. Stringer (Eds.). 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main Report. Global Env. Centre y Wetlands International, Wageningen.
- Rabassa, J., C. Heusser y A.M.J. Coronato. 1989. Peat-bog accumulation rate in the Andes of Tierra del Fuego and Patagonia (Argentina and Chile) during the last 43000 years. *Pirineos* 133: 113-122.
- Roig, C. y L. Collado. 2004. Carbajal – Tierra Mayor, Provincia de Tierra del Fuego. En: D. Blanco y V. De la Balze (Eds.). Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y conservación de la biodiversidad. Wetlands International, publicación No. 19, Buenos Aires.
- Rydin, H. y J.K. Jeglum. 2006. The biology of peatlands. Oxford University Press.
- Strelin, J. y R. Iturraspe. 2007. Recent evolution and mass balance of Cordón Martial glaciers, Cordillera Fueguina Oriental. *Glob. Planet. Change* 59: 17-26.
- Tolonen, K. y J. Turunen. 1996. Accumulation rates of carbon in mires in Finland and implications for climate change. *The Holocene* 6: 171-178.
- Turunen, J., N. Roulet, T. Moore y P.J.H. Richard. 2004. Nitrogen deposition and increased carbon accumulation in ombrotrophic peatlands in eastern Canada. *Global Biogeochemical Cycles* 18:10.1029/2003 GB002154.
- Van der Schaaf, S. 1999. Analysis of the hydrology of raised bogs in the Irish Midlands. A case study of Raheenmore Bog and Clara Bog. PhD. Thesis. Wageningen University. 375 pp.

Misión:

Preservar y restaurar los humedales, sus recursos y biodiversidad, para las futuras generaciones.

Mission:

To sustain and restore wetlands, their resources and biodiversity for future generations.

Este libro proporciona una síntesis de las funciones ecosistémicas de las turberas de Tierra del Fuego, en Argentina, con especial énfasis en aquellas que contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático global. El mismo está formulado en términos accesibles para quienes no son especialistas en la materia, aportando información concisa e indicando fuentes para la consulta.

Para mayor información puede visitar nuestro sitio en Internet o contactar nuestras oficinas:

<http://lac.wetlands.org/>

Wetlands International - LAC
Fundación Humedales
25 de Mayo 758 10° I
(1002) Buenos Aires
Argentina
Tel/Fax: ++54 11 43120932
info@humedales.org.ar

ISBN 978-987-24710-4-0



Fundación Humedales



Provincia de Tierra del Fuego,
Antártida
e Islas del Atlántico Sur
República Argentina

SECRETARÍA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE Y AMBIENTE