

# **Turberas: Contribución de emisiones de CO<sub>2</sub> y su regulación en Chile**

## **Participantes:**

**Angélica Lezano**

**David Valenzuela**

**Constanza González**

**María Valladares**



**Fecha: 9 de diciembre 2020**

## Contenido

### Contenido

1	Resumen .....	4
2	Introducción .....	4
3	Objetivos.....	5
4	Metodología.....	5
5	Resultados.....	7
6	Conclusiones.....	12
7	Referencias bibliográficas .....	14
8	Anexos .....	18
	Anexo 1. Contribución Turberas en la NDC 2020 .....	18
	Anexo 2. Registro Inventario de turberas (Elaboración propia).....	19
	Anexo 3. Proyectos de turberas identificados en Chile clasificados por Región y por tipo de proyecto. Basado en Hoja de Ruta de turberas (WCS, 2020) y otras fuentes. ....	22

### Índice de Figuras

Figura 1. Proyectos e inventarios de turberas identificados clasificados por Región y por tipo. (B) Turberas por Región. (C) Turberas dentro del Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Fuente: Elaboración propia. ....	7
Figura 2. Revisión de estudios científicos turberas-carbono-GEI en Chile. ....	7
Figura 3. Mapa conceptual según los Estándares Abiertos para la Conservación del objeto de conservación Turberas. Fuente: Elaboración propia.....	8
Figura 4. Explotación de turberas (musgo exportado y turba concesionada) y pérdida de carbono/CO <sub>2</sub> asociado en comparación con valores de turberas Patagónicas. Fuente: Elaboración propia. ....	10
Figura 5. Cantidad de musgo ( <i>Sphagnum magellanicum</i> ) exportado en Toneladas por año y ganancias asociadas en millones de dólares. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Forestal (INFOR) (tabla 8.4). ....	40
Figura 6. Pérdida de Carbono y emisión de CO <sub>2</sub> asociado a exportaciones de musgo ( <i>Sphagnum magellanicum</i> ). Fuente: Elaboración propia (tabla 8.4). ....	41
Figura 7. Mapa con las turberas inventariadas (Ministerio de Medio Ambiente, 2020), el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado y los proyectos (11) de extracción de turberas identificados en SEA. Fuente: Elaboración propia a partir del inventar.....	42
Figura 8. Fecha de ingreso y número de proyectos de concesión de turberas ingresados en el Servicio de Evaluación Ambiental. Fuente: Elaboración propia a partir de tabla 8.5. ....	44
Figura 9. Volumen total (m <sup>3</sup> ) de concesiones de turberas y vida útil de cada proyecto. En el eje x se indica la localización de la concesión. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Servicio de Evaluación Ambiental. ....	45

Figura 10. Pérdida de Carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a concesiones de turberas. Fuente: Elaboración propia (tabla 8.5)..... 46

## Índice Tablas

Tabla 8.1. Inventarios de humedales, turberas y flora..... 19

Tabla 8.2.. Proyectos de turberas ..... 22

Tabla 8.3. Literatura científica y alcances ..... 29

Tabla 8.4.. Musgo (*Sphagnum magellanicum*) exportado por año (2010-2019) y cálculos de pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Forestal (INFOR)..... 39

Tabla 8.5. Concesiones de turberas identificadas en Servicio de Evaluación Ambiental y cálculos de pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración propia. .... 43

## 1 Resumen

La presente investigación analiza la contribución en emisión de carbono y el marco regulatorio asociado al manejo de turberas en Chile, cuestionando si es posible alcanzar los compromisos adquiridos en la última actualización de la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) de Chile, en la que se mencionan por primera vez, a estos ecosistemas. La NDC compromete: 1) identificar las áreas en donde se encuentren turberas (N°7); y 2) desarrollar métricas que evalúen su capacidad de adaptación/mitigación frente al cambio climático (N°8). Las turberas tienen una capa de materia orgánica rica en carbono almacenado durante miles de años, siendo el principal ecosistema terrestre acumulador de carbono del planeta, por ende, su conservación evitaría la emisión de toneladas de carbono a la atmósfera. Para comprobar dicha emisión, se realiza una revisión del estado del arte de los inventarios, proyectos y estudios científicos sobre turberas en Chile, con el objetivo de conocer cuán sistematizada se encuentra la información. Además, se analizan las perturbaciones que afectan a las turberas y los servicios ecosistémicos relacionados a través de un mapa conceptual basado en los Estándares Abiertos para la Conservación, destacando la extracción de turba y musgo Sphagnum como amenazas principales. Así, se evalúa la pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a dichas amenazas, resultando en pérdidas de carbono actuales bajas, pero con proyectos que a largo plazo pueden cambiar las emisiones del catastro nacional. Finalmente, se identifica el marco regulatorio relacionado, destacando que existen esfuerzos aislados para su conservación pero que la regulación actual promueve su extracción.

## 2 Introducción

Las turberas corresponden a sistemas de humedales caracterizados por la acumulación de una capa de materia orgánica de más de 30-40 cm en su superficie, la cual deriva de material vegetal muerto en estado de semi-descomposición (Díaz et al., 2015). Estas se encuentran en un ambiente de saturación de agua (90%), lo que permite que grandes cantidades de material vegetal y materia orgánica se conserve por miles de años debido a los bajos niveles de oxígeno y bajo pH.

Son consideradas el mayor ecosistema terrestre acumulador de carbono del planeta (Ramsar, 2002), con más de 3 millones de km<sup>2</sup> a nivel mundial y 550 GTn de carbono acumulado, lo que corresponde al 42% del carbono contenido en el suelo (IUCN, 2017). Además, se estima que secuestran 0.37 GTn CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> y tienen un rol principal como reguladores del clima a nivel global (IUCN, 2017).

En Chile, las turberas cubren 3.1 millones de hectáreas, lo que supone un 3.6% de la superficie terrestre nacional, almacenando aproximadamente 4800 Tn de Carbono acumulado durante más de 18,000 años. Esto es 4.7 veces el carbono almacenado en la biomasa aérea de todos los bosques de Chile (Hoyos-Santillán et al., 2019).

En la actualización de la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) de 2020, las turberas son incluidas por primera vez dentro de la sección “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)”, apelando a su valor como ecosistema almacenador y capturador de carbono, a la vez que provee de servicios ecosistémicos relacionados con adaptación al cambio climático. Por otro lado, se ha observado el aumento de amenazas en turberas por cambio de uso de suelo, explotación no sustentable, expansión urbana, entre otros, y además en la NDC se destaca que en Chile existe limitada información sobre estos ecosistemas, en aspectos básicos como la superficie total que ocupan, o la estimación en captura y almacenamiento de GEI, que es lo que aspira a responder el objetivo 7 y 8 de la NDC (Anexo 1).

En este contexto, el presente estudio busca identificar el conocimiento existente en turberas en Chile, en cuanto a inventarios, proyectos y estudios científicos, además de analizar las principales perturbaciones que están amenazando a este ecosistema, y que pueden llegar a transformar un ecosistema almacenador de carbono en uno emisor de Gases de Efecto Invernadero. En base a esta información, se realizará un cálculo aproximado de la pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub> atribuible a la explotación de turberas por exportación de musgo y extracción de turba, para finalmente identificar el marco regulatorio del ecosistema.

### 3 Objetivos

#### *General y específicos.*

Objetivo general: Analizar la contribución en pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub> y la regulación del manejo de turberas en Chile según el compromiso adquirido en los objetivos n° 7 (17) y n° 8 (18) de turberas de la NDC.

#### Objetivos específicos:

- Hacer una revisión del estado del arte de los inventarios, proyectos y estudios científicos sobre turberas en Chile.
- Analizar las perturbaciones y sus efectos en el sistema socioecológico de las Turberas en Chiloé y Magallanes.
- Evaluar la pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a la explotación de musgo *Sphagnum magellanicum* y turba entre los años 2002-2019.
- Identificar el marco regulatorio asociado a las turberas en Chile.

### 4 Metodología

Se realizó una revisión de inventarios y proyectos relacionados con turberas en Chile desde 2003 a 2020, tomando como base la información contenida en la Hoja de Ruta de turberas (WCS Chile, 2020), además de proyectos encontrados en ANID/CONICYT, CORFO y Fundación para la Innovación Agraria. Estos proyectos se clasificaron en base a la localización (región) y al tipo de proyecto (conservación, explotación, cambio climático...) (Anexo 3). Asimismo, se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica en World of Science, utilizando las siguientes palabras clave: ALL=(peatland or turbera) and ALL=(Chile or Patagonia or Magallanes or Aysén or Araucanía or Lagos or Chiloé), acotada entre 2000 y 2020 (Anexo 5).

Para obtener el área correspondiente a turberas en el territorio nacional, se analizaron mediante el software ArcGis archivos públicos de tipo shapefile del Ministerio del Medio Ambiente y tablas de datos de CONAF. A estos se le aplicaron filtros de clasificación para diferenciar entre los distintos tipos de flora, para luego calcular el área de los polígonos resultantes.

Para analizar las perturbaciones que afectan a las turberas, primero se utilizó el marco conceptual que propone Cerón et al. (2019) en su libro "El enfoque de los sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales". Así, se definió como sistema socioecológico al conjunto de elementos ambientales que permiten la presencia de turberas en ciertos ecosistemas y al conjunto de elementos sociales relacionados a su explotación. La interacción entre ambos se entiende a través de los servicios ecosistémicos, los cuales fueron identificados según los artículos mencionados a continuación en complemento al Informe Técnico de Ramsar núm. 3 sobre Valoración de humedales. En consecuencia, para identificar las perturbaciones dentro de dicho socioecosistema se realizó una búsqueda bibliográfica que resultó en la identificación de diferentes documentos, artículos científicos y tesis entre las que destacan el informe realizado por WCS Chile (2020) para la "Hoja de ruta sobre turberas" que está realizando el Ministerio del Medio Ambiente, la tesis de Vaccarezza (2012) realizada en Magallanes y el capítulo sobre turberas en Chiloé de Valenzuela y Schlatter del libro "Turbales de la Patagonia" (Blanco & Balze, 2004). Recopiladas las principales amenazas y sus consecuencias, se utilizó la Guía sobre Estándares Abiertos para la Conservación (CMP, 2013) para ordenar la información en un mapa conceptual que tiene como objetivo destacar el objeto de conservación en cuestión (turberas) e identificar las amenazas y los servicios ecosistémicos que se desprenden de él (Ver Figura 3). En complemento, para sistematizar las principales perturbaciones identificadas, se utilizó la metodología sobre árbol del problema propuesta por la CEPAL (2005), en la cual se identifican las causas y efectos de dichas perturbaciones.

Para cuantificar la pérdida de carbono y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a dos de las perturbaciones más importantes identificadas en el objetivo previo, se realizó una búsqueda de datos de explotación de musgo (*Sphagnum magellanicum*) y de concesiones aprobadas y no calificadas de turba y musgo en el territorio chileno.

En el caso del musgo, se obtuvieron datos de exportación (Ton) entre 2010 a 2019, a partir de los boletines emitidos por el Instituto Forestal (INFOR) sobre exportaciones forestales de productos no madereros en marzo de cada año (Anexo 6). El presente estudio no incluye el musgo destinado a comercio interno debido a que estos datos deben solicitarse al SAG por transparencia (limitación de tiempo), y, además, el registro de extractores de musgo aún está incompleto por ser muy reciente (personal comm.).

Por otro lado, a partir de datos públicos del Servicio de Evaluación Ambiental (Anexo 7), se extrajeron el área, volumen y vida útil de las concesiones aprobadas y no calificadas de turba y musgo, a partir de los cuales se calcularon las Toneladas de turba totales concesionadas (con  $\rho=0.056 \text{ g}_{\text{drypeat}} \text{ cm}^{-3}_{\text{w.b.}}$ ). Estos datos también presentan limitaciones, ya que algunos de los proyectos ingresados al SEA no están aún disponibles en la página web de la institución, pero debido a la limitación de tiempo, no se pudo solicitar por transparencia ni al SEA ni a SERNAGEOMIN. Sin embargo, se pudo corroborar que la superficie concesionada obtenida para el presente estudio corresponde en orden de magnitud con la indicada en documentos del Ministerio de Minería (Ministerio de Minería, 2017).

La metodología utilizada en el cálculo de pérdida de carbono y emisiones de CO<sub>2</sub> asociado a musgo exportado y turba concesionada es una aproximación, obtenida a partir de consulta con expertos. Para realizar la conversión de turba seca a carbono, se asume que esta es principalmente materia orgánica (pérdida en ignición 90%), con un 50% de contenido en carbono (Ecuación 1):

$$Carbon_{peat} = Peat\ mass_{d.w.}(kg) \times Organic\ matter\ fraction\left(\frac{kg_{O.M.}}{kg_{peat\ mass\ dw.}}\right) \times Carbon\ fraction\left(\frac{kg_{carbon}}{kg_{O.M.}}\right)$$

Para estimar el CO<sub>2</sub> a partir del valor de carbono obtenido, se utiliza la siguiente ecuación:

$$CO_2 = Carbono * (masa\ molar\ CO_2 / masa\ molar\ C) = Carbono * (44/12)$$

A continuación, se detallan algunas de las limitaciones del cálculo descrito: asumir que el musgo y la turba poseen igual densidad, contenido de materia orgánica y carbono; asumir que la turba tiene una densidad constante a diferentes profundidades y/o en distintos tipos de turberas; y, además, se está obviando la pérdida indirecta de carbono en el largo plazo asociada a la degradación de la turbera. Para más detalle de los cálculos realizados, revisar Anexo 6 y 7.

Con el objeto de identificar el marco jurídico para el manejo de las turberas en Chile, se realizó una revisión exhaustiva de los cuerpos normativos existentes y de la literatura gris (informes, tesis doctorales, proyectos de ley, planes de manejo, acuerdos internacionales y resoluciones, programas mundiales específicos para turberas). También se revisaron sitios web especializados en turberas, nacionales y extranjeros, revisión de documentos y videos, así como aquellos ministeriales con competencia en el tema. La información, se complementó con entrevistas a expertos/as y a un representante del Ministerio de Medio Ambiente. Se indagó en la experiencia de otros países con respecto al manejo de turberas, sin embargo, de este ítem solo se rescató el proceso de Francia, en miras de aportar a la discusión de los proyectos de ley chilenos en curso.

## 5 Resultados

En la revisión de inventarios (Anexo 2) se observó una leve diferencia de hectáreas medidas entre las bases de datos utilizadas, CONAF estima 3.1 millones de ha y los archivos del MMA se calcula 2.8 millones de ha de turba. De esto se desprende información relevante tal como, que el mayor porcentaje de turberas se encuentran en la región de Magallanes (2.7 millones de ha), seguido por la región de Aysén (44 mil ha) entre otras (Figura 1.B). Además, se obtuvieron resultados que indican la cantidad de hectáreas que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), con un 75% dentro de estas áreas protegidas (Figura 1.C). En relación a los proyectos de turberas revisados, se encontró que la mayoría se localizan en la Región de los Lagos (25), seguido de la R. Magallanes (11) y R. Aysén (7), destacando que Los Lagos pese a poseer una menor superficie de turberas en relación con R. Magallanes, presentó un mayor número de proyectos. En la R. Araucanía no se encontró ningún proyecto (Figura 1.A; Anexo 3). Del total de proyectos (27), son más numerosos aquellos relacionados con innovación/investigación en explotación o comercio de musgo/turba (17), seguido de investigación en cambio climático (8), y posteriormente en conservación (3), educación ambiental (3) y turismo (1) (Figura 1.A; Anexo 3).

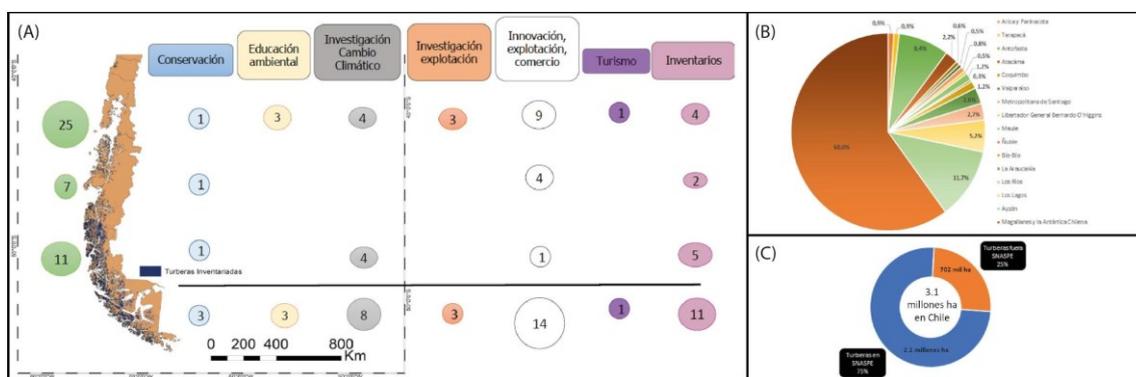


Figura 1. Proyectos e inventarios de turberas identificados clasificados por Región y por tipo. (B) Turberas por Región. (C) Turberas dentro del Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la revisión de literatura científica, se obtuvieron 62 resultados, de los cuales 12 corresponden a turberas en Chile (algunos Chile y Argentina) y carbono/GEI, y se añadieron 7 artículos mencionados en las entrevistas y consultas a expertos (Anexo 5). Estos estudios relacionados con carbono y GEI aparecen a partir de 2011 y la mayor parte corresponden a la Región de Magallanes (8 + 4 estudios Argentina/Chile en Tierra del Fuego), seguido de R. Los Lagos (6) y el Altiplano de los Andes (1) (Figura 2.A). El 60% de las turberas estudiadas son ombrotáficas, seguidas de las antropogénicas, localizadas en Chiloé, que constituyen el 20%, y, además, la literatura científica considera a los bofedales como turberas (Figura 2.B). Los 19 artículos identificados se enfocan en diferentes tipos de estudios como almacenamiento de carbono, tasa de acumulación de carbono o Net Ecosystem Exchange, entre otros (Figura 2.C), siendo el Carbono el elemento más estudiado, seguido de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (Figura 2.D) (ver Anexo 5).

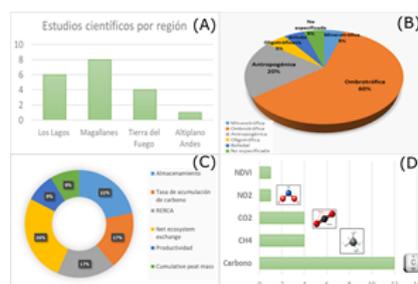


Figura 2. Revisión de estudios científicos turberas-carbono-GEI en Chile.

En relación al análisis sobre las perturbaciones en turberas, se destaca como resultado principal a la Figura 3, en ella se presenta un mapa conceptual en el cual las turberas corresponden al objeto de conservación analizado. Las amenazas directas corresponden a las que se rescataron de la recopilación bibliográfica, siendo la extracción de la turba y del musgo *Sphagnum* las más relevantes ya que para cosecharlos se debe abrir camino y remover toda la superficie vegetal que se encuentre sobre ambos recursos, generando así un enorme impacto ambiental (Zegers et al., 2006). A su vez, la ganadería, el aumento de plantaciones forestales y el cambio de precipitación/temperatura son las siguientes amenazas más influyentes que ponen en peligro la conservación de las turberas (WCS, 2020). Tanto la ganadería como la extracción de turba y musgo, se relacionan directamente a las necesidades económicas que sufre la población circundante, siendo el caso de Chiloé más crítico según el PNUD (2018), teniendo que recurrir así, a la destrucción de sus reservas naturales de agua para subsistir. A su vez, los cambios de uso de suelo que sufre tanto Chiloé como Magallanes junto a la falta de planificación y ordenamiento territorial en Chile promueven que tanto la ganadería como el aumento de plantaciones forestales en la zona se realicen sin regulación. En complemento, la introducción de especies invasoras y la construcción de obras civiles sobre dichos ecosistemas se relacionan directamente a su deterioro por consecuencia del mismo cambio de uso de suelo irregular.

Por otro lado, el cambio de precipitación y temperatura que afecta mayormente a Chiloé, es considerada otra de las amenazas más relevantes. Para Chiloé es clave este punto ya que sus fuentes de agua para consumo humano (entre otros usos) dependen de la precipitación, por ende, si disminuye su frecuencia o intensidad y no cuentan con reservas hidrológicas como las turberas, pueden sufrir consecuencias graves en el manejo de la sequía que ya se comienza a establecer en la zona (Villaroel, 2017). Dicha amenaza se promueve por el cambio climático global, por ende, es fundamental generar conciencia sobre las reservas de agua que tiene cada territorio y sobre su gestión para conservarlas (Iturraspe, 2010).

La Figura 3 indica a su vez, que los servicios ecosistémicos afectados corresponden a la regulación de los ciclos hidrológicos en términos de provisión y depuración de las aguas para consumo humano junto a la regulación de temperatura/humedad claves para luchar contra la sequía en Chiloé y para asegurar condiciones ambientales saludables. Finalmente, el almacenamiento de carbono de estos ecosistemas es crucial, permitiendo conservar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, por ende, regular los impactos del cambio climático tanto a nivel local como a nivel nacional en términos de catástrofes sobre emisiones de carbono (Joosten et al., 2012).

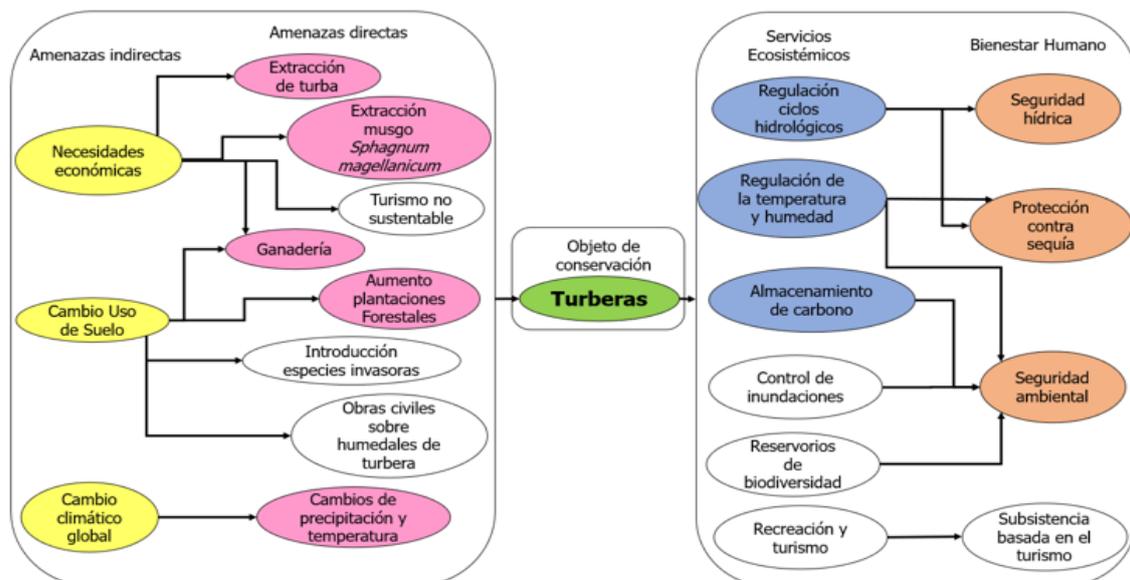


Figura 3. Mapa conceptual según los Estándares Abiertos para la Conservación del objeto de conservación Turberas. Fuente: Elaboración propia.

Las principales amenazas que enfrentan las turberas corresponden a las mencionadas anteriormente, extracción de turba y musgo *Sphagnum*, las cuales tienen como principal objetivo de explotación sus usos como sustrato para cultivo hortícola, frutales y/u orquídeas (empresas agrícolas) a nivel nacional (Ver Anexo 4) (Zegers et al., 2006). Según el mismo autor, en los mercados internacionales, la extracción de musgo es ampliamente conocida por su uso agrícola y para productos absorbentes o material de empaque, generando, por ende, un mercado internacional que fomenta su extracción. Es importante entender que los impactos de ambas amenazas se resumen a la remoción total de la cubierta vegetal, la construcción de canales de drenaje para cosechar la turba/musgo según sea el caso, y la construcción de caminos para el ingreso de maquinaria y de trabajadores. A su vez, los efectos más importantes en el ecosistema producidos por dichos impactos son la disminución del nivel freático y la recarga de acuíferos debido a los canales de drenaje y a la construcción de caminos sobre las turberas, además de la pérdida local de biodiversidad junto a la alteración del clima producto de la remoción de la vegetación sobre las turberas y por consiguiente, la masiva emisión de carbono que se produce por un lado, al remover la vegetación, y por otro, al cosechar la turba que durante millones de años ha estado almacenando carbono atmosférico (Blanco & Balze, 2004).

Una vez identificadas las amenazas directas más relevantes de las turberas en Chile, se procedió a realizar un cálculo aproximado de la pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub>, asociado a la extracción de musgo y turba.

El musgo (*Sphagnum magellanicus*) exportado entre 2010 y 2019 sumó un total de 43,626 Tn, que equivalen a 165 Millones de US\$ (Anexo 6). El año 2019, *Sphagnum* fue el primer producto forestal no maderero en exportaciones (24.5% del rubro) (INFOR, 2019). Aplicando el cálculo de pérdida de Carbono y emisiones de CO<sub>2</sub> descrito en la sección Metodología, se obtuvo un total (promedio) de 19,632 (1,963) Tn de C y 71,983 (7,198) Tn de CO<sub>2</sub> entre 2010 y 2019 en exportaciones de musgo (Anexo 6).

Las concesiones de turberas se encuentran mayoritariamente en la Región de Magallanes (10), con 1 proyecto identificado en la R. de los Lagos (ver Anexo 7: Figura 7). Se encontraron proyectos entre 2002 y 2013, siendo este año el último en el que se ingresaron proyectos al SEA (Anexo 7), con una vida útil entre 10 y 40 años. La explotación del total de turba concesionada, que corresponde a un área de 2055 ha y un volumen de 20.3 Mm<sup>3</sup> (1.14 MTn), equivaldría a una pérdida total de carbono de 0.513 MTn y emisiones de 1.88 MTn de CO<sub>2</sub> (Anexo 7). Es importante destacar, que Chile es un país importador de turba, y la producción nacional cubre un 9.6% del consumo aparente (Ministerio de Minería, 2017).

Por tanto, la perturbación de turberas por extracción de musgo (exportación) y explotación de turba (concesiones) identificadas en el presente estudio (considerando limitaciones mencionadas en metodología), constituye un pequeño porcentaje en función tanto del área (0.07%), pérdida de carbono (0.01%) y emisión de CO<sub>2</sub> (0.01%) al compararlo con el total de turberas Patagónicas (Figura 4). Sin embargo, si continúan estas dos amenazas directas, además de otras perturbaciones no consideradas en el cálculo, potencialmente se pueden llegar a generar grandes emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>) debido al gran almacenamiento de Carbono en las turberas chilenas.

	Total (turberas Patagónicas)	Turba concesionada y musgo exportado	
Área (ha)	3.1 Millones de ha	2055 ha	<b>0.07%</b>
Almacenamiento de Carbono/Pérdida de C	4800 Millones de Tn	0.53 Millones de Tn	<b>0.01%</b>
Almacenamiento de CO <sub>2</sub> /Emisión de CO <sub>2</sub>	17,600 Millones de Tn	1.951 Millones de Tn	<b>0.01%</b>

Figura 4. Explotación de turberas (musgo exportado y turba concesionada) y pérdida de carbono/CO<sub>2</sub> asociado en comparación con valores de turberas Patagónicas. Fuente: Elaboración propia.

### Marco regulatorio asociado a turberas en Chile

Encontramos tres instrumentos internacionales ratificados por Chile para la conservación y gestión sustentable de las turberas: la Convención de Ramsar en 1981, el Convenio de la Diversidad Biológica CDB en 1995 y la Convención Marco sobre Cambio Climático CMNUCC en 1995. Las actualizaciones de estos acuerdos, retoman tanto la evidencia científica que señala a las turberas como importantes sumideros de carbono por su capacidad natural de almacenar GEI, como las consecuencias negativas en el balance neto de carbono, en término de emisiones, debido a su degradación (Ramsar, 2015; CDB 2018). Los acuerdos internacionales a su vez relevan el rol ecológico de las turberas para la adaptación al cambio climático: el almacenamiento de agua dulce, la conservación de la biodiversidad y la reducción del riesgo de desastres (Ramsar, 2018; CDB, 2018).

En el año 2002, la Conferencia de las Partes del Convenio de Ramsar insta a los gobiernos a tomar los “Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas” (Resolución VIII.17, Ramsar, 2002). Por su parte, la CDB formula un enfoque de adaptación al cambio climático basado en ecosistemas en 2009 y divulga estudios de casos (CDB, 2018). A su vez, el Acuerdo de París (2015) refuerza la promoción de la conservación de los sumideros naturales de carbono, adoptada en la CMNUCC de 1992. Estos tratados son dialogantes, relevando un esfuerzo de gobernanza internacional por aunar principios y acciones, así queda de manifiesto la importancia de las turberas para la regulación del cambio climático mundial en la COP 13 del Convenio de Ramsar y la coordinación respectiva con el IPCC para efecto de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero que incluyen humedales (Resolución XIII.12, Ramsar, 2018).

Podríamos avanzar que parte de estos compromisos se expresan en el componente integración de la “Contribución Determinada a Nivel Nacional” de Chile, relativo a tipificar a las turberas como *Soluciones Basadas en la Naturaleza* frente al cambio climático (NDC, 2020). Sin embargo, el marco legislativo actual del país no es idóneo para aplicar un enfoque de conservación al manejo de las turberas (WSC Chile, 2020). Por una parte, la gestión de las turberas se encuentra sectorizada en tres Ministerios: Minería, Agricultura y Medio Ambiente, y por otra, la normativa existente apunta principalmente a regular la explotación de turba y *Sphagnum* como recursos naturales de uso productivo, de manera independiente el uno del otro, desconociendo la integralidad del ecosistema.

En Chile, la turba es considerada un recurso de minería no metálica (art. 5, Código de Minería), de propiedad del Estado, concesionable por particulares para exploración o explotación. Los proyectos de extracción de turba deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA (art. 10, Ley 19.300). De la misma forma, aquellos que contemplen el drenaje de turberas (art. 3, D.S.40/2013, MMA). A partir del 2013, toda extracción de turba es considerada de características industriales (ibid). Cabe señalar, que las concesiones identificadas en el marco de este trabajo son anteriores al año 2013, en este periodo el ingreso de un proyecto de este tipo al SEIA dependía de la

superficie a intervenir y sus características eran atribuidas en función del volumen de extracción (art. 3, D.S. 95/2001, MSGP).

Por su parte el musgo *Sphagnum* es considerado un recurso natural renovable, del tipo fruto natural, sujeto al régimen de la propiedad privada (Berríos; Jirón, 2018). Debido a su sobreexplotación, se establece un Decreto Supremo que regula la cosecha para garantizar la sustentabilidad del recurso (D.S. 25/2018, MINAGRI). Sin embargo, algunos autores señalan que estas indicaciones carecen de sustento científico, no cumpliendo con su objetivo (WSC Chile, 2020; www.miresofchile.cl). Por su parte, el Servicio Agrícola Ganadero, en tanto organismo fiscalizador, no tendría la capacidad para llevar a cabo dicha labor, razón por lo cual se modifica su entrada en vigencia en 18 meses a partir de su publicación (D.S. 111/2018, MINAGRI).

Se evidencia que la normativa vigente no incluye el componente de cambio climático, en término de evaluar el impacto en emisiones de GEI de una turbera degradada por extracción de turba o por explotación de *Sphagnum*. Por otra parte, las emisiones de las turberas no han sido incluidas en el Inventario Nacionales de Gases Efecto Invernadero (Entrevista MMA, 26/10/2020).

Sobre las categorías de protección de turberas, tenemos que a la fecha no existen turberas declaradas *Sitios Ramsar* en Chile, en curso habría cinco sitios de turberas a designar como *Santuarios de la Naturaleza* (Entrevista MMA, 26/10/2020). Las turberas en radio urbano pueden ser reconocidas como *área de protección de valor natural* (Ley de humedales urbanos 21.202). A su vez, las turberas pueden ser declaradas *no explotables* debido a su interés científico por el Ministerio de Minería, como es el caso de aquellas ubicadas en el Parque Karukinka, en Magallanes (www.chile.wcs.org). El hecho que, una turbera se encuentre en un área silvestre protegida, no impide que se puedan solicitar concesiones para su exploración y/o explotación.

### Proyectos de Ley, perspectiva comparada

Con el fin de superar esta disociación legal entre turba y musgo *Sphagnum*, tenemos el *Proyecto de Ley de protección ambiental de las turberas* (Boletín N°12.017-12, 2018). Este proyecto observa el creciente interés en la explotación de turberas y hace énfasis en el valor económico asociado. A su vez reconoce que existe en Chile una explotación no sustentable, tanto del musgo *Sphagnum* como de la turba, que ha llevado a la degradación progresiva de las mismas. La iniciativa busca dar protección a las turberas para preservar sus servicios ecosistémicos, señalando los compromisos internacionales y la contribución de estos ecosistemas a la “regulación de la química atmosférica y de la hidrología” (p.6). En vista de la legislación vigente, propone modificar el Código de Minería, quedando la turba no susceptible de concesión minera, en tanto “recurso natural lentamente renovable” (p.5), y la Ley 19.300, con un nuevo inciso que especifica que los proyectos de extracción de turba y/o de musgo *Sphagnum*, deben presentar un Estudio de Evaluación Ambiental. Así también propone una definición de ecosistema de turbera que integra ambos elementos naturales. Este proyecto ha sido catalogado como perfectible (Entrevista MMA; WSC Chile, 2020)

Paralelo a esta moción, se encuentra en primer trámite un proyecto de ley que lleva por título *Establece, para la provincia de Chiloé, la prohibición de extracción de materiales o productos desde las turberas, y sanciona su infracción* (Boletín N°11672-12, 2018). Esta iniciativa se fundamenta en la crisis hídrica que afecta a la Isla Grande de Chiloé atribuida a la sequía (p.3). Se reconoce la importancia ecológica de las turberas en el almacenamiento y depuración de las aguas, enfatizando el daño que han sufrido estos ecosistemas en la zona por la extracción excesiva del “pompón” (musgo *Sphagnum*). Se establece que las turberas “son importantes para la conservación del agua potable en Chiloé” (p.3), así la ley busca prohibir y sancionar la extracción de *Sphagnum* con el objeto de dar espacio a la recuperación de las turberas en tanto solución a la crisis hídrica y medioambiental que afecta a la población. Así, el componente de adaptación al cambio climático toma fuerza, y urgencia, frente al D.S. 25 del MINAGRI, contemporáneo a esta iniciativa, que solo regula la forma de extracción del musgo.

Ambos proyectos concuerdan en la degradación que afecta a las turberas en Chile, observando la primacía del valor económico sobre el valor ecológico de las mismas, y con ello la necesidad de regular y/o impedir su explotación, en términos del marco jurídico existente.

En perspectiva comparada, tenemos la propuesta de un proyecto de ley francés *Relative aux solutions fondées sur la nature afin de protéger la ressource en eau* (2020). Esta iniciativa busca reforzar la definición legal de los humedales, y del manejo de las turberas, en el Código del Medioambiente, en tanto *solución basada en la naturaleza*, con énfasis en la protección de las fuentes de agua. Así en Francia como en Chiloé, se releva el rol de las turberas para hacer frente a la sequía, atribuida al cambio climático, a modo de garantizar el suministro de agua potable para la población. Y particularmente en el caso francés, se busca preservar la función de las turberas como depósito de carbono, en base a la evidencia del IPCC y de la IUCN sobre emisiones de GEI por degradación de turberas a nivel mundial. El argumento plantea fortalecer las “capacidades naturales de los territorios para almacenar y depurar el agua y de igual forma conservar el carbono secuestrado en el suelo” (p.1), movilizándolo un enfoque de preservación para la resiliencia en contexto de cambio climático, asociado a una política pública de la gestión del agua. Los ajustes al cuerpo normativo proponen principalmente garantizar la restauración de las funcionalidades de los ecosistemas degradados de turberas (p.5) e incluir un principio de no-degradación de los humedales en las políticas públicas y las actividades humanas (p. 6). Así también se incluye en el texto normativo una línea específica a las contribuciones en mitigación y adaptación al cambio climático de los humedales, incluidas las turberas (ibid). Para finalizar, al igual que el proyecto relativo a Chiloé, esta iniciativa propone la prohibición de la explotación de las turberas, sumado a la prohibición de la importación de productos en base a turba, con miras a desalentar su explotación en otros puntos del planeta, en el marco de la reducción de emisiones de carbono a nivel mundial.

## 6 Conclusiones

Este trabajo analizó la contribución en emisiones y el marco regulatorio asociado al manejo de turberas en Chile. Siendo las turberas un objeto de estudio reciente en nuestro país, podemos concluir:

La información disponible sobre turberas relativa a proyectos, estudios científicos e inventarios es desigual entre regiones y se observan principalmente esfuerzos aislados. Se identifica la necesidad de generar mayor conocimiento sobre turberas para sentar la evidencia que oriente su gestión y manejo, incentivando estudios en Araucanía o Aysén, que cuentan con menos datos respecto al resto de regiones con turberas.

Se comprueba que las principales amenazas de las turberas corresponden a la extracción de musgo *Sphagnum magellanicum* y turba debido al fomento de su uso productivo y a la demanda internacional de dichos productos. El incremento sostenido de esta actividad debido a las necesidades económicas de la población circundante, genera impactos que degrada estos ecosistemas a puntos de no retorno. Junto al aumento en la demanda internacional, el mercado indica que se seguirá extrayendo turba y musgo, lo que puede potencialmente generar grandes emisiones de GEI a la atmósfera, sin considerar las consecuencias de la pérdida de servicios ecosistémicos que dicha extracción provoque en los territorios.

Las perturbaciones identificadas están generando cambios en este ecosistema, que almacena 4800 Tn de carbono, y potencialmente pueden llegar a ser una fuente de almacenamiento de GEI. Los cálculos de pérdida de C y emisión de CO<sub>2</sub> asociados a explotación de turba y musgo, realizados en el presente estudio son una aproximación que deben ser mejorados con más datos de diferentes instituciones públicas (SEA, SERNAGEOMIN, SAG). Aún así, nos dan una magnitud aproximada que denota que el impacto aún se mantiene en niveles bajos, lo que ha sido confirmado en las entrevistas a expertos. Sin embargo, es necesaria una acción urgente para detener estas perturbaciones, y el primer paso es dejar de impactar de manera negativa las turberas, enfoque que se está aplicando en Europa. Se recomienda incluir las emisiones de turberas en el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero para efectos de estudio, manejo, conservación y restauración.

Se evidencia que las turberas en Chile responden a dos marcos regulatorios diferenciados, quedando sectorizada su gestión y manejo en tres ministerios. La normativa vigente carece de un enfoque ecosistémico, al disociar la cobertura vegetal de la turbera del proceso de formación de turba, predominando un enfoque de índole productivo que regula la explotación de estos elementos sobre la protección del ecosistema. De ello, surgen iniciativas de ley que buscan subsanar estas falencias, sin embargo al compararlas con el caso francés y en el contexto de los compromisos internacionales,



se observa la necesidad de implementar una política pública para la gestión del cambio climático y/o incluir los ecosistemas acuáticos continentales dentro de una política pública del agua, para así sustentar las reformas legales que buscan dar protección efectiva a las turberas y con ello reducir la vulnerabilidad de los territorios al cambio climático.

Introducir las turberas en la NDC, la confección de una *Hoja de Ruta*, junto con las propuestas de ley que promueven su protección, son señales que indican que Chile está dando pasos hacia la conservación y gestión sustentable de un ecosistema poco estudiado y con gran potencial emisor de GEI.

## 7 Referencias bibliográficas

Assemblée Nationale N°3291. *Proposition de Loi relative aux solcutions fondées sur la nature afin de protéger la ressource en eau*. 25-Agosto-2020 [http://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b3291\\_proposition-loi](http://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b3291_proposition-loi)

Blanco, D. E. y V. M. 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. <https://lac.wetlands.org/publicacion/los-turbales-la-patagonia-bases-inventario-la-conservacion-biodiversidad/>

Berríos, A.; Jirón, X, 2018. Régimen jurídico de los humedales tipo turbera: Sobre la necesidad jurídica de regular la extracción de turba y musgo sphagnum en el Archipiélago de Chiloé. Revisión crítica a alternativas para su regulación. Memoria para optar al grado de Licenciada en Cs. Jurídicas y Sociales.

Broder, T., Blodau, C., Biester, H. et al. Sea spray, trace elements, and decomposition patterns as possible constraints on the evolution of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations and isotopic signatures in oceanic ombrotrophic bogs. *Biogeochemistry* 122, 327–342 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10533-014-0044-5>

Boletín Exportación Productos Forestales no Madereros. 2010-2019. Instituto Forestal (INFOR). <https://wef.infor.cl/publicaciones/publicaciones.php#P6>

Bunsen, MS, Loisel, J. Carbon storage dynamics in peatlands: Comparing recent- and long-term accumulation histories in southern Patagonia. *Glob Change Biol.* 2020; 26: 5778– 5795. <https://doi.org/10.1111/gcb.15262>

Cabezas, J., M. Galleguillos, A. Valde's, J. P. Fuentes, C. Pe' rez, and J. F. Perez-Quezada. 2015. Evaluation of impacts of management in an anthropogenic peatland using field and remote sensing data. *Ecosphere* 6(12): 282. <http://dx.doi.org/10.1890/ES15-00232.1>

Cámara de Diputados, Chile (2020). Proyecto de Resolución n°1318. <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmId=6522&prmTipo=ACUERDO>

Chávez, R.O.; Christie, D.A.; Olea, M.; Anderson, T.G. A Multiscale Productivity Assessment of High Andean Peatlands across the Chilean Altiplano Using 31 Years of Landsat Imagery. *Remote Sens.* 2019, 11, 2955. [https://www.researchgate.net/publication/337876398\\_A\\_Multiscale\\_Productivity\\_Assessment\\_of\\_High\\_Andean\\_Peatlands\\_across\\_the\\_Chilean\\_Altiplano\\_Using\\_31\\_Years\\_of\\_Landsat\\_Imagery](https://www.researchgate.net/publication/337876398_A_Multiscale_Productivity_Assessment_of_High_Andean_Peatlands_across_the_Chilean_Altiplano_Using_31_Years_of_Landsat_Imagery)

Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008. IX/16 Diversidad biológica y cambio climático. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-09/cop-09-dec-16-es.pdf>

Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2018. 14/5 Diversidad biológica y cambio climático <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-05-es.pdf>

Decreto N° 25 Dispone medidas para la protección del musgo *Sphagnum Magellanicum*. Ministerio de Agricultura. Publicación 02-FEB-2018 <http://bcn.cl/2flbn>

DECRETO 111 Modifica decreto supremo n° 25, de 2017, del ministerio de agricultura, en el sentido que indica. Ministerio de Agricultura, 04-AGO-2018 <http://bcn.cl/2mo2n>

Decreto Supremo N° 95/01 Modifica el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República

DECRETO 40 Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. <http://bcn.cl/2f8a8>

Díaz, María F., Wladimir Silva, y Carolina A. León. «Características de los ecosistemas de turberas, factores que influyen en su formación y tipos. » En Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes, de Erwin Domínguez y Débora Vega-Valdés, Cap. 1 p. 27-39. Punta Arenas: Colección de libros INIA N°33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Kampenaike. Centro Regional de Investigación, 2015.

DÍAZ, MARÍA F, TAPIA, CAROLINA, JIMÉNEZ, PATRICIA, & BACIGALUPE, LEONARDO. (2012). Sphagnum magellanicum growth and productivity in Chilean anthropogenic peatlands. Revista chilena de historia natural, 85(4), 513-518. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000400013>

Fritz, C., Pancotto, V.A., Elzenga, J.T.M., Visser, E.J.W., Grootjans, A.P., Pol, A., Iturraspe, R., Roelofs, J.G.M. and Smolders, A.J.P. (2011), Zero methane emission bogs: extreme rhizosphere oxygenation by cushion plants in Patagonia. New Phytologist, 190: 398-408. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03604.x>

Hervé, D. et al. (2011). Estudio jurisprudencial y legal del recurso turba a nivel regional, nacional e internacional. Informe Final. Programa de derecho y política ambiental.

Holl, D.; Pancotto, V.; Heger, A.; Camargo, S.J.; Kutzbach (2019). Cushion bogs are stronger carbon dioxide net sinks than moss-dominated bogs as revealed by eddy covariance measurements on Tierra del Fuego, Argentina. Biogeosciences, 16, 3397-3423. doi: 10.5194/bg-16-3397-2019

Hoyos-Santillan, J., Miranda, A., Lara, Rojas, M., Sepulveda-Jauregui, A. 2019. Protecting Patagonian peatlands in Chile. Science 366: 1207-1208. <https://science.sciencemag.org/content/366/6470/1207>

Hoyos, J.; Moraga, P. (2020) ¿Por qué las turberas se incluyeron en los compromisos de Chile para disminuir los efectos del cambio climático? <http://leycambioclimatico.cl/por-que-las-turberas-se-incluyeron-en-los-compromisos-de-chile-para-disminuir-los-efectos-del-cambio-climatico/>

Iturraspe, R. 2016. Patagonian Peatlands (Argentina and Chile). Universidad Nacional de Tierra del Fuego. <https://www.researchgate.net/publication/310810100>

IPCC, 2019. Resumen para responsables de políticas. En: El cambio climático y la tierra: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (eds.)].

IUCN (2017). Peatlands and climate change. Issues Brief. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/peatlands\\_and\\_climate\\_change\\_issues\\_brief\\_final.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/peatlands_and_climate_change_issues_brief_final.pdf)

Joosten et al. 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation, conservation, rehabilitation and sustainable use. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Wetlands International. <http://www.fao.org/3/a-an762e.pdf>

León, Carolina A., Benitez-Mora, Alfonso, & Oliván, Gisela. (2018). Update of recent rates of carbon accumulation in bogs of Northern Patagonia-Chile. Journal of soil science and plant nutrition, 18(4), 977-988. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005002802>

Ley 18.248 Código de Minería. Ministerio de Agricultura. Publicación 14-OCT-1983 <http://bcn.cl/2fcpf>

Ley 19300 Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 09-mar-1994 <http://bcn.cl/2f707>



Ley 21202. Modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos. Ministerio del Medio Ambiente. 23-ENE-2020 <http://bcn.cl/2fff9>

Loisel, J., and Z. Yu (2013), Surface vegetation patterning controls carbon accumulation in peatlands, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5508–5513, doi:10.1002/grl.50744.

Loisel, J., and Z. Yu (2013) Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia, *Quaternary Science Reviews*, Volume 69, 125-141, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.02.023>.

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

Loisel J and Bunsen M (2020). Abrupt Fen-Bog Transition Across Southern Patagonia: Timing, Causes, and Impacts on Carbon Sequestration. *Front. Ecol. Evol.* 8:273. doi: 10.3389/fevo.2020.00273

Lopatin, J., Teja Kattenborn, Mauricio Galleguillos, Jorge F. Perez-Quezada, Sebastian Schmidlein (2019) Using aboveground vegetation attributes as proxies for mapping peatland belowground carbon stocks. *Remote Sensing of Environment*. Volume 231, doi: 10.1016/j.rse.2019.111217.

Mathijssen, Paul J.H., Mariusz Gałka, Werner Borcken, Klaus-Holger Knorr (2019). Plant communities control long term carbon accumulation and biogeochemical gradients in a Patagonian bog. *Science of The Total Environment*, Volume 684, 670-681, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.310

Ministerio de Medio Ambiente y Wildlife Conservation Society Chile (por publicar). 2020. Diseño de una hoja de ruta para la conservación y gestión sustentable de turberas de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente, Chile. 2020. NDC, Contribución Determinada a Nivel Nacional. Actualización 2020. 2020. [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf)

Ministerio de Medio Ambiente. 2016. Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA3). <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf>

Ministerio de Minería, 2017. Potencial de la turba en la minería no metálica en Chile.

Naciones Unidas (2015). Acuerdo de París. [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

Naciones Unidas (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

PNUD (2018). Desigualdad regional en Chile. Ingresos, salud y educación en perspectiva territorial. Santiago de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://annualreport.undp.org/2018/es/>

Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señoras Goic, Aravena y Órdenes, y señores Chahuán y De Urresti, sobre protección ambiental de las turberas. Boletín N° 12.017-12 (2018) [www.camara.cl](http://www.camara.cl)

Proyecto de Ley Establece, para la provincia de Chiloé, la prohibición de extracción de materiales o productos desde las turberas, y sanciona su infracción. Boletín N° 11672-12 (2018) <https://www.camara.cl/legislacion/ProyectosDeLey/tramitacion.aspx?prmID=12192&prmBL=11672-12>

Ramsar, 2002. Resolución VIII-14, Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales. <https://www.ramsar.org/es/documento/nuevos-lineamientos-para-la-planificacion-del-manejo-de-los-sitios-ramsar-y-otros-0>



Ramsar, 2002. Resolución VIII.17 Lineamientos para la acción mundial sobre las turberas. [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/res/key\\_res\\_viii\\_17\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/res/key_res_viii_17_s.pdf)

Ramsar, 2015. Resolución XII.11 Las turberas, el cambio climático y el uso racional: implicaciones para la Convención de Ramsar. [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/cop12\\_res11\\_peatlands\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/cop12_res11_peatlands_s.pdf)

Ramsar, 2018. Resolución XIII.12 Orientaciones para identificar turberas como Humedales de Importancia Internacional (sitios Ramsar) para la regulación del cambio climático mundial como argumento adicional a los criterios existentes de Ramsar [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/xiii.12\\_identifying\\_peatlands\\_ramsar\\_sites\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/xiii.12_identifying_peatlands_ramsar_sites_s.pdf)

Ramsar, 2018. Resolución XIII.13 Restauración de turberas degradadas para mitigar el cambio climático y adaptarse a este y mejorar la biodiversidad y la reducción del riesgo de desastres [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/xiii.13\\_peatland\\_restoration\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/xiii.13_peatland_restoration_s.pdf)

Vaccarezza, F. 2012. Gestión ambiental de turberas en Magallanes (Chile). Facultad de geografía e historia. Universidad de Barcelona. <http://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/889>

Valdés-Barrera, A., Kutzbach, L., Celis-Diez, J.L. et al. Effects of disturbance on the carbon dioxide balance of an anthropogenic peatland in northern Patagonia. *Wetlands Ecol Manage* 27, 635–650 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11273-019-09682-3>

Van Belen, s., Mauquoy, D., Hughes, P.D.M., Roland, T.P., Daley, T.J., Loader, N.J., Street-Perrott, F.A., Rice, E.M., Pancotto, V.A., Payne, R.J. (2016) Late-Holocene climate dynamics recorded in the peat bogs of Tierra del Fuego, South America. *The Holocene*, 26, 3, doi:[10.1177/0959683615609756](https://doi.org/10.1177/0959683615609756)

Veber, Gert, Kull, A., Jorge A. Villa, Martin Maddison, Jaanus Paal, Tõnu Oja, Rodolfo Iturraspe, Jaan Pärn, Alar Teemusk, Ülo Mander, 2018 Greenhouse gas emissions in natural and managed peatlands of America: Case studies along a latitudinal gradient, *Ecological Engineering*, Volume 114, 34-45, doi: [10.1016/j.ecoleng.2017.06.068](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.068).

Villarroel, F. 2017. Diagnóstico de la gestión actual del recurso hídrico y propuestas para un manejo sostenible y una Gestión Integrada del Agua (GIA) en el Archipiélago de Chiloé. Facultad de economía y empresa, Universidad de Zaragoza. <https://chiloe.omeka.net/items/show/279>

Villela, D. 2017. Potencial de la turba en la minería no metálica en Chile. Ministerio de Minería, Chile. <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20Turba%20VF.pdf>

Zegers et al. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de Sphagnum en la Isla Grande de Chiloé. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*. 22(1): 28-34. <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1389>

## 8 Anexos

### *Anexo 1. Contribución Turberas en la NDC 2020*

#### **6.2.2.2 Turberas**

Los humedales son ecosistemas reconocidos por la gran cantidad de carbono que son capaces de capturar y almacenar, proveyendo además otros importantes servicios ecosistémicos relacionados a la adaptación al cambio climático, entre los que destacan el filtrado y mantención de la calidad de agua, regulación del flujo de agua, reducción de ocurrencia de inundaciones y regulación de las temperaturas en áreas aledañas. Actualmente, existe limitada información respecto a la superficie total de humedales, incluyendo las turberas, y de las estimaciones del aporte en términos de captura y almacenamiento de GEI. Asimismo, los humedales, especialmente los costeros, urbanos y turberas se encuentran altamente amenazados por el cambio de uso de suelo, la explotación no sustentable, la expansión urbana y su infraestructura, y los efectos del cambio climático, lo que pone en riesgo su sustentabilidad a largo plazo. De igual forma, se requiere avanzar en el conocimiento de estos ecosistemas y establecer métricas estandarizadas para la evaluación de sus capacidades de adaptación o mitigación al cambio climático, así como, medir los co-beneficios de las áreas, implementando acciones para su conservación y uso sustentable. Sobre esta base, el país establece los siguientes compromisos:

#### **Contribución en Integración – UTCUTS - Turberas N°7 (I7)**

I7) Al 2025, se habrán identificado las áreas de turberas, así como otros tipos de humedales, a través de un inventario nacional.

#### **Contribución en Integración – UTCUTS - Turberas N°8 (I8)**

I8) Al 2030, se habrán desarrollado métricas estandarizadas para la evaluación de la capacidad de adaptación o mitigación al cambio climático de humedales, especialmente turberas, implementando acciones para potenciar estos co-beneficios, en cinco sitios pilotos en áreas protegidas públicas o privadas del país.

## Anexo 2. Registro Inventario de turberas (Elaboración propia).

Tabla 8.1. Inventarios de humedales, turberas y flora

Fuente	Área [ha]	Año reporte	Áreas Protegidas [ha]	Metodología	Limitaciones
Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile - CONAF, CONAMA, BIRF. (UACH, PUC, PUC, UCT)	4.498.060,7	1999	3.464.585,8	No Descrita	Centrado principalmente en bosques
Catastro y Caracterización de los Turbales de Magallanes (Ruiz & Doberti LTDA)	2.270.126	2005	1.896.092	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localización cartográfica, imágenes y fotogramas.</li> <li>Muestreo zonas específicas</li> </ul>	Solo Región de Magallanes
Catastro de uso suelo y vegetación. (CONAF, CONAMA)	3.166.489,6	2006		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotografías ortorectificadas.</li> <li>Método COT- Carta de Ocupación de Tierra.</li> <li>Contraste de shapefiles</li> </ul>	Solo la Región de Magallanes y la Antártica.
Turberas Productoras de Musgo en la Región de los Lagos (GeoSoluciones)	90.000	2007		<ul style="list-style-type: none"> <li>Imágenes satelitales georeferenciadas, imágenes multiespectrales.</li> <li>Clasificación en terreno</li> <li>generación de polígonos (shapefiles).</li> </ul>	Estudio Privado, centrado solo en la Región de los Lagos
Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en	9.231	2008		<ul style="list-style-type: none"> <li>Recopilación bibliográfica</li> <li>Análisis espacial de imágenes satelitales,</li> </ul>	Reservas Explotables Chiloé

Chiloé, Región de los Lagos. (SERNAGEOMIN-Gobierno Regional de Los Lagos)				mediante fotointerpretación.	
Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes (Instituto de investigaciones agropecuarias-Ministerio Agricultura. Domínguez, E; Vega, D)	2.103.274	2015	1.703.909	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recopilación bibliográfica en torno a hitos cartográficos.</li> <li>● Análisis espacial de imágenes satelitales, mediante fotointerpretación.</li> </ul>	Región de Magallanes y Antártica
Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile - CONAF	3.600.000	2017	2.093.437,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recopilación bibliográfica</li> <li>● Análisis imágenes satelitales</li> <li>● Actualización de cartografía</li> </ul>	Nivel Nacional
Catastro y levantamiento geológico de reservas explotables del recurso turba en Chiloé, Región de los Lagos. (SERNAGEOMIN-Gobierno Regional de Los Lagos)	9.231	2008		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recopilación bibliográfica</li> <li>● Análisis espacial de imágenes satelitales, mediante fotointerpretación.</li> </ul>	Reservas Explotables Chiloé
Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes (Instituto de investigaciones agropecuarias-Ministerio Agricultura. Domínguez, E; Vega, D)	2.103.274	2015	1.703.909	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recopilación bibliográfica en torno a hitos cartográficos.</li> <li>● Análisis espacial de imágenes satelitales, mediante fotointerpretación.</li> </ul>	Región de Magallanes y Antártica



*Anexo 3. Proyectos de turberas identificados en Chile clasificados por Región y por tipo de proyecto. Basado en Hoja de Ruta de turberas (WCS, 2020) y otras fuentes.*

Tabla 8.2.. Proyectos de turberas

Nombre	Año	Institución	Localización	Tipo de financiación	Financiación (en Millones de pesos chilenos)	Cambio climático/Conservación/Explotación
Hoja de ruta	2020	Ministerio de Medio Ambiente y Wildlife Conservation Society	Chile	Ministerio de Medio Ambiente	-	Conservación y gestión sustentable
Red de monitoreo de carbono, metano y otros gases de efecto invernadero en los bosques y turberas más australes del mundo	2020	Instituto de Ecología y Biodiversidad	X	FONDEQUIP- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación	400	Investigación-Cambio Climático
Carbon dynamics in Patagonian peatlands: are beavers transforming carbon sinks into net carbon sources?	2020	Universidad de Magallanes	XII	FONDECYT	-	Investigación-Cambio Climático
Sendero Agroecológico Notuco (Chonchi)	2019	Corporación Centro de Educación y Tecnología	X	Fondo de Protección Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente)	-	Educación ambiental

Plataforma de Inventario de Humedales de Chiloé como una Herramienta de Planificación Estratégica para el Desarrollo de Destinos Turísticos Sustentables	2016	Universidad Austral	X	CORFO Proyecto Innova CORFO Bien Público Estratégico Regional para la Competividad	-	Turismo
Producción de macetas biodegradables a partir de residuos de musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> y celulosa reciclada: desarrollo de nuevos productos desde la Región de Los Lagos para el mundo	2016	Universidad Santo Tomás	X	GORE FIC X Región	96.6	Innovación-Comercialización
Restoration Techniques in Sustainable Harvesting of Sphagnum Moss, Is It Possible to Stimulate the Establishment and Growth of Moss After Harvest?	2015	Universidad Bernardo O'Higgins- Fundación Senda Darwin	X	FONDECYT	90.6	Investigación-cosecha-sustentabilidad
Comics Turberas y Cuento El paraíso de Rilán	2014	Universidad Bernardo O'Higgins	X	Explora CONICYT	-	Educación Ambiental
Greenhouse gas budget of an old-	2013	Universidad de Chile	X	FONDECYT	203.3	Investigación-Cambio Climático

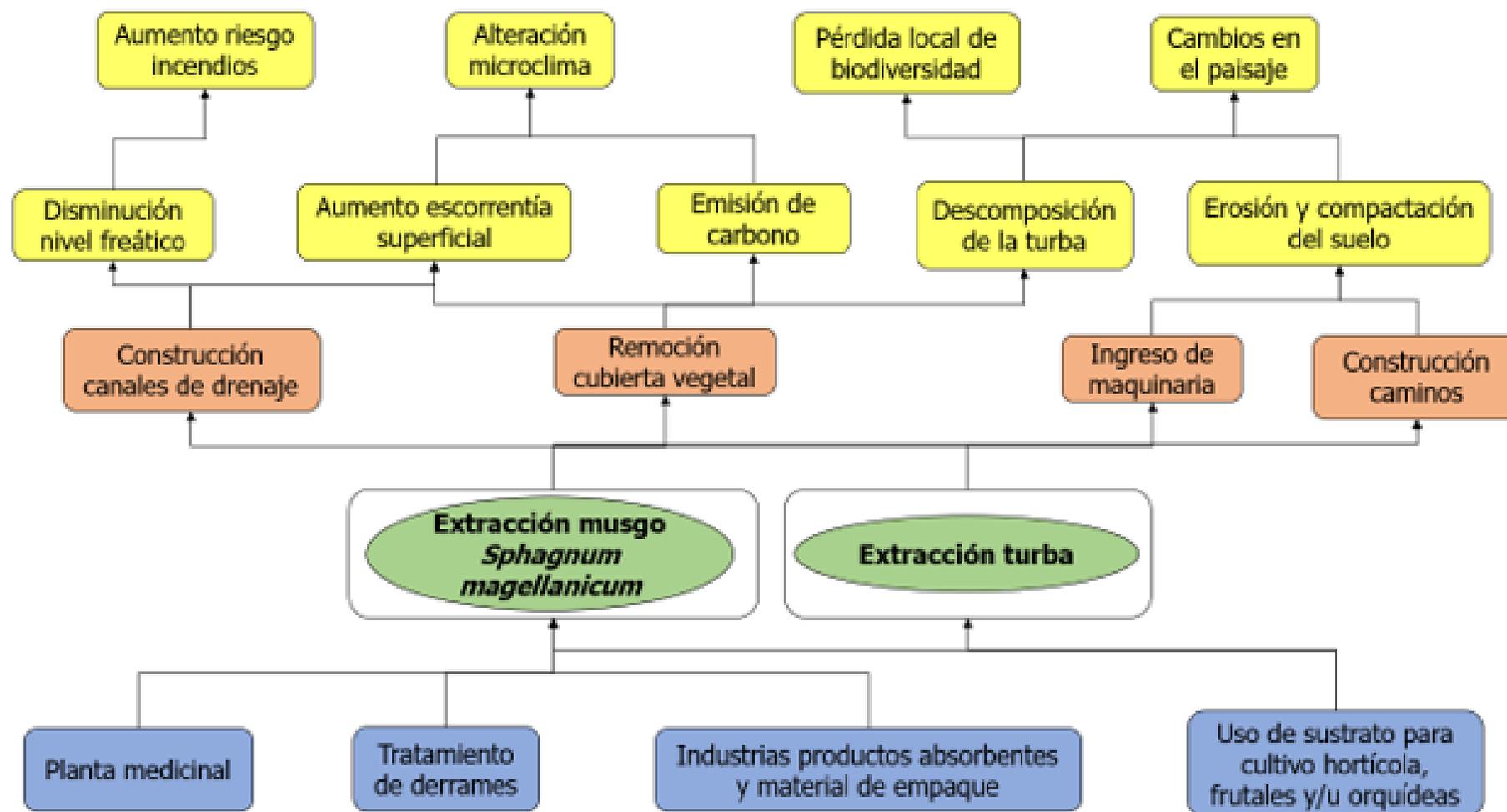
growth forest and a secondary peatland in North Patagonia						
Servicios Ecosistémicos de Turberas: un aporte de Tierra del Fuego para el Mundo	2012	Wildlife Conservation Society	XII	Explora CONICYT	-	Investigación
Generación de Valor a partir de Musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> , una nueva Alternativa para la Nutrición	2012	Universidad Católica de Valparaíso	X	FONDEF	-	Investigación-explotación
Plan Piloto de Producción Artificial del Musgo <i>Sphagnum</i>	2012	Universidad de La Frontera	-		-	Innovación-producción
Desarrollo de un nuevo proceso y producto utilizando residuos de <i>Sphagnum magellanicum</i>	2012	Décima Ingeniería Ecológica y Sistemas S.A.	X y XI	FIA	260.5	Innovación-Extracción
Turismo con lupa en turberas de la Isla Grande de Chiloé-chile: educación, conservación y desarrollo local	2012	Comité Productivo: Mirando Hacia el Campo	X	Fondo de Protección Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente)	4.6	Educación ambiental
Plan piloto de producción artificial del musgo <i>Sphagnum</i>	2012	Universidad de la Frontera	X, XI y XII	FIA	186.4	Innovación-Producción

Plan de manejo sustentable y modelo de fiscalización para humedales con predominio del musgo pompón ( <i>Sphagnum magellanicum</i> ) en las Provincias de Llanquihue y Chiloé	2011	Universidad Santo Tomás	X	GORE FIC Región X	-	Innovación-extracción
Conservación de turberas en la Isla Grande de Chiloé-Chile: una alternativa de mitigación frente al cambio climático y una oportunidad de negocio para pequeños agricultores	2010 y 2011	Universidad Bernardo O'Higgins	X	AECID	-	Investigación-Cambio climático
Uso sostenible de turberas en la Isla Grande de Chiloé-Chile: una aportación a la lucha contra el cambio climático y una posibilidad de desarrollo local".	2010		X	Proyecto de Cooperación al Desarrollo UCM 4138114,	-	Investigación-Cambio climático
Prospección y Difusión Tecnológica para la Extracción Sustentable de Musgo ( <i>Sphagnum</i> sp.) en Chile	2009	Universidad Santo Tomás	X	INNOVA CORFO	-	Innovación-Extracción

Capacidad de retención de agua y carbono de los turbales de la Patagonia Chilena: Evaluando la vulnerabilidad de este reservorio de agua y carbono al cambio climático	2009	CIEP	XII	-	-	Investigación-Cambio Climático
Bases ambientales, jurídicas y comerciales para el desarrollo sustentable de las turberas de Magallanes	2009	INIA Kampenaike	XII		-	Investigación
Misión tecnológica del sector productivo de turba a Irlanda del Sur	2008	Universidad Santo Tomás	X	CORFO	17.2	Innovación-comercialización
Sphagnum Moss Harvesting in Southern Chile: Assessment of Factors That Determine Growth Rates to Improve Sustainability of Harvesting Practice	2008	Universidad Nacional Andrés Bello	X	FONDECYT	46.6	Investigación-cosecha
Proyecciones comerciales y manejo sustentable del musgo Pon Pon en la comuna de Los Muermos	2007	Ilustre Municipalidad de Los Muermos	X	FIA	-	Innovación-Comercio/Manejo sustentable

Mejoramiento de la competitividad del musgo <i>Sphagnum</i> como recurso renovable en la X región	2005	Fundación Senda Darwin	X	COPEC Universidad Católica	-	Innovación-Extracción
Evaluación cuantitativa y cualitativa del musgo <i>Sphagnum</i> sp. como forma de conocer su uso, manejo y protección, en la comuna de Tortel, XI Región	2004	Universidad Austral	XI	FIA	116.7	Innovación-Extracción/Manejo sustentable
Captura Tecnológica en el Tema de Cultivos bajo Plástico, con Invernaderos Calefaccionados y Manejo de <i>Sphagnum</i> Moss en las Regiones X y XI	2003	Asociación Gremial Agrícola, Ganadera y Maderera de Tortel	X y XI Regiones	CORFO-FIA	-	Innovación-Extracción

### Anexo 4. Árbol del problema



## Anexo 5. Literatura científica turberas en Chile y estudios de carbono/GEI (Elaboración propia).

Tabla 8.3. Literatura científica y alcances

Estudio	Localización	Tipo de turbera	Intervenido/no intervenido	Tipo de medición (flujo, almacenamiento, captura)	Elemento/Gas medido	Metodología	Serie de tiempo/Edad turbera	Duración de medición	Resultados	Año del estudio	Institución del primer autor	Institución de co-autores
Loisel et al. 2020	Región de Magallanes y porción de Tierra del Fuego (Argentina)	Turberas (fenómeno androgámico)	No se indica	Densidad del carbono-suelo Tasa de almacenamiento de carbono	Carbono	Cores/análisis geoquímicos-estratigráficos	Age: 15,550 a 1450 años calibrados antes del presente	No aplica	Mediana de la densidad de carbono en <i>Sphagnum</i> 141 kgCm <sup>2</sup> (el doble que no <i>Sphagnum</i> ) <i>Non-Sphagnum</i> 56 kgCm <sup>-2</sup> Accumulation rates= 19gC m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> para bogs y 5 gCm <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> fens	2020	Texas A&M University (Estados Unidos)	-

									Mediana de la profundidad= 4.52 m (min 2.90 m y máximo 7.70m).			
Bunse n et al., 2020	Puerto Natales (R. Magallanes) Mercedes Peatland (MP: 51.75°S, 72.85°W) and Beef-Penguin Peatland (BP: 52.06°S, 71.94°W).	Peat bogs-ombrotr ófica: <i>Sphagnum magellanicum</i>	No se indica	Cumulative peat mass Recent rate of carbon accumulation (RERCA)	Carbono	Cores (50cm)	Edad: 13,065 BP hasta la actualidad	No aplica	Cumulative peat mass 50 years BP = 0.8 g cm <sup>-2</sup> y MP = 0.75 g cm <sup>-2</sup>  Rate of carbon accumulation 50 years AD BP 80.45 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> MP 75.04 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	2020	Texas A&M University (Estados Unidos)	-
Valdés - Barrera et al., 2019	Northern Patagonia - Chiloé Island - Senda Darwin Biological Station 41°52'S 73°40'E Región de Los Lagos	Turbera antropogénica <i>Sphagnum</i>	Parte no intervenida (30-40 años)  Parte intervenida por ganadería y extracción de musgo <i>Sphagnum</i>	Intercambio de gases (Annual net ecosystem exchange)	CO <sub>2</sub>	Eddy covariance	Abril 2015 a Octubre 2016	18 meses	No intervenida por 30-40 años: Sumidero (NEE = - 135 ± 267 g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )  Intervenida por ganadería	2019	Universidad de Chile	- Universität Hamburg (Alemania) -Pontificia Universidad Católica de Valparaíso -Instituto de

									y extracción de musgo <i>Sphagnum</i> (NEE = - $33 \pm 111 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ).  Valores muy bajos comparad o con turberas del Hemisferio Norte: sin intervenir - 980 to - 560 g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> en Polonia. Intervenid as 895 to 2431 g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>		Ecología Y Biodiversi dad (Santiago) -Pontificia Universid ad Católica de Chile - Universid ad de Concepció n	
Chavez et al. 2019*	Turberas de los Altos Andinos 3700 m.a.s.l., and between 17.3°S and 24.0°S and 70.0°W and 66.8°W.	Bofedales <i>Distichia muscoide</i> s, <i>Oxychloa andina</i> , and <i>Patosia clandestine</i>	No se indica	Inventario y Productividad a través de variables NDVI (satellite-derived normalized difference	NDVI	Sensores remotos	1986-2017	31 años	5665 peatland units 510 km <sup>2</sup>  Productividad media = 3.96 (NDVIsum)	2019	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Universidad Austral de Chile CR2 University of Arizona

				vegetation index)								
Mathijssen et al. 2019	Sky1; 52°30'S, 72°07'W Southern Patagonia Magallanes	Turbera ombrotrofica	No se indica	Acumulación de turba y carbono dependiendo de comunidades de plantas. Descomposición de materia orgánica. Química de agua de poro (CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub> )	Carbono	Cores	Edad: 13,000 años	No aplica	Acumulación de turba y carbono a largo plazo (peat moss > cushion plant) Descomposición de material orgánica (cushion plant>peat moss) Producción metano (Peat moss > cushion plant) CO <sub>2</sub> : 0.1-0.4 mmol L <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> : 36-203 umol L <sup>-1</sup> )	2019	Institute of Landscape Ecology (Germany)	University of Lodz (Polonia) University of Bayreuth (Alemania)
Lopatin et al., 2019	Senda Darwin Norte de Isla grande de Chiloé, Región de Los Lagos	Turbera antropogénica	No intervenido e intervenido (musgo y ganado)	Almacenamiento de Carbono bajo tierra	Carbono	Sensores remotos	Enero a Abril 2014	4 meses	3.07-24.91 kg m <sup>-2</sup>	2019	Institute of Geography and Geoecology (Germany)	University of Chile Instituto de Ecología y Biodiversidad

Holl et al., 2019*	Tierra del Fuego (Argentina) 54.83° S, 68.45°W	Cushion bogs and moss-dominated ombrotrophic	No se indica	Flujos de CO <sub>2</sub> (Net ecosystem exchange fluxes NEE)	CO <sub>2</sub>	Eddy covariance	Enero 2016 a Mayo 2018	>2 años	NEE-C cushion bog = -122 ± 76 g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> NEE-C moss-dominated bog = -27 ± 28 gm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>  Cushion bog takes up 4.5x more CO <sub>2</sub> than the moss-dominated bog ( <i>Sphagnum</i> ), resulting from twice as much photosynthetic uptake and only 80% higher respiratory and CO <sub>2</sub> loss.	2019	Universität Hamburg	Centro Austral de Investigaciones Científicas (Argentina) Universidad de Tierra del fuego (Argentina) Secretaría de Estado de Ambiente, Desarrollo Sostenible y Cambio Climático (Argentina)
León et al., 2018	Isla Grande de Chiloé (42°-43°S and 75°-73°W)	<i>Sphagnum magellanicum</i>	No se indica	Recent accumulation rates of carbon - 100 años	Carbono	Cores y perfiles superficiales (30cm) -	Últimos 100 años	No aplica	Antropogénica: 107.34 ± 113.9 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	2018	Universidad Bernardo	Universidad Complutense de Madrid

		Antropogénica y natural							Natural: 78.33±77.1 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> ).		O'Higgins	
Veber et al., 2018*	Mundial Tierra del Fuego, Argentina Haruwen (S54°44'07.6", W67°54'40.5") Vega Esperanza (S54°21'26.8", W67°45'22.7")	Ombrotrofica natural en Haruwen Managed Minerotrofica en Vega Esperanza	Natural y manejada	Intercambio de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y NO <sub>2</sub>	Closed static chamber method (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O)	19-24 Noviembre 2014	5 días	CO <sub>2</sub> -C Natural=26.8 mgCm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> Manejada=50-100 mgCm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> -C Natural=~200 ug m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> Manejada=~600-700 ug m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>  NO <sub>2</sub> -N Natural: ~0 gm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> Manejada: ~0 gm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	2017	University of Tartu (Estonia)	Corporación Universitaria Lasallista (Colombia) National University of Tierra del Fuego (Argentina) Keele University (UK) University of Birmingham (UK)
INIA (2016) Loisel	Patagonia	Turberas	No se indica	Tasas de acumulación de carbono promedio en Holoceno	Carbono	Cores	No aplica	No aplica	Promedio: 17.1 +- 2.9 g C m <sup>2</sup> año <sup>-1</sup> Tendencia creciente a lo largo del Holoceno de 7.8 gm <sup>2</sup> año <sup>-1</sup> hace 12.000 años a 19,8	2015	INIA Punta Arenas	INIA Osorno Universidad de Magallanes Departamento de Gestión y Ordenamiento Territorial del Gobierno

									g C m <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> hace 1.000 años Espesor de 5.49m 12370 años Densidad promedio de C orgánico es 154 kg C m <sup>-2</sup> , Reserva de C de 6.9 billones de Tn Patagonia Austral = 45,000 km <sup>2</sup> equivalent e al 1-2% del mundo			Regional de Magallane s y Antártica Chilena Punta Arenas. Universid ad de La Serena Universid ad de Concepció n Universid ad Central (Santiago) Secretaría Regional Ministeria l de Agricultur a de Magallane s
Van Bellen et al. 2016	Karukinka -69.5764 -53.8600 Pulpito -73.7814 -42.7583 Tierra Australis -67.7707 -54.6162	Ombrotr ófica	No se indica	Cumulative peat mass (CM) Recent rate of carbón accumulati on (RERCA)	Carbono	Cores	No aplica	No aplica	CM 50 yr= 0.57, 0.49, 0.74 g cm <sup>-2</sup>  RERCA= 57.48, 49.38, 74.11 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	201 6	Univers idad de Aberde en (UK)	Universit� du Québec Montréal (Canada) University of Southamp ton (UK) Plymouth University (UK)

												CADIC/CNICET (Argentina) University of York (UK)
Lehmann et al., 2016*	Tierra del Fuego, Argentina Valle del Pipo 54° 49'S 68°27'W	Ombrotrofica natural <i>Sphagnum</i> , <i>Empetrum</i>	-	Flujo de gases	CH <sub>4</sub>	Closed chamber technique	Enero 2015	4 días	CH <sub>4</sub> : 13.1±7.4 a 21.8 ±12.1 mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	2016	University of Muenster (Alemania)	Centro Austral de Investigaciones Científicas (Argentina)
Broder et al., 2015	Punta Arenas (Chile) Skyl	Ombrotrofica, natural <i>Sphagnum</i> , <i>empetrum</i>	-	Flujo de gases	CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub>	Técnica de muestreo de gases Static chamber	Marzo y Abril 2010	-	CO <sub>2</sub> : 1.7-2.4 g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> : <3.2 mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	2015	University of Bayreuth (Alemania)	Institute of Geocology (Alemania) University of Guelph (Canada)
Cabezas et al., 2015	Isla Grande de Chiloé Senda Darwin Biological Station(SDBS; 418520S, 738400W)	Turbera antropogénica	Intervenida y no intervenida	Acumulación de carbono	Carbono	Cores y muestreo de vegetación	Enero y Abril 2014	-	11.99 ±0.77 kg C m <sup>-2</sup> , which is smaller than in natural peatland	2015	Universidad de Chile	Instituto de Ecología y Biodiversidad
León and Oliván 2014	Isla Grande de Chiloé (Región de los Lagos) -74.0000 -42.5000	Oligotróficas	-	Tasa de acumulación de C (RERCA)	Carbono	Cores	-	-	CPM 50 yrs= 0.52-0.88 g cm <sup>-2</sup> RERCA = 50.38-87.57 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	2014	Universidad Bernardo O'Higgins	Universidad Complutense de Madrid (España)

Loisel and Yu 2013	Patagonia, Chile and Argentina Latitud (S) 54.75 54.62 54.87 52.07 Longitud (_W) 68.33 67.77 67.28 72.03	<i>Sphagnum magellanicum</i>	-	Almacenamiento de carbono	Carbono	Cores	-	-	Mean soil carbon density 168 +- 17 kg C m <sup>-2</sup> Total carbon pool = 7.6 GtC	2013	Lehigh University (Estados Unidos)	-
Loisel and Yu 2013	Ushuaia, Argentina (54°47'S, 68°14'W). Punta Arenas in Chile (53°10' S, 70°56'W)	<i>Sphagnum magellanicum</i>	-	Tasas de acumulación de carbono	Carbono	Cores	January 2010	-	Cerro Negro (Chile): 19 ± 8.7 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> Harberton (Ushuaia) 92 ± 6.3 g C m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	2013	Lehigh University (Estados Unidos)	-
Diaz 2012	Puerto Montt 41° 72°	<i>Sphagnum magellanicum</i>	-	Tasa de crecimiento y productividad	Carbono	-	Agosto 2006 a Julio 2007	1 año	-	2012	Universidad Andrés Bello	Universidad de Chile Surambiente Universidad Austral de Chile
Fritz et al., 2011*	Argentina, Tierra del Fuego	Ombrotórico, natural, <i>Astelia</i> , <i>donatia</i> , <i>sphagnum</i>	-	Flujos de gas	CH <sub>4</sub>	Cromatografía de gases	Diciembre 2008, Febrero 2009, Marzo 2009	-	CH <sub>4</sub> < 1 – 14 mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> (emisión)	2011	Institute for Water and Wetland Research (Países Bajos)	University of Groningen CADIC-CONICET Argentina; Dirección de Recursos Hídricos –



Anexo 6. Cálculos de pérdida de Carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a musgo (*Sphagnum magellanicum*) exportado entre 2010 y 2019.

Tabla 8.4.. Musgo (*Sphagnum magellanicum*) exportado por año (2010-2019) y cálculos de pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Forestal (INFOR).

Año	Exportaciones (Ton d.w.)	US\$ (Millones) FOB	Carbono en exportaciones (Ton)	CO <sub>2</sub> (Ton)
2010	4,797	14.5	2,159	7,915
2011	4,574	14.4	2,058	7,547
2012	4,403	14.4	1,981	7,265
2013	5,325	22.3	2,396	8,786
2014	4,377	19.2	1,970	7,222
2015	3,884	14.5	1,748	6,409
2016	4,176	15.3	1,879	6,890
2017	3,724	14.3	1,676	6,145
2018	3,751	15.3	1,688	6,189
2019	4,615	21.0	2,077	7,615
<b>TOTAL</b>	<b>43,626</b>	<b>165.1</b>	<b>19,632</b>	<b>71,983</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,363</b>	<b>16.5</b>	<b>1,963</b>	<b>7,198</b>

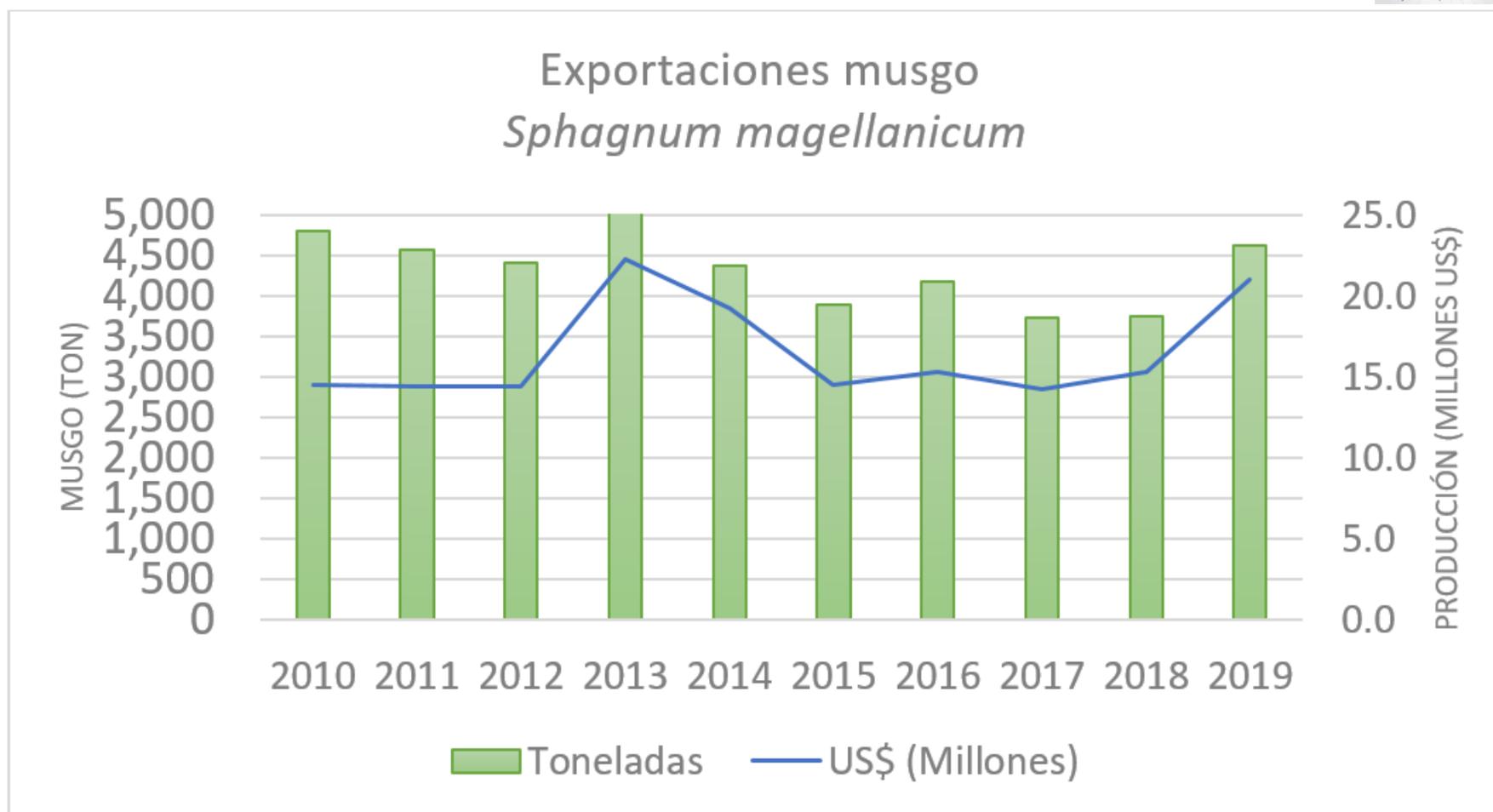


Figura 5. Cantidad de musgo (*Sphagnum magellanicum*) exportado en Toneladas por año y ganancias asociadas en millones de dólares. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Forestal (INFOR) (tabla 8.4).

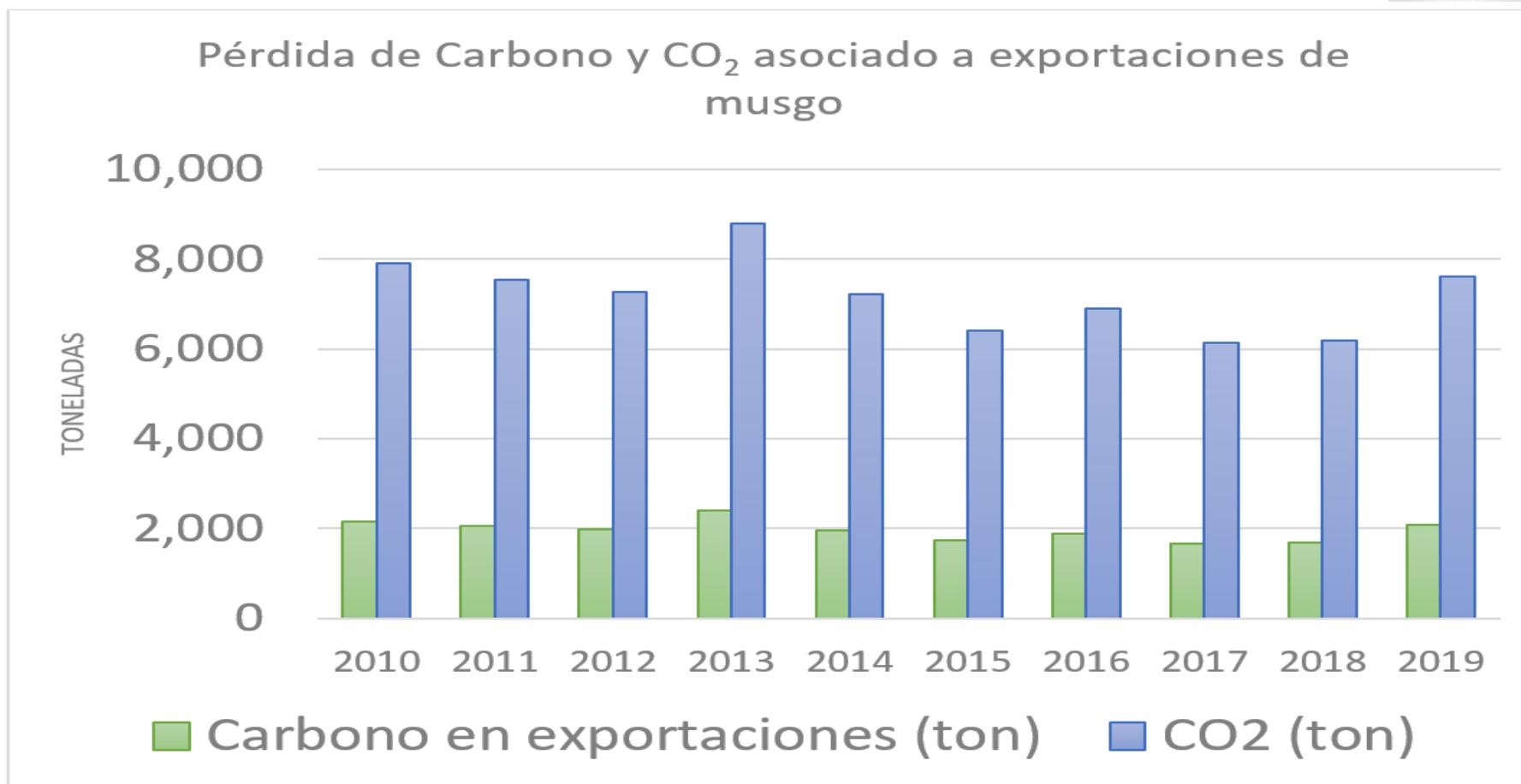


Figura 6. Pérdida de Carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a exportaciones de musgo (*Sphagnum magellanicum*). Fuente: Elaboración propia (tabla 8.4).

Anexo 7. Cálculos de pérdida de Carbono y emisión de CO<sub>2</sub> asociado a concesiones de turba y musgo en SEA entre 2002 y 2013.

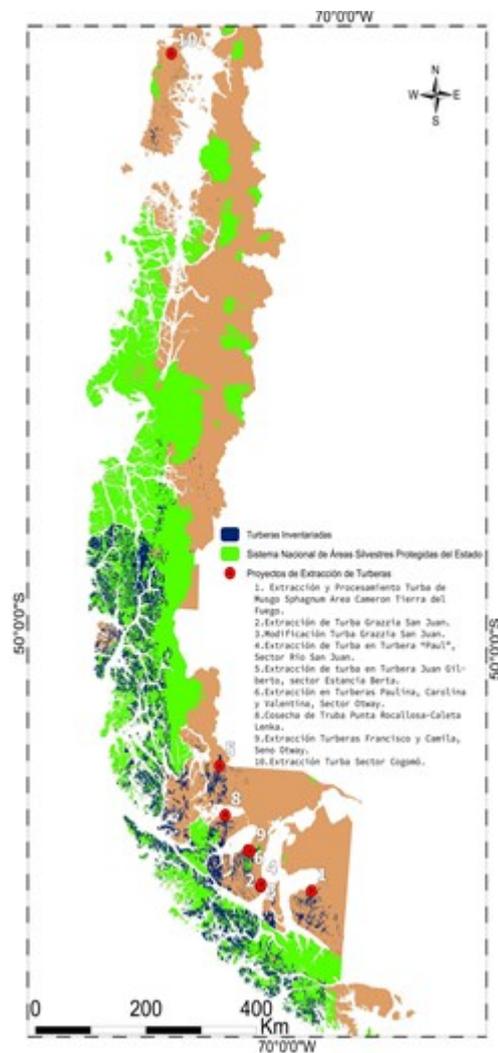


Figura 7. Mapa con las turberas inventariadas (Ministerio de Medio Ambiente, 2020), el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado y los proyectos (11) de extracción de turberas identificados en SEA. Fuente: Elaboración propia a partir del inventar

Tabla 8.5. Concesiones de turberas identificadas en Servicio de Evaluación Ambiental y cálculos de pérdida de carbono y emisión de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración propia.

Región	Área explotada (ha)	Volumen Explotado (m <sup>3</sup> )	Vida Útil (años)	Total Volumen (m <sup>3</sup> )	Total peso (kg)	Total peso (Ton)	Carbono (Ton)	CO <sub>2</sub> (Ton)	Proyecto en SEA
Magallanes	731.7	80000	10	80000	4480000	4480	2016	7392	<a href="https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientes/Evaluacion.php?id_expediente=5421&amp;idExpediente=5421">https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientes/Evaluacion.php?id_expediente=5421&amp;idExpediente=5421</a>
Magallanes	99	120 x día	40	1728000	96768000	96768	43545.6	159667.2	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014063001/DIA_5776_DOC_2129604702.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014063001/DIA_5776_DOC_2129604702.pdf</a>
Magallanes	78.6	a 1.5 m de profundidad	36	1179000	66024000	66024	29710.8	108939.6	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/2018/07/23/01/DIA_1853592_DOC_2141047921.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/2018/07/23/01/DIA_1853592_DOC_2141047921.pdf</a>
Magallanes	53.83	35.000 (primeros 2 años) + 20.000 el resto	20	55000	3080000	3080	1386	5082	<a href="https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=7139073">https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=7139073</a>
Magallanes	230.7	69.000 anuales	25	1725000	96600000	96600	43470	159390	<a href="https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=8192656">https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=8192656</a>
Magallanes	42	42327 anuales	20	846540	47406240	47406.24	21332.808	78220.296	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/CAPiTULO_II_Descripcion_del_proyecto.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/CAPiTULO_II_Descripcion_del_proyecto.pdf</a>
Magallanes	230.18	2400 anuales	28	67200	3763200	3763.2	1693.44	6209.28	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/c7d_DIA.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/c7d_DIA.pdf</a>
Magallanes	279	220432 anuales	20	4408640	246883840	246883.84	111097.73	407358.34	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/544_CAPiTULO_II_J_Gilberto.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/544_CAPiTULO_II_J_Gilberto.pdf</a>
Los Lagos	17.5	210000	25	5250000	294000000	294000	132300	485100	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/a62_Descripcion_de_proyecto_y_emisiones.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/a62_Descripcion_de_proyecto_y_emisiones.pdf</a>
Magallanes	270	245904 anuales	20	4918080	275412480	275412.48	123935.62	454430.59	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/3c6_CAPiTULO_II.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/3c6_CAPiTULO_II.pdf</a>
Magallanes	22.8	8000 anuales	10	80000	4480000	4480	2016	7392	<a href="https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014063001/DIA_5421_DOC_2129604828.pdf">https://seia.sea.gob.cl/archivos/DIA/2014063001/DIA_5421_DOC_2129604828.pdf</a>
<b>TOTAL</b>	<b>2055.31</b>	-	-	<b>20337460</b>	<b>1138897760</b>	<b>1138897.76</b>	<b>512503.99</b>	<b>1879181.3</b>	-



Figura 8. Fecha de ingreso y número de proyectos de concesión de turberas ingresados en el Servicio de Evaluación Ambiental. Fuente: Elaboración propia a partir de tabla 8.5.

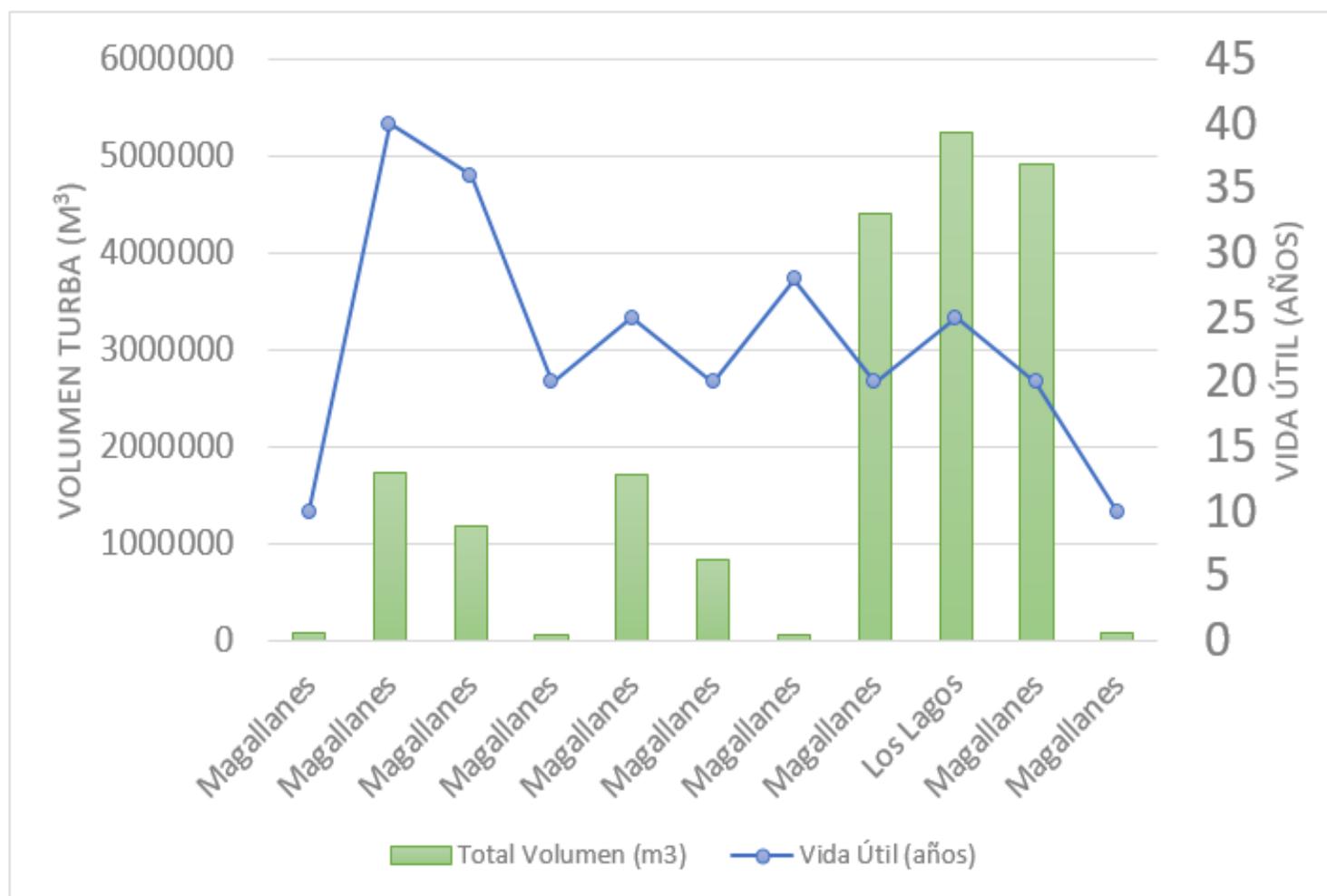


Figura 9. Volumen total (m<sup>3</sup>) de concesiones de turberas y vida útil de cada proyecto. En el eje x se indica la localización de la concesión. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Servicio de Evaluación Ambiental.

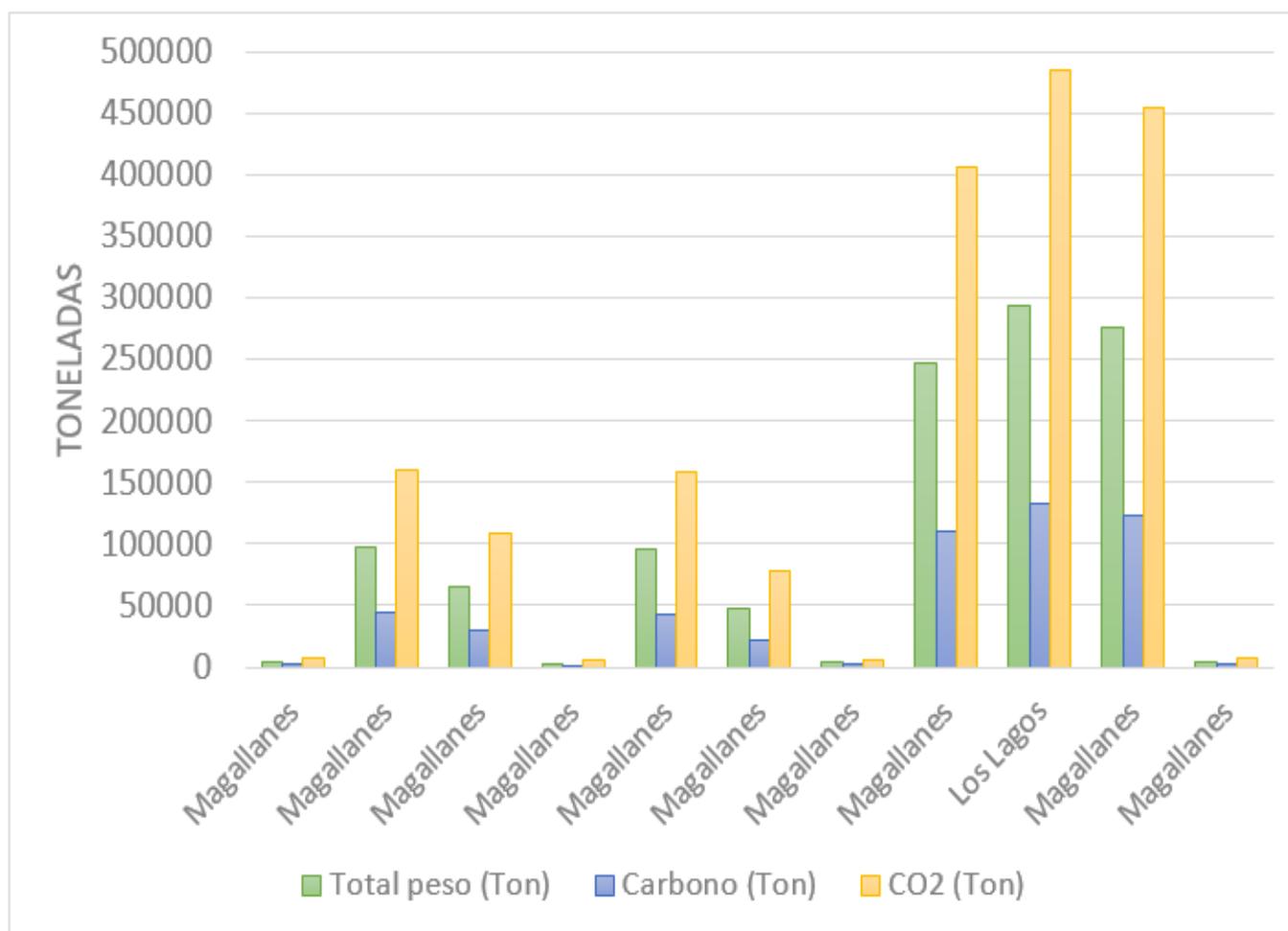


Figura 10. Pérdida de Carbono y emisión de CO2 asociado a concesiones de turberas. Fuente: Elaboración propia (tabla 8.5).

## Anexo 8: Entrevistas con expertos

Investigadores/as:

Dr. Jorge Hoyos-Santillán, 17 de Noviembre de 2020

Dr. Alejandro Miranda, 26 de Noviembre de 2020

Dr. Juan Pablo Boisier, 19 de Noviembre de 2020; 26 de Noviembre de 2020.

Dra. Pilar Moraga, 20 de Noviembre de 2020

Instituciones públicas: Amerindia Jaramillo (Jefa Departamento de Ecosistemas Acuáticos -Ministerio de Medio Ambiente) y Jimena Loreto Ibarra Cariola (Departamento de Ecosistemas Acuáticos -Ministerio de Medio Ambiente), 26 de Noviembre de 2020