

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



***SPHAGNUM MAGELLANICUM*, CARACTERIZACIÓN Y DESARROLLO
ACTUAL DE SU EXPLOTACIÓN RELACIONADA AL DEFICIT HÍDRICO EN LA
ISLA DE CHILOÉ**

POR

ESTEBAN ANGEL MANZANAREZ BARCENAS

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

***SPHAGNUM MAGELLANICUM*, CARACTERIZACIÓN Y DESARROLLO
ACTUAL DE SU EXPLOTACIÓN RELACIONADA AL DEFICIT HÍDRICO EN LA
ISLA DE CHILOÉ**

POR

ESTEBAN ANGEL MANZANAREZ BARCENAS

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesor asociado Mauricio Schoebitz C.
Ing. Agrónomo, Dr.

Guía

Profesor asociado Antonio Pinto R.
Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor asistente Ricardo Muñoz C.
Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor asociado Guillermo Wells Moncada
Ing. Agrónomo, Mg. Sc.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary.....	2
Introducción.....	2
Desarrollo y Discusión	6
Conclusiones	18
Referencias	19

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Distribución de turberas en Chiloé.....	3
Figura 2	Exportaciones en US\$ millones de <i>S. magellanicum</i> periodo 2014 – 1° semestre 2023.....	5
Figura 3	Fases de un musgo y sus componentes.....	7
Figura 4	Turberas de la comuna de Ancud, isla de Chiloé, y <i>S. magellanicum</i> extraído del mismo sector, con una dimensión de 25 cm de alto y 20 cm de ancho.....	8
Figura 5	Comparación de napa freática de 3 tipos de turberas durante 1 año.....	13
Tabla 1	Composición química de un gametofito.....	9
Tabla 2	Cantidad (ppm) de microelementos presentes.....	9
Tabla 3	Comparación de mediciones de carbono en distintos estudios y lugares.....	11
Tabla 4	Descripción general de proyectos seleccionados de restauración de vegetación de <i>Sphagnum</i> ≥ 3 ha y ensayos de cultivo de <i>Sphagnum</i>	15

SPHAGNUM MAGELLANICUM, CARACTERIZACIÓN Y DESARROLLO ACTUAL DE SU EXPLOTACIÓN RELACIONADA AL DEFICIT HÍDRICO EN LA ISLA DE CHILOÉ

SPHAGNUM MAGELLANICUM, CHARACTERIZATION AND CURRENT DEVELOPMENT OF ITS EXPLOITATION RELATED TO THE WATER DEFICIT ON THE ISLAND OF CHILOÉ.

Palabras índice adicionales: turbera, musgo, funciones, sobreexplotación medidas.

RESUMEN

Dentro de la isla de Chiloé existen los humedales de tipo turbera, una de las clasificaciones que estas pueden tener son naturales o antropogénicas, donde ambas comparten al *Sphagnum magellanicum* como su cobertura vegetal predominante. Este musgo perteneciente a las briofitas tiene dentro de sus cualidades la capacidad de almacenar una gran cantidad de agua en sus células hialinas, hasta 20 veces su peso seco en agua, además de mantener bajo su superficie condiciones aptas para la acumulación de materia orgánica, estas características lo hacen ser indispensable para las turberas de la isla, principalmente en la regulación del ciclo hidrológico y al ser sumidero de carbono. La intervención en este tipo de ecosistemas va a ocasionar grandes daños como los generados en Europa, donde el manejo sostenible y la restauración es el camino para recuperar las turberas. En la isla de Chiloé la explotación de *S. magellanicum* compromete de igual manera las funciones de la turbera y acrecienta aún más los problemas de déficit hídrico presentes en esta, ante esto se han generado distintos manuales y guías que van en ayuda del *S. magellanicum* para su correcta explotación además de las normas legislativas como el decreto N° 25 modificado en 2019 que regula la explotación del recurso y en la actualidad se promulgo la ley 21.660 sobre protección de turberas y uso sostenible del musgo *S. magellanicum*.

SUMMARY

In Chiloé island there are peatland-types wetlands, which can be natural or anthropogenic, and both share the *Sphagnum magellanicum* as their predominant vegetation cover. One of the most important abilities of this moss, which belongs to the bryophytes, is the capability of storing a great amount of water in its hyaline cells, being able to store up to 20 times its dry weight in water and that under its surface maintains the conditions suitable for the accumulation of organic matter. These qualities make this moss essential for the peatland ecosystems of the Chiloé island due to its contribution to their ecosystemic functions, such as the regulation of the hydrological cycle and as a carbon sink. Human intervention in this type of ecosystems can cause damage and a great environmental degradation, comparable to the one generated in Europe, where sustainable operations and restoration are now the path to recover the peatlands. The exploitation of *S. magellanicum* moss on Chiloé jeopardizes the peatland's functions and continues to increase the hydric deficit on the island. For this reason, different manuals and guides have been issued to aid the situation, explaining the correct exploitation of the moss. In addition to this, legislative norms such as decree N° 25, modified in 2019, have been published to regulate the exploitation of this resource. Currently, law 21.660 on the protection of peatlands and sustainable use of the *S. magellanicum* moss was passed.

INTRODUCCIÓN

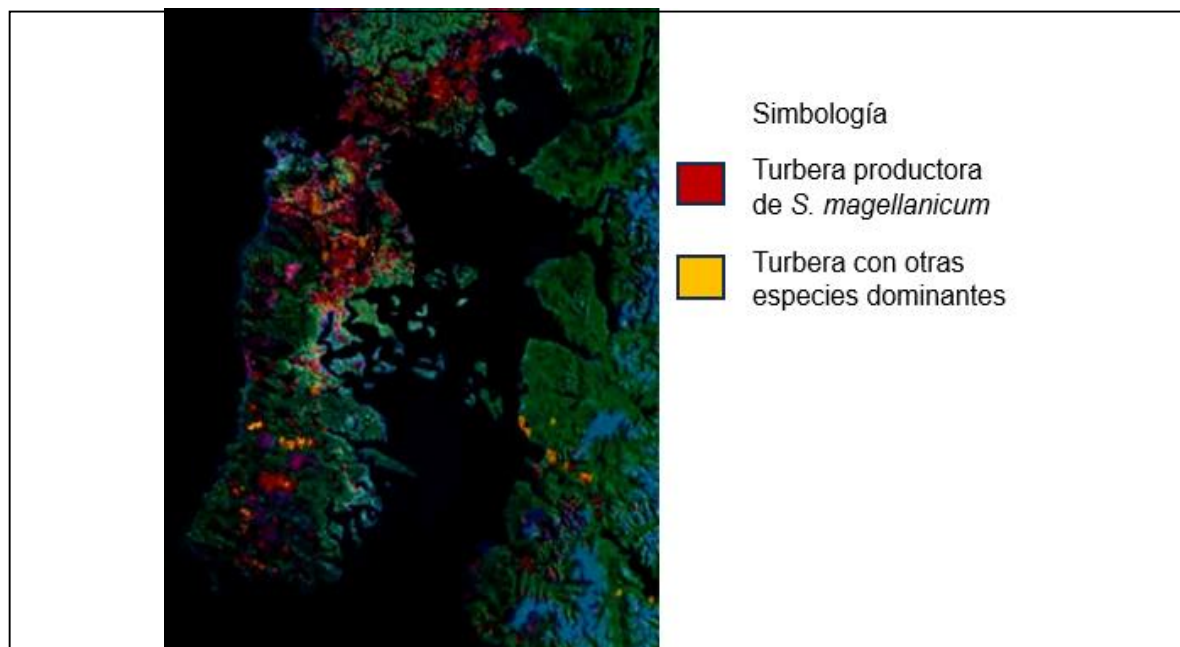
Ramsar (2007) define cómo humedales a las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales. El tipo de humedal turbera se encuentra usualmente en lugares donde la precipitación es alta (800 y 6.000 mm de precipitación anual) y la evaporación es baja (Díaz *et al.*, 2015).

La turbera tiene la capacidad de almacenar bajo su superficie viva una gran cantidad de materia orgánica, entre 25 a 95 % dependiendo de la edad de esta (Martínez *et al.*, 2000). A nivel mundial representan entre 50 a 70 % de los humedales, y su importancia recae en la gran capacidad de almacenar carbono y de regular el ciclo hidrológico de ciertas zonas, debido a la capacidad de

almacenamiento de agua (Vivanco, 2017).

La distribución de las turberas en Chile se extiende desde la región de la Araucanía hasta la región de Magallanes (Agüero, 2013). Dentro de la isla de Chiloé comprende 10 comunas, comenzando en la zona norte de la isla con la comuna de Ancud, pasando por Castro, Chonchi, hasta llegar a Quellón, generando una superficie total de turberas de 47.608 ha. (Geosoluciones, 2007) (Figura 1).

Figura 1. Imagen Landsat, muestra la distribución de turberas en Chiloé.



Fuente: GeoSoluciones (2007).

Según Díaz *et al.* (2005) en el sur de Chile se pueden encontrar dos tipos de turberas, las naturales que se originaron por el retroceso de los glaciares que cubrían a la isla de Chiloé, donde se formaron lagunas y humedales que fueron colonizados por especies del género *Sphagnum*, por otro lado, están las turberas antropogénicas, que fueron creadas por el hombre a través de tala de árboles o incendios forestales, estas actividades generaron que las tierras bajas y con drenaje pobre, junto a la alta pluviometría de la isla, dejaran el lugar inundado, con condiciones propicias para el desarrollo de distintas especies de briofitas.

El *S. magellanicum*, es clasificado como una planta briofita (Agüero, 2013), que tiene la característica de ser un musgo hidrófilo, pues crece en zonas anegadas y

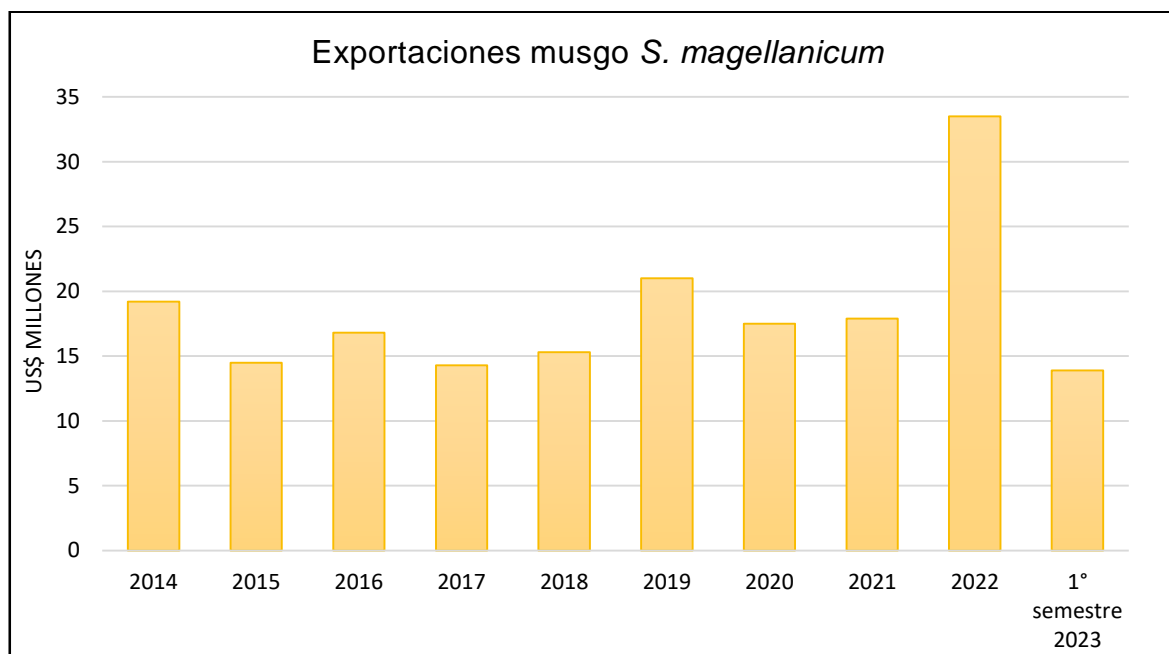
sus células muertas se encargan de almacenar hasta 20 veces su peso seco en agua (Oberpaur *et al.*, 2018), también tiene la capacidad de generar un ambiente con un pH que varía entre 3,4 a 4,8, y con una baja disponibilidad de oxígeno, características fundamentales para poder mantener el material orgánico de la turba sin descomposición (Díaz *et al.*, 2005; Monsalve *et al.*, 2021).

La importancia que ha tomado el musgo *S. magellanicum* dentro de la isla de Chiloé es creciente, ya que, al no contar con cordilleras nevadas como reservas de agua dulce, que la nutran en periodos de baja pluviometría; se sustentan en las turberas compuestas por *S. magellanicum* cómo una de las fuentes importantes de almacenamiento de este elemento (Quintana, 2020; Frêne *et al.*, 2014).

Oberpaur *et al.* (2018) señala que a inicios de los años 90 se comenzó a extraer el musgo *S. magellanicum* con fines económicos por el sector rural, generando un ingreso adicional para muchas familias, pero sin regulación alguna. La alta demanda se debió a la gran cantidad de usos que se le podían dar como, por ejemplo, para el cultivo de distintas especies de la familia Orchidaceae, distintos cultivos hortícolas y frutales, como aislante y en la fabricación de pañales. Los países que concentran la demanda de este producto son Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y Taiwán (Instituto Forestal, 2018; Zegers *et al.*, 2006).

Para Salinas *et al.* (2021) los actores de la cadena de comercialización del musgo *S. magellanicum* son: productores o propietarios (poseedores de la materia prima), recolectores o “pomponeros,” intermediarios (compra traslado, organización), empresas exportadoras y consumidores finales. Poblete (2023) señala que el *S. magellanicum* es considerado un producto forestal no maderero y que domina las exportaciones en US\$ millones en el período 2022 al primer semestre del 2023 (Figura 2).

Figura 2. Exportaciones en US\$ millones de *S. magellanicum* periodo 2014 – 1° semestre 2023.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Forestal (2015 – 2023).

En Chile el cambio climático afecto de forma tan drástica que se tuvo que generar un listado a nivel país con todas las ciudades que están bajo emergencia agrícola por déficit hídrico. Dentro de este listado se encuentran todas las comunas del archipiélago de Chiloé, como, por ejemplo: Ancud, Castro, Chonchi, Curaco de Vélez, Dalcahue, Puqueldón, Queilén, Quemchi, Quellón y Quinchao (Ministerio de Agricultura, 2020). Ante este inevitable panorama, en donde se aprecia que estos últimos 13 años han significado la peor sequía en la historia del país, es que se creó un plan de emergencia contra la sequía que busca mitigar todos los efectos negativos que ha ocasionado la crisis climática (Dirección General de Aguas, 2021).

Tomando en cuenta todos los antecedentes existentes es necesario analizar en la actualidad qué tan perjudiciales son las explotaciones de *S. magellanicum* en la isla de Chiloé, para eso en este documento se tiene como objetivo general recopilar y analizar información referente a las características de *S. magellanicum* que lo hacen importante para los ecosistemas de la isla de Chiloé y cuál es el rol que cumple ante el déficit hídrico presente en el territorio insular. Con respecto a los objetivos específicos i) Identificar las características de *S. magellanicum* y su

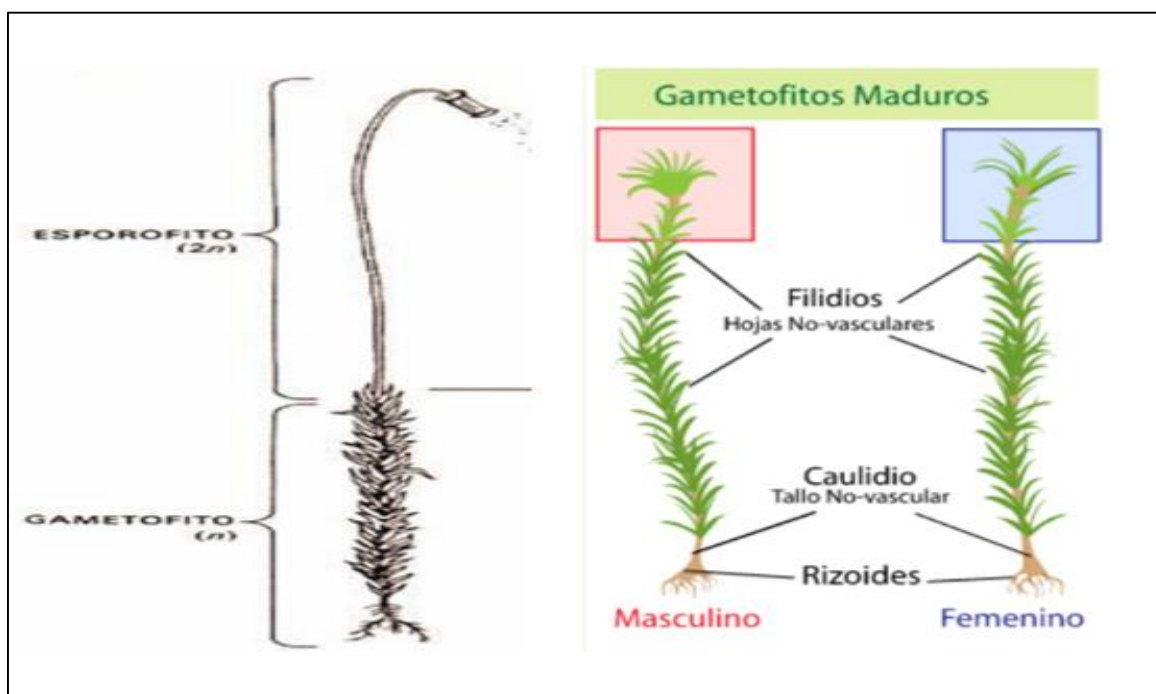
desarrollo en las turberas antropogénicas de la isla de Chiloé. ii) Justificar la importancia de las turberas compuestas por *S. magellanicum* en los ecosistemas de la isla de Chiloé. iii) Identificar las medidas implementadas en Chile ante los problemas ecosistémicos generados por la explotación de *S. magellanicum*.

CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS DEL *S. MAGELLANICUM* DE LAS TURBERAS ANTROPOGÉNICAS DE LA ISLA DE CHILOÉ

Características generales

El *S. magellanicum* es un musgo perteneciente a las briofitas. Los musgos se pueden definir como plantas sin tejido vascular especializado, pudiendo a través de toda su superficie absorber agua, donde sus raíces llamadas rizoides solamente cumplen la función de sostén. Tienen un ciclo de vida con dos fases, gametofito y esporofito. El gametofito es folioso, es decir, desarrolla hojas sobre el tallo, donde se realiza la fotosíntesis, y posteriormente sobre él se originará el esporofito, que es donde se generan las esporas. En esta fase es trascendental la presencia de agua para poder transportar los gametos masculinos al lugar donde se encuentren los femeninos y pueda ocurrir la fecundación, también el agua cumple la función de regular su metabolismo, es decir, si la cantidad de agua disminuye, el metabolismo de los musgos disminuye hasta incluso detenerlo si es que las condiciones se vuelven extremas (Cottet, 2023; Rossi y Pancotto, 2022; Savoretti y Ponce, 2020) (Figura 3).

Figura 3. Fases de un musgo y sus componentes.

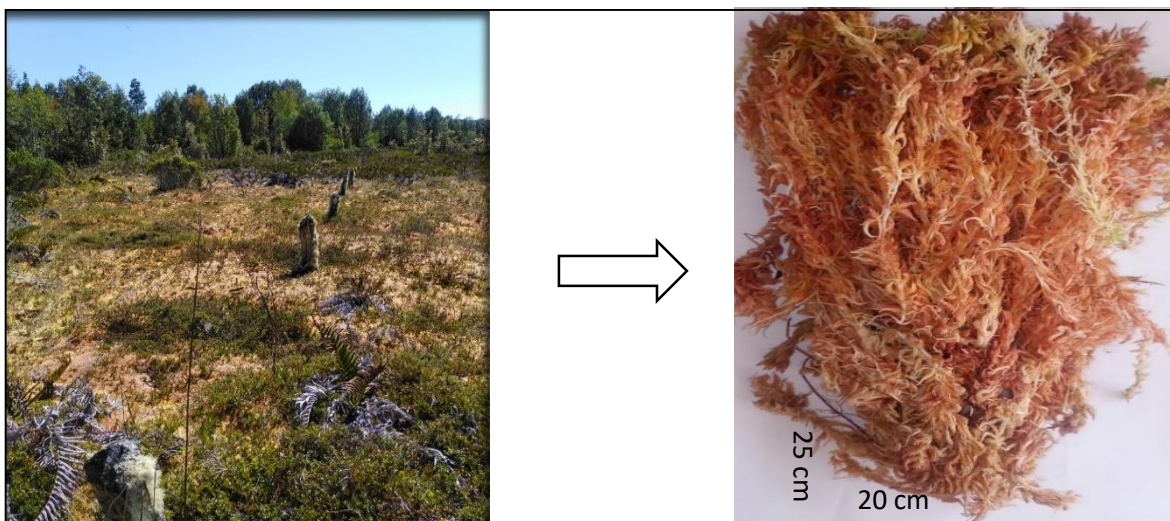


Fuente: Universidad de la Frontera (UFRO, 2016).

Los filidios se componen por dos tipos de hojas, las de color verde con células de menor tamaño que se encargan de realizar la fotosíntesis cuando las condiciones son aptas y las hojas de color transparente compuestas por células hialinas de un mayor tamaño con un diámetro de poro que va desde los 5 a 20 μm y se encargan solo de almacenar agua, logrando retener hasta un 80 % del volumen del *Sphagnum*. Cabe destacar que las células hialinas también se pueden encontrar en el caulidio (Chen, 2023; Domínguez y Larraín, 2013).

El *S. magellanicum* logra la diferenciación del resto de los musgos debido a la gran capacidad de almacenar agua, que según Oberpaur *et al.* (2018) es de hasta 20 veces su peso seco en agua. Otros rasgos que lo diferencian son sus colores anaranjados con hebras que pueden medir alrededor de 25 cm o incluso más, con un crecimiento bastante lento de 2,5 a 5 mm anual en comparación a otras especies. (Domínguez y Larraín, 2013) (Figura 4).

Figura 4. Turberas de la comuna de Ancud, isla de Chiloé, Y *S. magellanicum* extraído del mismo sector, con una dimensión de 25 cm de alto y 20 cm de ancho.



Fuente: Elaboración propia.

Hábitat y composición química

El *S. magellanicum* de las turberas antropogénicas se desarrolla cuando otras especies ya han colonizado el humedal como, por ejemplo, ciperáceas y juncáceas, en un lugar con mal drenaje y alta pluviometría, generando una rápida propagación y dominancia por sobre el resto de las especies (Domínguez, 2014).

En la isla de Chiloé existen 5 especies del género *Sphagnum*, las cuales son; *S. acutifolium*, *S. cuspidatum*, *S. falcatulum*, *S. fimbriatum*, *S. magellanicum*. Las especies de este género pueden estar semisumergidas en pozones de agua, como es el caso de *S. falcatulum*, y *S. fimbriatum*, o formando enormes cojines hemisféricos, como lo son *S. magellanicum* y *S. acutifolium* (Villagrán *et al.*, 2003).

Según Rossi y Pancotto (2022) cuando *S. magellanicum* ya está presente en el humedal (turbera) tiene la capacidad de cambiar aún más el ambiente presente en el ecosistema, generando una acidez que produce un bajo del pH, además de aumentar los sitios de intercambio catiónico, creando ambientes favorables para su crecimiento, e incluso según Verhoeven y Liefveld (1997) la generación de ácidos fenólicos y urónicos que se desprenden de la pared pueden generar alelopatía, que favorece al desarrollo de *S. magellanicum*.

Para poder generar una caracterización más exacta Vásquez (2008) obtuvo

muestras de *S. magellanicum* en el sector de Quilquico ubicado en la Península de Rilán Isla de Chiloé, y se le aplicaron distintos análisis, los que arrojaron los siguientes datos (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de un gametofito.

pH	N (%)	P (%)	Da (g/cm ³)	MO (%)
3,82	0,28	0,010	0,042	98

Fuente: Vásquez (2008).

Por otro lado, Villaroel *et al.* (2002) realizó análisis químicos de muestras representativas de *S. magellanicum*, obtenidas de una empresa dedicada al rubro ubicada en Puerto Varas región de Los Lagos que determinaban la presencia de ciertos micronutrientes (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad (ppm) de macro y microelementos presentes.

Magnesio	Manganeso	Sílice	Cadmio	Hierro	Selenio
1223	170	3371	< 0,005	351	< 0,1

Fuente: Villaroel *et al.* (2002).

Estos datos señalados por ambos autores muestran claramente las condiciones a las que está expuesto el *S. magellanicum* y donde se puede desarrollar en ambientes con bajo pH, con una baja concentración de nutrientes y con la capacidad de contener una gran cantidad de materia orgánica bajo sus raíces características que lo hacen el huésped perfecto para habitar las turberas de la isla de Chiloé.

CAPÍTULO II: FUNCIONES DE LAS TURBERAS ANTROPOGÉNICAS COMPUESTAS POR *S. MAGELLANICUM* DE LA ISLA DE CHILOÉ

Conservación de la biodiversidad

En los ecosistemas de turberas no tan solo están presentes los musgos *Sphagnum*, ciperáceas y juncáceas, sino que, según Eurídice *et al.* (2023) se albergan una gran cantidad de especies adaptadas a suelos temporal o totalmente inundados,

incluyendo ciertas especies endémicas. Estas especies pueden ser insectos, árboles y actores secundarios que juegan un rol importante para estos ecosistemas, como lo son las hepáticas pertenecientes a las briofitas y los líquenes que, al igual que estas últimas, son poiquilohíbridos, es decir, adquieren el agua y sales minerales del ambiente (Valdebenito *et al.*, 2011).

En un estudio realizado por Díaz *et al.* (2008) en 3 comunas de la isla de Chiloé (Ancud, Castro y Chonchi) se estableció que las turberas tanto naturales como antropogénicas se pueden encontrar alrededor de 74 taxas, de las cuales son 8 líquenes, 19 briofitas y 47 plantas vasculares, dentro de las que es más frecuente encontrar a 3 especies: *Myrteola nummularia*, *Sphagnum magellanicum* y *Gaultheria antártica*. Además, en las turberas antropogénicas hay evidencia de que existe una mayor diversidad de especies y también se pueden encontrar un total de 58 taxas, donde 4 de estas son líquenes, 15 son briofitas y 39 plantas vasculares.

Sumidero de carbono

Las condiciones del ecosistema turbera se han desarrollado tan especialmente que pueden lograr procesos biogeoquímicos, como la acumulación de materia orgánica, además de la acumulación, traslocación y reducción de hierro, traslocación y reducción de manganeso y reducción del sulfato, a esta acumulación de materia orgánica se le denomina turba, la cual tiene una lenta descomposición debido a que los microorganismos que la descomponen se encuentran en poca cantidad ante las condiciones de anoxia y saturación del ecosistema (United States Department of Agriculture [USDA], 2018).

Dentro de la turbera se pueden encontrar dos estratas, la más superficial denominada acrotelma que está saturada por agua y con alta presencia de microorganismos aeróbicos, bajo esta se encuentra el catotelma en la que se depositan los restos de todas las especies con lenta descomposición debido a la baja presencia de microorganismos y con una gran concentración de carbono y gases de efecto invernadero (Iturraspe y Roig, 2000; Quinteros *et al.*, 2021).

Las estimaciones de carbono presentes en las turberas varían según las zonas geográficas en las que se realicen las mediciones. Según Ribeiro *et al.* (2021) en

las turberas tropicales se pueden almacenar entre 152 y 288 Gt de carbono. Por otro lado, en las turberas del norte Yu (2012) establece un estimado revisando distinta literatura que va desde los 100 a 500 Gt de carbono.

Las turberas del sur de Chile tienen pocos años de desarrollo y es por lo que los valores de cantidad de carbono son mucho menores en comparación a otras turberas que son naturales y llevan décadas de desarrollo (Valdés *et al.*, 2019). En la Estación Biológica Senda Darwin, ubicada en la comuna de Ancud con turberas antropogénicas, Cabezas *et al.* (2015) pudo realizar mediciones para determinar el carbono almacenado con un muestreador de perfil de turba de forma cilíndrica con un diámetro de 52 mm a una profundidad de 50 cm, dando como resultado un aproximado de $11,99 \pm 0,77$ Kg C m². A lo largo de todo el mundo se realizan mediciones que dan cuenta del carbono almacenado en la turba. En la siguiente tabla se expresan los valores más bajos de almacenamiento de carbono en los sectores insulares (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de mediciones de carbono en distintos estudios y lugares.

Estudio	Ubicación	Total, almacenamiento (kg C m ²)
Loisel y Yu (2013)	Patagonia, Chile y Argentina	168 †
Weishampel <i>et al.</i> (2009)	Minnesota, EE. UU.	151,8 ± 9,8
Weishampel <i>et al.</i> (2009)	Minnesota, EE. UU.	122,1 ± 1,3
Beilman <i>et al.</i> (2008)	Cuenca del río Mackenzie, Canadá	118 ± 0,23
Buffam <i>et al.</i> (2010)	Wisconsin, EE. UU.	104 ± 19
Weishampel <i>et al.</i> (2009)	Minnesota, EE. UU.	71,8 †
Valdés (2012)	Magallanes, Chile	24,7 ± 1,3
Weissert y Disney (2013)	Isla de hombre, Reino Unido	22,4 ± 1,32 ‡
Weissert y Disney (2013)	Isla de hombre, Reino Unido	14,7 ± 1,18 ‡
Weissert y Disney (2013)	Isla de hombre, Reino Unido	13,4 ± 1,06 ‡
Este Estudio (2015)	Chiloé, Chile	11,99 ± 0,77
Weissert y Disney (2013)	Isla de hombre, Reino Unido	7,8 ± 0,54 ‡

† Ni SE ni SD fueron reportadas
‡ SD ± media donde no se pudo calcular SE

Fuente: Cabezas *et al.* (2015).

Control del ciclo hidrológico

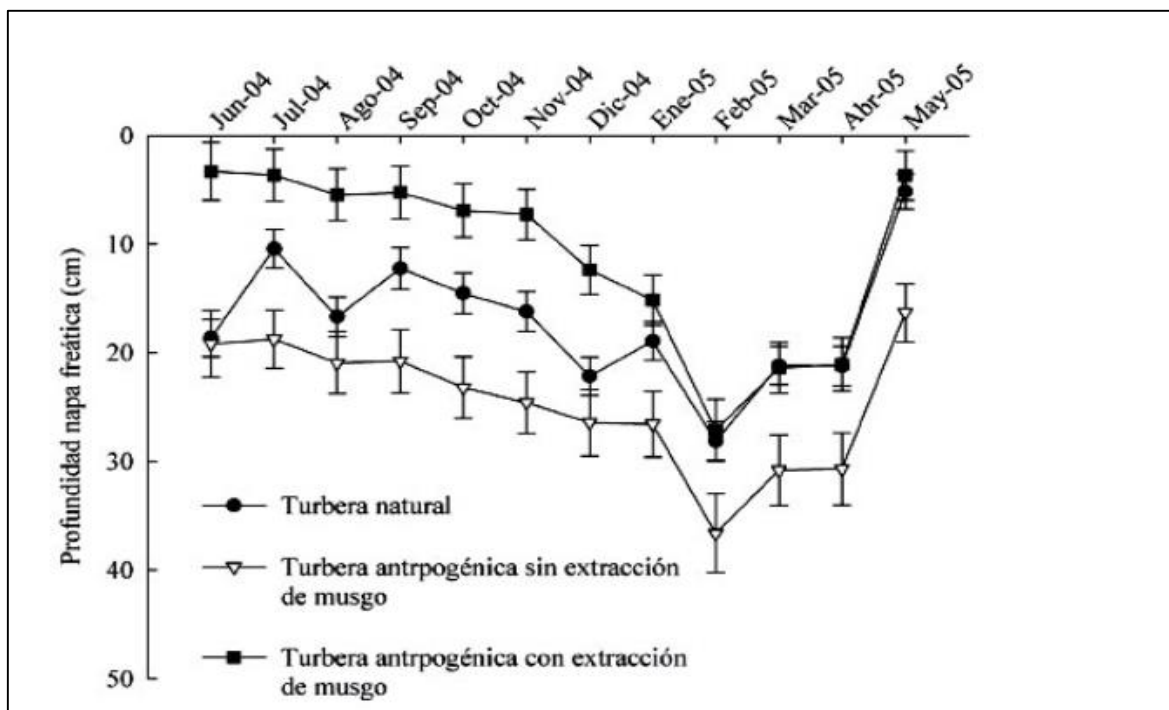
La isla de Chiloé es conocida por su alta precipitación, que en junio, su mes más lluvioso, alcanza una media de 347 mm y en el mes de febrero se alcanza la menor cantidad de agua caída con una media de 81,6 mm, sin embargo, a pesar de esta alta precipitación, se ha observado entre los años 2000 a 2019 una disminución en los meses de verano a través de los años tanto en términos relativos como absolutos (Frêne *et al.*, 2022). Según la Comisión de Medio Ambiente del Consejo Regional de Los Lagos (2023) el periodo 2031 – 2050 sería el más seco en comparación a la media histórica con un descenso en las precipitaciones. En la región de los lagos se puede evidenciar una disminución del agua caída en un 5,8 a un 11,2 % anuales acumuladas dentro del territorio.

La disminución en las precipitaciones afecta directamente a la isla de Chiloé, que según León *et al.* (2012) la única fuente de obtención de agua dulce es a través de la acumulación del agua lluvia y las turberas, quienes se comportan como acuíferos libres cumplen a cabalidad con esa función. También las turberas dominadas por el musgo *S. magellanicum* regulan los flujos de agua, previniendo inundaciones en época de alta pluviometría (invierno), alimentando a los ríos y napas subterráneas de manera gradual (verano) e incluso funcionan como un filtro para mejorar la calidad del agua (Díaz *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2009).

El *S. magellanicum* al tener la capacidad de almacenar agua logra que las fluctuaciones no sean muy marcadas en el nivel freático en las estaciones de menor precipitación, además, a pesar de que en épocas de menor pluviometría baje este nivel, es mucho menor el déficit en comparación a otros ecosistemas dominados por plantas vasculares (Domínguez *et al.*, 2019).

Al tener antecedentes sobre los niveles freáticos que se mantienen por más tiempo que en otros ecosistemas, Díaz *et al.* (2008) comparó en tres ciudades de la isla de Chiloé, Ancud, Castro y Chonchi los niveles freáticos entre los distintos tipos de turberas naturales, antropogénicas sin intervención y antropogénicas con intervención (extracción de *S. magellanicum*), donde se ve que las turberas intervenidas tienen una menor profundidad de la capa freática en comparación a las turberas que no tienen intervención (Figura 4).

Figura 5. Comparación de napa freática de 3 tipos de turberas durante 1 año.



Fuente: Díaz *et al.* (2008).

CAPÍTULO III: EFECTOS DE LA EXTRACCIÓN DE *S. MAGELLANICUM* Y LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS ANTE LA SOBREEXPLOTACIÓN

Problemas ecosistémicos

Según Salinas *et al.* (2024), las turberas que no son intervenidas contribuyen significativamente a la biodiversidad regional y proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, como por ejemplo ser sumidero de carbono y el almacenamiento y purificación de agua. Su capacidad para secuestrar carbono en la turba o para almacenar y filtrar agua hace que los ecosistemas sean muy valiosos con respecto a la mitigación y adaptación al cambio climático. Por esta razón, se recomienda mantener la funcionalidad de las turberas intactas y valorar su rendimiento como sumideros de carbono y almacenadoras de agua. Para ello el mantenimiento de su hidrología es crucial.

La intervención de una turbera a través de la cosecha del musgo *Sphagnum* de una manera desregulada generara que la regeneración de este sea muy baja o nula otorgando la oportunidad a otras especies para que puedan colonizar ese

ecosistema (Piñones y Domínguez, 2021).

Al modificar a uno de los actores dentro de un ecosistema debido a la extracción de *Sphagnum* se va a generar una pérdida de las funciones generales de las turberas como son todas las antes mencionadas, y con la intervención no sustentable del recurso no se podría asegurar la mantención incluso de su estructura generando un daño a este tipo de ecosistema turbera (Saavedra y Figueroa, 2015).

Según León *et al.* (2012) un elemento para tener en cuenta es que Chiloé la única fuente de agua dulce que tiene es a través del almacenamiento de agua de las precipitaciones, y en la actualidad, al considerar que la cantidad de precipitaciones ha bajado el almacenamiento de agua y la gestión del recurso hídrico es fundamental.

Escenario internacional y material destacado basado en estudios para el manejo sostenible en Chile

En Europa, América del Norte y Asia se ha extraído turba con el fin de utilizarla como combustible o para la horticultura (Parish *et al.*, 2008). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2022) señala que el 50 % de las turberas de Europa están degradadas convirtiendo a este continente en el segundo en emisiones por turberas drenadas del planeta. Brioché (2021) señala que dentro de los países que tienen una mayor producción de turba en miles de toneladas métricas son Finlandia y Alemania. Ante este panorama Gaudig *et al.* (2017) reafirma que la cosecha de *Sphagnum* es la mejor opción para sustituir un recurso fósil (turba) por uno renovable (musgo), donde las principales labores de extracción de este musgo son a través de maquinaria como excavadora con brazo largo y cucharón de corte, equipadas con orugas. En la siguiente tabla se muestran algunos de los proyectos realizados con el musgo *Sphagnum* que buscan restaurar y cambiar la forma de extracción en distintos países afectados por la sobreexplotación de turberas.

Tabla 4. Descripción general de proyectos seleccionados de restauración de vegetación de *Sphagnum* \geq 3 ha y ensayos de cultivo de *Sphagnum*.

Ubicación	País	Uso antiguo de la tierra	Superficie en Ha área total (área de musgo)	Duración
Restauración de la vegetación de <i>Sphagnum</i> en turberas degradadas				
Quebec (16 sitios)	Canadá	Extracción de turba molida	575	Desde 1995
Nueva Brunswick (10 sitios)	Canadá	Extracción de turba molida	167	Desde 1997
Saskatchewan (2 sitios)	Canadá	Extracción de turba molida	83	Desde 1999
Manitoba (1 sitio)	Canadá	Extracción de turba molida	220	Desde 2006
Alberta (4 sitios)	Canadá	Extracción de turba molida	92	Desde 2009
Ilperveld	Países Bajos	Pradera	(3)	Desde 2013
Cultivo de <i>Sphagnum</i> en turberas				
Santa-Margarita-María	Canadá	Extracción de turba cortada en bloque	(1,6)	1992 - 2001
Shippagan 1	Canadá	Extracción de turba cortada en bloque	3,6 (2,5)	2004 - 2012
Ramsloh	Alemania	Extracción de turba molida	(0,12)	2004 - 2014
Shippagan 2	Canadá	Extracción de turba cortada en bloque	2 (0,6)	Desde 2012
Twist (Drenth)	Alemania	Extracción de turba molida	5 (2,6)	Desde 2015
Twist (Pantano provincial)	Alemania	Extracción de turba molida	5 (2,3)	Desde 2015
Malpils	Latvia	Extracción de turba molida	(0,1)	Desde 2015
Cultivo de <i>Sphagnum</i> en antiguas praderas de turberas drenadas				
Rastede	Alemania	Pradera	14 (5,6)	Desde 2011
Cultivo de <i>Sphagnum</i> en otras turberas degradadas				
San Modeste	Canadá	Extracción de turba molida	1 (0,3)	Desde 2013

Fuente: Gaudig *et al.* (2017).

En Chile actualmente está prohibida la extracción de turba, sin embargo, la extracción de *S. magellanicum* sigue en vigencia y debe realizarse de forma manual (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). Con respecto a este último se han realizado distintos estudios para el manejo de su explotación donde se destacan: la guía de terreno Manejo y recolección sustentable de musgo pompón (*Sphagnum magellanicum*) en turberas de la Región de Los Lagos; un Manual de Buenas Prácticas para el uso sostenido del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes; un Manual de Evaluación de Turberas de *Sphagnum* y Funciones y Servicios Ecosistémicos de las Turberas en Magallanes (Ministerio de Agricultura, 2018).

Actualmente León *et al.* (2024) crearon en el mes de mayo del presente año la guía metodológica para la regeneración del musgo *S. magellanicum*, siendo esta la primera guía en Sudamérica creada para la restauración de las turberas y del uso sostenible de este recurso. La guía que proviene de un proyecto del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) y financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), que en su interior consta de 8 capítulos donde se dan las características de las turberas y del *S. magellanicum*, un protocolo de recolección sustentable, protocolo de restauración ecológica de la turbera degradada por malas prácticas de recolección, monitoreo de turbera y recomendaciones generales. Esta guía metodológica destaca por la interacción transdisciplinaria donde las ciencias sociales y biológicas se unen a los saberes de la comunidad recolectora con el fin de cultivar el musgo, produciendo hebras de musgo de manera cíclica y renovable. Este manual además cuenta con material audiovisual sobre, crecimiento, descomposición, rendimiento y monitoreo (pH y nivel freático) del musgo, facilitando la asimilación de los conceptos y aplicación de medidas prácticas por parte de la comunidad recolectora.

Implementación de medidas legislativas ante la sobreexplotación

Según Piñones y Domínguez (2021), por 20 años desde que comenzó la explotación del *S. magellanicum* no hubo regulación alguna de su extracción, lo que generaba daños irreversibles a los ecosistemas que no han podido ser cuantificados, la primera aproximación a una regulación fue en el año 2018 donde se promulga el

Decreto Supremo N°25 de protección de musgo *Sphagnum* por parte del Ministerio de Agricultura el que fue modificado D.S. N°14 en el año 2019 por la misma entidad.

Para tener una idea de cómo han ido cambiando las regulaciones, es necesario resumir el decreto del 2018 y las modificaciones realizadas en el 2019 hasta la actualidad donde se promulgo la ley turberas.

El Decreto N°25 del 2018 consta de 8 artículos los que dan cuenta a grandes rasgos sobre: la forma de cosecha, regeneración del Musgo *Sphagnum*, planes de cosecha, pasos en la actividad extractiva al terminar la cosecha, altura optima de cosecha, lista actualizada por parte del Servicio Agrícola y Ganadero con respecto a los planes de cosecha, fiscalización a intermediarios y empresas exportadoras sobre la trazabilidad del producto, sanciones ante el incumplimiento de las medidas las cuales serían aplicadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (Ministerio De Agricultura, 2018).

Con la entrada en vigor del D.S. N°14 en el año 2019 basado en los nuevos estudios científicos referentes al *S. magellanicum*, varios artículos fueron modificados, donde se pueden destacar los siguientes cambios; se señala que, en la cosecha en vez de establecer una altura de extracción, lo más recomendado es dejar un remanente para asegurar el rebrote. En el pasado decreto solo se establece el área intervenida como área continua del musgo *S. magellanicum*, pero, con la modificación el área intervenida también puede ser discontinua, es decir, independiente de su distribución permitiendo de mejor manera diseñar los planes de cosecha. También se establecía un plazo estándar de recuperación según cada zona del país donde se realizaba la extracción, sin embargo, se llegó a la conclusión que el crecimiento era muy variable y que estaría asociado a condiciones propias del lugar donde este situado el *S. magellanicum*, con respecto al plan de cosecha solo se pedía a la persona encargada de la explotación este documento, sin tener una guía de cómo realizarlo ni manejar practicas sostenibles, en cambio con la modificación, para asegurar una buena realización, implementación y control de los planes se realizaran cursos por parte del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) referentes a prácticas sustentables de recolección y de elaboración de planes de cosecha (Ministerio de Agricultura, 2019).

La ley 21.660 sobre protección ambiental de las turberas publicada el 10 de abril de 2024, está enfocada principalmente a la prohibición de extracción de turba, pero también se centra en la protección con un manejo sostenible y enfoque ecosistémico de la cubierta vegetal compuesto por *S. magellanicum*, todo esto debido a los grandes beneficios ecosistémicos que entrega al país. Con respecto a la explotación de *S. magellanicum* se mantiene la exigencia de un plan de cosecha que asegure que no se modificaran de manera permanente las funciones ni la estructura de la turbera todo esto sería aprobado por el SAG, previo informe del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas cuando se cumplan ciertos requisitos que hacen referencia al manejo sustentable de recurso, además estas entidades elaboraran un plan de manejo sustentable al que se pueden adherir los titulares. El reglamento para la preservación y restauración de las turberas que también regule la extracción de *S. magellanicum* debe ser dictado en un plazo de dos años desde que se publicó la ley y contara con opiniones de los distintos actores de la cadena. Por ultimo los ministerios deben en conjunto destinar fondos para buscar un sustituto de *S. magellanicum* y además poder generar una transición justa para los que se benefician de este musgo buscando alternativas laborales que vayan de acuerdo con los principios de equidad, justicia climática, género, participación ciudadana y transparencia, entre otros (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

CONCLUSIONES

Las principales características que destacan del *S. magellanicum* es que es una planta briofita con la capacidad de absorber agua a través de todo el gametofito (filidio y caulidio), por células denominadas hialinas logrando almacenar incluso hasta 20 veces su peso seco en agua, regulando las fluctuaciones del recurso hídrico durante el año y donde el gametofito en su composición tiene un 98 % de materia orgánica, y una baja concentración de nutrientes, el hábitat es generalmente en lugares con mal drenaje y alta pluviometría como son los suelos deforestados de la isla de Chiloé, donde una vez establecido genera ambientes con condiciones muy acidas y especiales para su desarrollo incluso generando sustancias alelopáticas para poder competir de mejor manera con otras especies.

La importancia de las turberas compuestas por *S. magellanicum* recae en la capacidad para ser reservorio de carbono, realizar control hidrológico, y además de conservar la diversidad, indispensable en ecosistemas tan frágiles como los insulares.

En Europa, un 50% de las turberas han sido degradadas, ocasionando graves daños ecosistémicos, y su restauración va de la mano del musgo *Sphagnum*. La experiencia de los efectos negativos de la explotación de turba ayudó a que en Chile se prohíba su extracción y también esta misma experiencia internacional ayuda crear material como la guía metodológica para la regeneración del musgo *S. magellanicum* que busca realizar un manejo sostenible del recurso. Por otro lado se ha avanzado legislativamente gracias a los decretos y a la nueva ley que plantean entre algunas de las medidas buscar un sustituto para el musgo *Sphagnum* para así detener su explotación de manera paulatina, favoreciendo a los que se sustentan principalmente del musgo y protegiendo a largo plazo el ecosistema, realizar capacitaciones a recolectores y propietarios para lograr un enfoque ecosistémico, además de fiscalizar tanto a productores como intermediarios sobre los planes de cosecha que debiese tener cada explotación.

REFERENCIAS

1. Agüero, T. (2013, agosto). *Musgo Sphagnum: manejo sostenible del recurso*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. [En línea]. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/Musgo-sphagnum-Manejo-sostenible-del-recurso.pdf>. [Consultado 10 de mayo 2023].
2. Brioché, A., Merchant, M. (2021). 2018 Minerals Yearbook. Peat [Advance Release]. U.S. Geological Survey. [En línea]. <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2018-peat.pdf>. [Consultado 28 Julio].
3. Buechel, T., (2018). ¿Qué es la turba de *Sphagnum* y de dónde proviene? Pthorticulture. [En línea]. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/que-es-la-turba-de-sphagnum-y-de-donde-proviene/#:~:text=Las%20c%C3%A9lulas%20hialinas%20no%20solo>. [Consultado 23 de abril 2024].

4. Cabezas, J., Galleguillos, M., Valdés, A., Fuentes, J., Pérez, C., y Perez, J. (2015). Evaluation of impacts of management in an anthropogenic peatland using field and remote sensing data. *Ecosphere*, 6(12), 1–24. [En línea]. <https://doi.org/10.1890/ES15-00232.1>. [Consultado 20 de mayo 2024].
5. Comisión de Medio Ambiente del Consejo Regional de Los Lagos. (2023). Plan de acción regional de cambio climático región de Los Lagos. [En línea]. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/05/Certificado-No-17-del-2023-de-aprobacion-del-plan-del-Consejo-Regional-Los-Lagos.pdf>. [Consultado 5 de junio 2024]
6. Cottet, A. (2023). Briofitas de la Patagonia. 20, 46–52. [En línea]. https://www.researchgate.net/publication/375991890_BRIOFITAS_DE_LA_PATAGONIA_muSgoS_SuS_PARiENTES_y_ASoCiAdoS. [Consultado 21 abril 2024].
7. Dirección General de Aguas [DGA]. (2021, agosto 30). Las Medidas del Plan Sequía. [En línea]. <https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=777>. [Consultado 03 de junio 2023].
8. Díaz, F., Larraín, J., y Zegers, G. (2005). Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. [En línea]. https://sendadarwin.wordpress.com/wp-content/uploads/2009/12/turberas_y_flora_jechica.pdf. [Consultado 29 marzo 2024.]
9. Díaz, M., Larraín, J., Zegers, G., y Tapia, C. (2008). Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista chilena de historia natural*, 81(4), 455–468. [En línea]. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>. [Consultado 16 mayo 2024].
10. Díaz, M., Silva, W., León, C., (2015). Características de los ecosistemas de turberas, factores que influyen en su formación y tipos. En Domínguez, E., y Vega, D. (Eds.), *Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes*. (33ª ed., pp. 27–39). Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro regional de investigación Kampenaike.
11. Díaz, M., Zegers, G., y Larraín, J. (2005). Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la isla de Chiloé. [En línea]. <https://core.ac.uk/download/pdf/48034398.pdf>. [Consultado 10 de mayo 2023].
12. Díaz, M., Larraín, J., Zegers, G., y Tapia, C. (2008). Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista chilena de*

- historia natural, 81(4). [En línea]. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>. [Consultado 15 de mayo 2024]
13. Domínguez, D. (2014). Manual de buenas prácticas boletín INIA - n° 276. [En línea]. [file:///C:/Users/cs1/Downloads/Boletin INIA 276.pdf](file:///C:/Users/cs1/Downloads/Boletin_INIA_276.pdf). [Consultado 24 de abril 2024].
 14. Domínguez, E., y Larraín, J. (2013). *Sphagnum magellanicum* (pompon): El Musgo de la Turbera. [En línea]. <http://humedaleschiloe.cl/wp-content/uploads/2018/06/El-Musgo-de-la-Turbera.pdf>. [Consultado 23 de abril 2024].
 15. Domínguez, E., Martínez, M., Báez, J., Henríquez, J., Iglesia, F., y Silva, F. (2019). ¿Cómo estimar la profundidad de la napa freática en una turbera de *Sphagnum*? [En línea]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34113.92003>. [Consultado 5 de junio 2024]
 16. Eurídice N, Coronado, H., Schulz, C., Brañas, M., Pasquel, J., Villacorta, M., Dávila, N., Córdova, C., García, G., Ríos, M., Cole, L., Charpentier, E., Valdivia, S., Vargas, V., Delgado, D., Paima, R., Marín, W., Isla, G., Dávila, W., Roucoux, K. (2023). Los humedales y turberas en los territorios indígenas urarinas: usos, manejo y carbono almacenado. En M. Brañas, M. Fabiano, & D. Del Castillo (Eds.), *Donde habitan los neba: Naturaleza, cultura e impactos ambientales en los territorios del pueblo urarina* (1ª ed., Vol. 1, pp. 59–87). [En línea]. <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/738>. [Consultado 02 de mayo 2024].
 17. Frêne, C., Ojeda, G., Santibáñez, J., Donoso, C., Sanzana, J., Molina, C., Andrade, P., y Núñez, M. (2014). Agua en Chile: diagnósticos territoriales y propuestas para enfrentar la crisis hídrica. Frêne, C., Andrade, P., y Núñez, M. (Eds.). [En línea]. https://bosquenativo.cl/wp-content/uploads/2019/06/2014_12_agua_chile_.pdf. [Consultado 10 de junio 2023].
 18. Frêne, C., Villarroel, F., Rojas, R., Sanzana, J., González, J., Alarcón, D., Gómez, F., y Barra, S. (2022). Escasez de agua en Chiloé: red participativa de agua como solución para el sector rural. *Revista de geografía Norte Grande*, 82, 375 – 396. [En línea]. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000200375>. [Consultado 6 de junio 2024].
 19. Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M., Caporn, S., Emmel, M., Fritz, C., Graf, M., Grobe, A., Gutierrez, S., Hogue-Hugron, S., Holzträger, S., Irrgang, S., Kämäräinen, A., Karofeld, E., Koch, G., Koebbing, J., Kumar, S., Matchutadze, I., Oberpaur, C., Oestmann, J., Raabe, P., Rammes, D., Rochefort, L., Schmilewski, G., Sendžikaitė, J., Smolders, A., St-Hilaire, B., van de Riet, B.,

- Wright, B., Wright, N., Zoch, L., and Joosten, H. (2017). *Sphagnum* farming from species selection to the production of growing media: A review. *Mires and Peat*, 20, Article 13. [En línea]. <https://doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.340>. [Consultado 5 de agosto 2024].
20. Geosoluciones. (2007). Estudio acerca de las turberas productoras de musgo en la región de los Lagos. 14–18. [En línea]. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/EstudioTurberas2007.pdf>. [Consultado 18 de junio 2023].
21. Instituto Forestal [INFOR]. (2018). Productos Forestales No Madereros. Eds. Poblete, P [En línea]. <[PFNM201809 \(2\).pdf](#)>. [Consultado 13 de junio 2024].
22. Instituto Forestal [INFOR]. (2015 – 2023). Productos Forestales No Madereros. [En línea]. <<https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/boletines-estadisticos/boletin-pfnm>>. [Consultado 14 de junio 2024].
23. Iturraspe, R., y Roig, C. (2000). Aspectos hidrológicos de turberas de *Sphagnum* de Tierra del Fuego - Argentina. Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y conclusiones, 85–93. [En línea]. https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo-Iturraspe/publication/255783560_Aspectos_hidrologicos_de_turberas_de_Sphagnum_de_Tierra_del_Fuego_Argentina/links/0deec520a75a4bf028000000/Aspectos-hidrologicos-de-turberas-de-Sphagnum-de-Tierra-del-Fuego-Argentina.pdf. [Consultado 15 de mayo 2024]
24. León, C.; A. Benítez; E. Leiva; M. Zúñiga & J. Herrera. (2024). Guía metodológica para regeneración del musgo *Sphagnum*. Universidad Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile. 110 páginas. [En línea]. <https://turberas.cl/guiaregeneracion/>. [Consultado 5 de agosto 2024].
25. León, C., Oliván, G., y Fuertes, E. (2012). Turberas esfagnosas de Chiloé (Chile) y su problemática ambiental. En *Bol. Soc. Esp. Briol.* [En línea]. <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1411>. [Consultado 30 de mayo 2023].
26. Martínez, A., Pontevedra, X., Novóa, J., y García, E. (2000). Turberas de montaña del noroeste de la península Ibérica. [En línea]. <http://www.edafologia.net/revista/tomo7/a1t71t.htm#:~:text=Las%20propiedades%20de%20la%20turba,org%C3%A1nica%20entre%2025%20y%2095%25>. [Consultado 17 de junio 2023].
27. Martínez, A., Pontevedra, X., Nóvoa, J., Rodríguez, R., y López, J. (2009). Turberas ácidas de esfagnos. [En línea].

- https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/71_tcm30-196858.pdf. [Consultado 26 de marzo 2024].
28. Ministerio de Agricultura. (2020). Emergencia agrícola por déficit hídrico. [En línea]. <https://www.minagri.gob.cl/emergencia-agricola-por-deficit-hidrico/>. [Consultado 03 de junio 2023].
29. Ministerio de Agricultura. (2018, agosto 4). Decreto 25 dispone medidas para la protección del musgo *Sphagnum magellanicum*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. [En línea]. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1114649&idParte=&idVersion=2019-08-03>. [Consultado 15 junio 2024].
30. Ministerio de Agricultura. (2019, agosto 24). Decreto 14 modifica decreto supremo N° 25, de 2017, del Ministerio de Agricultura, que dispone medidas para la protección del musgo *Sphagnum magellanicum*, en el sentido que indica. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. [En línea]. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1135324&idParte=10048313&idVersion=2019-08-24>. [Consultado 16 de junio 2024].
31. Ministerio del Medio Ambiente. (2024, abril 10). Ley 21.660 sobre protección ambiental de las turberas. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. [En línea]. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1202472>. [Consultado 19 de junio 2024].
32. Monsalve, E., Muñoz, R., Bahamonde, N., y Vidal, O. (2021). Caracterización ecológica de una turbera ombrogénica en Magallanes: hacia una propuesta de bioindicadores de monitoreo ambiental. En *Gayana Bot* (Vol. 78, Número 1). [En línea]. <https://www.scielo.cl/pdf/gbot/v78n1/0717-6643-gbot-78-01-38.pdf>. [Consultado 14 de junio 2024].
33. Oberpaur, C., Díaz, M., y León, C. (2018). Turberas de *Sphagnum* de Chiloé: ¿cómo hacer un uso sustentable?. (RIL, Ed.). Universidad Santo Tomas. [En línea]. <https://www-digitaliapublishing-com.eu1.proxy.openathens.net/viewpub/?id=65386>. [Consultado 05 junio 2023].
34. Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. y Stringer, L. (Eds.) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. [En línea]. https://www.researchgate.net/profile/Hans-Joosten/publication/284054686_Peatlands_and_carbon/links/56b1c80508ae56d7b06b29e3/Peatlands-and-carbon.pdf. [Consultado 7 de agosto 2024].

35. Piñones, A., y Domínguez, E. (2021). Evolución y aspectos críticos de la nueva normativa sobre protección del musgo *Sphagnum magellanicum* en Chile. En funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de *Sphagnum* en la región de Aysén (pp. 323–344). [En línea]. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67739>. [Consultado 8 de junio 2024].
36. Poblete, P. (2023). Productos forestales no madereros. [En línea]. <https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/boletines-estadisticos/boletin-pfnm>. [Consultado 10 de junio 2024].
37. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2022). Evaluación mundial de las turberas. El estado de las turberas del mundo: evidencia para la acción hacia la conservación, restauración y gestión sostenible de las turberas. Resumen para responsables de políticas. Iniciativa mundial para las turberas. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi. [En línea]. https://globalpeatlands.org/sites/default/files/2024-01/Global%20Peatlands%20Assessment%20-%20The%20State%20of%20the%20World%E2%80%99s%20Peatlands%20-%20Summary%20for%20Policy%20Makers%20%5BES%5D_0.pdf. [Consultado 7 de agosto 2024].
38. Quintana, G. (2020, agosto 26). Chiloé está perdiendo sus más importantes reservorios de agua dulce. Diario UACH. [En línea]. <https://diario.uach.cl/chiloe-esta-perdiendo-sus-mas-importantes-reservorios-de-agua-dulce/#:~:text=En%20el%20Archipi%C3%A9lago%20de%20Chilo%C3%A9,el%20musgo%20Sphagnum%20magellanicum%2C%20tambi%C3%A9n>. [Consultado 05 de junio 2023].
39. Quinteros, Y., Monroy, O., y Zarco, M. (2021). Turberas en Valle del Alto Mayo, Perú: importancia, amenazas y perspectivas de conservación. *Ciencia ergo sum*, 28(1), 1–11. [En línea]. <https://doi.org/10.30878/ces.v28n1a10>. [Consultado 15 de mayo 2024].
40. Ramsar. (2007). Documento informativo Ramsar No. 1 ¿Qué son los humedales? [En línea]. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>. [Consultado 07 de mayo 2023].
41. Ribeiro, K., Pacheco, F., Ferreira, J., de Sousa, E., Hastie, A., Krieger, G., Alvalá, P., Forti, M., y Ometto, J. (2021). Tropical peatlands and their contribution to the global carbon cycle and climate change. *Global Change Biology*, 27(3), 489–505. [En línea]. <https://doi.org/10.1111/gcb.15408>. [Consultado 23 de mayo 2024].
42. Rossi, M., y Pancotto, V. (2022). *Sphagnum magellanicum*. Ficha científica. [En

- línea]. <file:///C:/Users/cs1/Downloads/23-26.pdf>. [Consultado 21 de abril 2024].
43. Saavedra, B., y Figueroa, A. (2015). Visión y experiencias para la conservación de turberas en Chile. En Domínguez, E., y Vega, (Eds.), *Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes* (Vol. 33, pp. 317–332). Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro regional de investigación Kampenaike.
44. Salinas, J., Gaudig, G., Krebs, M., Moya, I., y Silva, F. (2024). Turberas y cosecha de *Sphagnum* en la región de Aysén, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 43–63. [En línea]. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.606>. [Consultado 14 de junio 2024].
45. Salinas, J., Gómez, C., y Poblete, P. (2021). El mercado del musgo *Sphagnum* y su importancia como un PFMN en las comunidades rurales de la región de Aysén. En Domínguez, E., y Martínez, M. (Eds.), *Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén* (pp. 276–295). Colección de libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 41. [En línea]. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/67739>. [Consultado 15 de junio 2024].
46. Savoretti, A., y Ponce, J. (2020). Briofitas de Tierra Del Fuego: pequeñas plantas, grandes actores ecológicos. *Revista La Lupa colección Fuegoína de divulgación científica*, 34–38. [En línea]. <https://www.coleccionlalupa.com.ar/index.php/lalupa/article/view/53/165>. [Consultado 21 de abril 2024].
47. Universidad de la Frontera. (2016). Manual para la masificación artificial del musgo *Sphagnum magellanicum*. Proyecto financiado por la Fundación para la Innovación Agraria. [En línea]. <[PYT-2012-0087 ANEXO 1 MANUAL \(1\).pdf](#)>. [Consultado 23 de mayo 2023].
48. United States Department of Agriculture [USDA]. (2018). Field indicators of hydric soils in the United States a guide for identifying and delineating hydric soils version 8.2, 2018. [En línea]. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Field_Indicators_of_Hydric_Soils.pdf. [Consultado 14 de mayo 2024].
49. Valdebenito, C., Oliván, G., y Fuertes, E. (2011). Taller las turberas y el pompón. [En línea]. https://turberas.cl/wp-content/uploads/2017/09/guia_taller_escuela.pdf>. [Consultado 02 de mayo 2024].
50. Valdés, A., Kutzbach, L., Celis, J., Armesto, J., Holl, D., y Perez, J. (2019). Effects of disturbance on the carbon dioxide balance of an anthropogenic peatland in northern Patagonia. *Wetlands Ecology and Management*, 27(5–6), 635–650. [En línea]. <https://doi.org/10.1007/s11273-019-09682-3>. [Consultado 15 de mayo

2024].

51. Vásquez, J. (2008). Características anatómicas, propiedades fisicoquímicas y capacidad de retención de agua en gametofitos de *Sphagnum magellanicum* brid. en un gradiente latitudinal. [Escuela de Química y Farmacia, Universidad Austral de Chile]. [En línea]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fcv335c/doc/fcv335c.pdf>. [Consultado 18 de mayo 2023].
52. Verhoeven, JTA., and Liefveld, WM. (1997). The ecological significance of organochemical compounds in *Sphagnum*. Acta Botánica Neerlandica, 46(2), 117–130. [En línea]. <https://doi.org/10.1111/plb.1997.46.2.117>. [Consultado 16 de junio 2024].
53. Villagrán, C., Barrera, E., Cuvertino, J., y García, N. (2003). Musgos de la Isla Grande de Chiloé, X región, Chile: lista de especies y rasgos fitogeográficos. [En línea]. https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-64488_archivo_01.pdf. [Consultado 30 de mayo 2023].
54. Villaroel, M., Biolley, E., Yañez, E., y Peralta, R. (2002). Caracterización químico nutricional del musgo *Sphagnum magellanicum*. Scielo, 52. [En línea]. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000400011. [Consultado 25 de abril 2023].
55. Vivanco, N. (2017). Humedales y turberas en Chile. [En línea]. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/24257/2/Humedales_y_turberas_en_Chile_CMA_2017_FINAL.pdf. [Consultado 08 de mayo 2023].
56. Yu, Z. (2012). Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. Biogeosciences, 9(10), 4071–4085. [En línea]. <https://doi.org/10.5194/bg-9-4071-2012>, [Consultado 10 de mayo 2024].
57. Zegers, G., Larraín, J., Díaz, M., y Armesto, J. (2006). Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. Revista ambiente y desarrollo de CIPMA, 28 – 34. [En línea]. <https://biblioteca.cehum.org/bitstream/CEHUM2018/1389/1/Zegers%2C%20Larra%C3%ADn%2C%20D%C3%ADaz%2C%20Armesto.%20Impacto%20ecol%C3%B3gico%20y%20social%20de%20la%20explotaci%C3%B3n%20de%20pomponales%20y%20turberas%20de%20Sphagnum%20en%20la%20Isla%20Grande%20de%20Chilo%C3%A9.pdf>. [Consultado 11 de mayo 2024].