

TURBERAS DE AYSÉN, PRESENTE Y FUTURO

Fernán Silva Labbé

Turberas de Aysén, presente y futuro.....	1
1. ¿Qué son las Turberas?	3
Tipos de turberas según su origen para la Región de Aysén (ver Tabla 1):	3
Pero también las turberas se pueden diferenciar según su condición:	3
Desde el punto de vista de la cobertura o asociación vegetal:.....	3
2. Distribución mundial de las turberas	5
3. Formación de las turberas.....	6
4. Turberas de origen glaciar.....	7
5. Turberas en relación al último máximo glaciar (18.000 años antes del presente).....	8
6. Turberas intactas.....	9
7. Turberas drenadas	10
8. Turberas en Aysén.....	12
9. Turberas ombrogénicas o elevadas.....	14
10. Turbera graminoide.....	15
11. Turbera arborescente.....	17
12. Turbera pulvinada	18
13. Turbera antropogénica – mallín.....	19
Paludicultura	20
Literatura citada	21



Figura 1: turbera natural intacta (Laguna Caiquén. Comuna de Tortel)



Figura 2: turbera natural cosechada (El Pangal, comuna de Puerto Aysén)



Figura 3: turbera drenada (sector puente Dunn, comuna de Aysén).

1. ¿Qué son las [Turberas](#)?

Básicamente, un suelo con un contenido orgánico superior al 20% se define como **suelo orgánico**, sin embargo, los suelos de turba pueden tener **un contenido orgánico superior al 75%**. En 1930, en el Segundo Congreso Internacional de Ciencias del Suelo, se definió **la turba como un suelo orgánico de al menos 50 cm de espesor, 1 ha de extensión aérea y que contiene <35 % de cenizas**. Esta definición incluía la extensión como parámetro definitorio, pero rara vez se ha utilizado un umbral de extensión como criterio en definiciones o aplicaciones actualizadas (Laurenco et al, 2023).

Los restos vegetales en la turba se pueden encontrar en diversos grados de descomposición (que van desde etapas no descompuestas hasta altamente descompuestas); por lo tanto, el suelo de turba a menudo presenta un color marrón oscuro a negro y una consistencia esponjosa con un olor distintivo. Según el grado de descomposición y el contenido de fibra, la turba se puede clasificar en tres tipos (Glenn et al, 2015; MMA-ONU, 2022):

- (1) [turba fibrosa](#) (horizonte fíbrico),
- (2) [turba semi-fibrosa](#) (horizonte hémico) y
- (3) [turba amorfa](#) – horizonte sáprico

Tipos de turberas según su origen para la Región de Aysén (ver Tabla 1):

- **Turberas naturales (Capítulo 4)** o de **origen glaciar**,
- **Turberas ombrogénicas** o elevadas (**Capítulo 9**): se forman en áreas donde las precipitaciones exceden el drenaje y la evapotranspiración del suelo, se alimentan exclusivamente de la lluvia.
- **Turberas antropogénicas (Capítulo 13)** originadas sobre bosque quemado.

Tipos de turberas según su condición:

- **Turberas intactas (Capítulo 6)**: no han sido sometidas a ninguna perturbación significativa como drenado, quema, extracción de madera o musgo.
- **Turberas drenadas (Capítulo 7)**: donde se ha deprimido la napa artificialmente mediante drenes colectores o interceptores de la napa freática.

Tipos de turberas según cobertura o asociación vegetal:

- **Turbera gramínoideas (Capítulo 10)**: dominada por juncáceas, juncagináceas y ciperáceas
- **Turbera arborescente (Capítulo 11)**: dominada por estrato arbóreo de coihue de Magallanes o ciprés de las guaitecas
- **Turbera pulvinadas** - en cojín (**Capítulo 12**).

Tabla 1: Figuras de turberas según su denominación

<p>Turbera Antropogénica sobre bosque quemado</p>	<p>Turbera Arborescente</p>
<p>Turbera Drenada: habilitada para el pastoreo</p>	<p>Turbera Graminiforme: de junciformes y gramíneas</p>
<p>Turbera Intacta o prístina</p>	<p>Turbera Ombrogénica: alimentadas sólo por lluvia</p>
<p>Turbera Pulvinada: en cojines</p>	<p>Turbera Glaciar: por colmatación -sedimentación</p>

2. Distribución mundial de las turberas¹

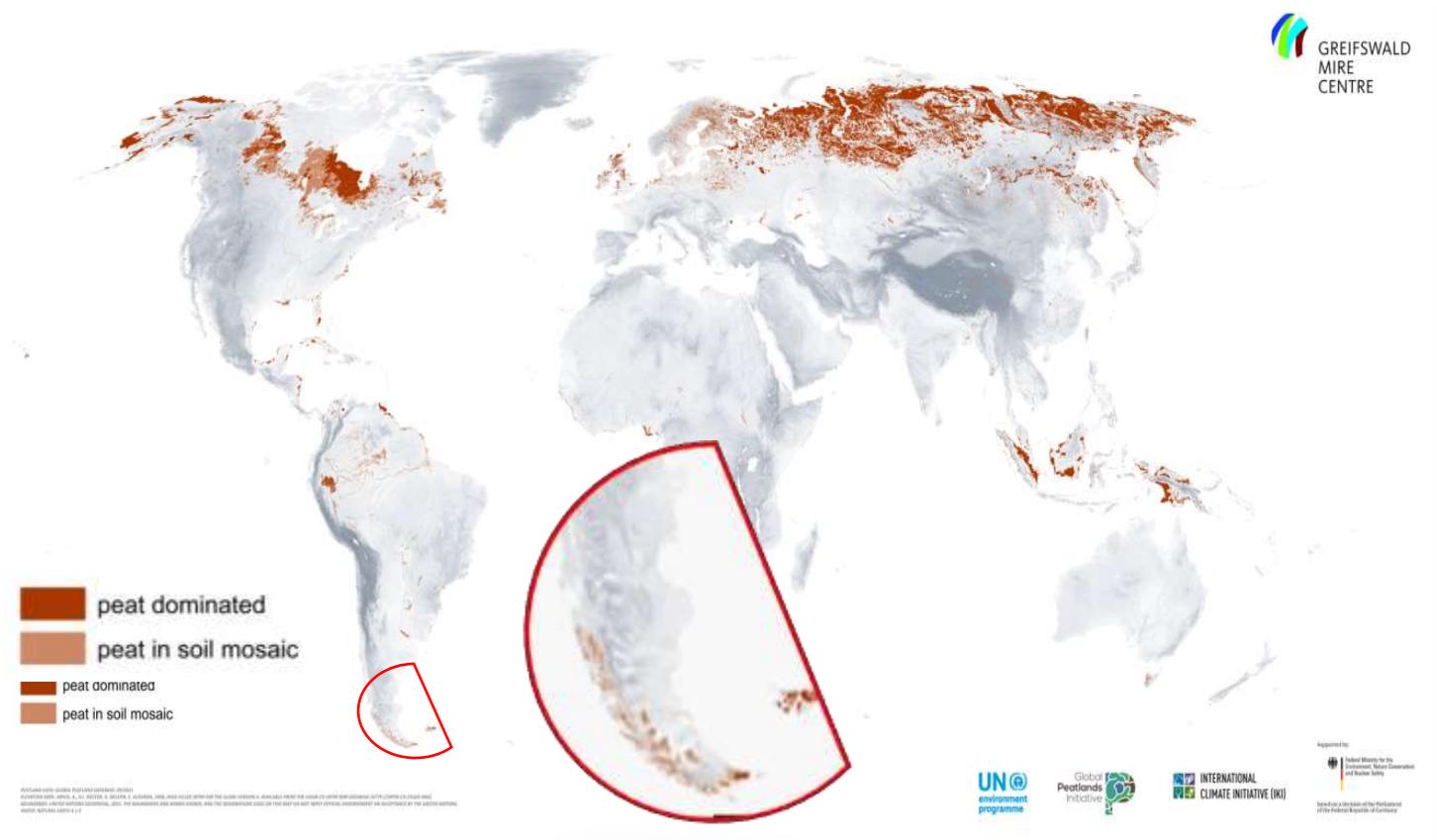


Figura 4: Mapa mundial de turberas. Fuente: <https://www.greifswaldmoor.de/global-peatland-database-en.html>

El cono sur de América concentra la mayor distribución de turberas del hemisferio junto con turberas tropicales, Indonesia y las islas Farkland (Figuras 1 a 4).

¹ <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1813305116>

3. Formación de las turberas²

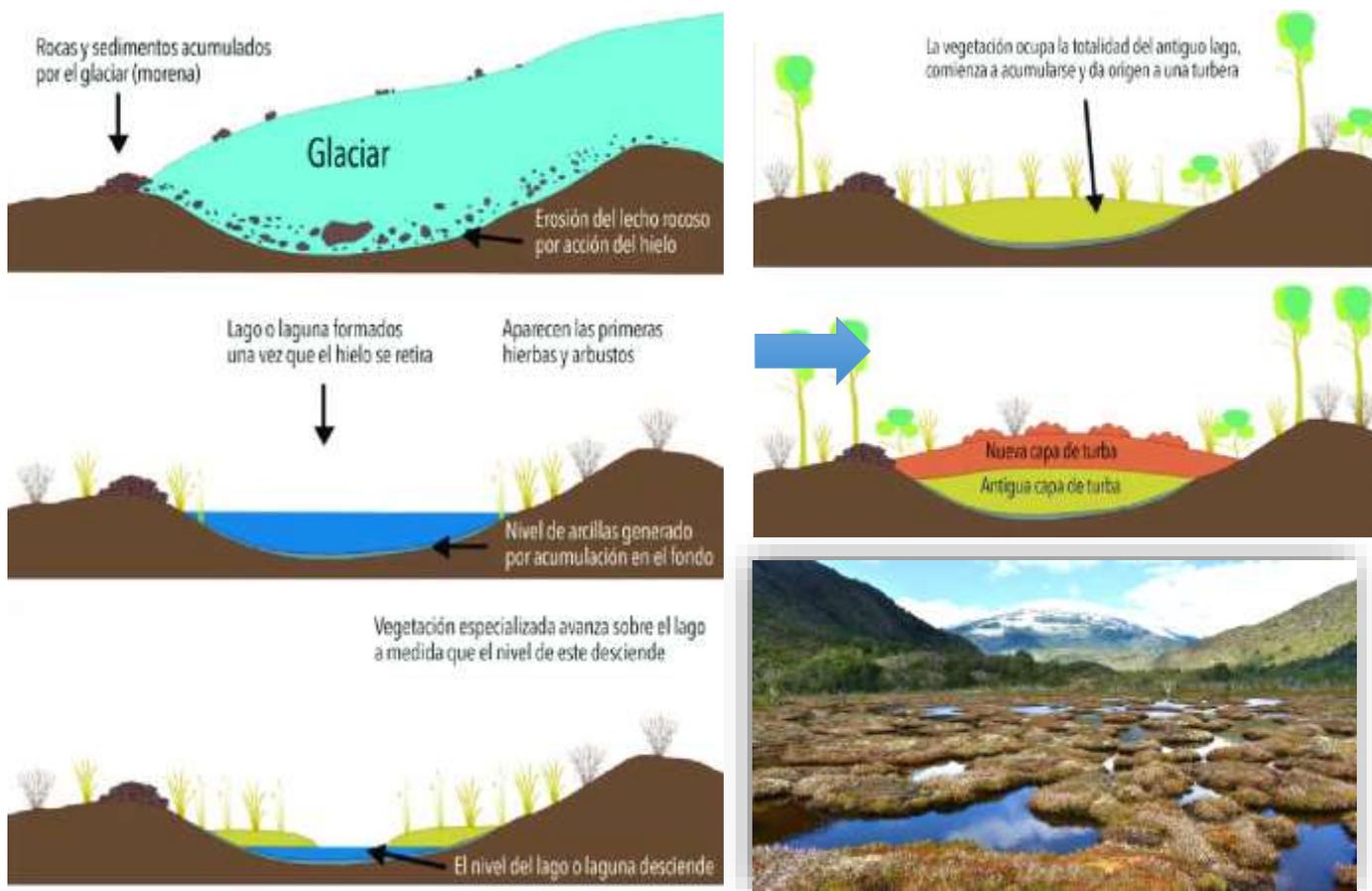


Figura 5: Turberas naturales mixtas ombrofíticas -mineralotróficas (Ponce et al, 2014).

² https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/5569/CONICET_Digital_Nro.6913_A.pdf?sequence=2

4. Turberas naturales de origen glaciar

Las turberas naturales son suelos tipo histosoles que pueden llegar a tener varios metros de profundidad con una o varios estratos de turba que se suceden con suelos de origen fluvial, glaciar o volcánico acumulados en horizontes con acumulación de hasta 1 mm de turba al año (Figura 6).

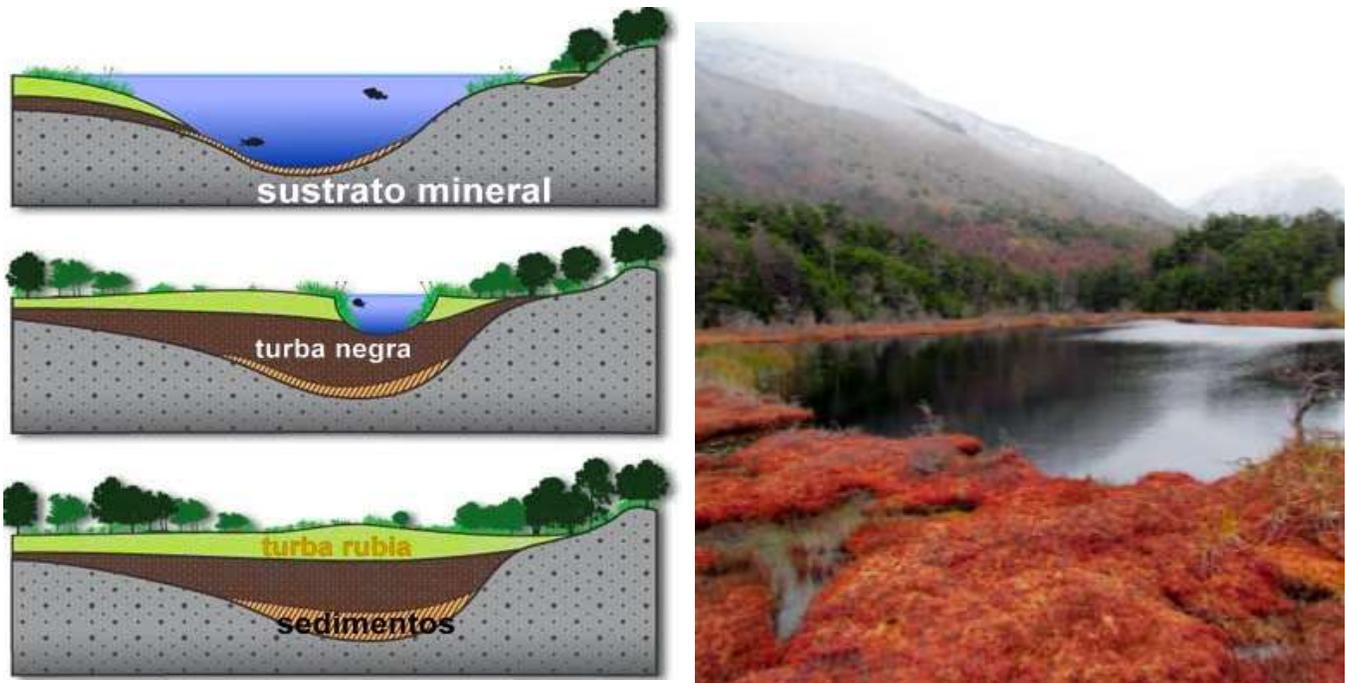


Figura 6: Formación de turbera a partir de lagunas de origen glaciar (<https://turberas.cl/turberas-generalidades/>).

5. Turberas en relación al último máximo glaciar (18.000 años antes del presente).³

- | | | |
|---|---|--|
| <p>Antes -LGM
(círculos naranjas).</p> |  | <p>Todas las turberas del cono sur son posteriores al máximo glaciar y por tanto tienen menos de 18 mil años. Sin embargo, algunos depósitos de turba del sur de Chile pudieran ser anteriores al máximo glaciar (Trat et al, 2019). Desde el sur de la Región de Los Lagos a Tierra del Fuego se observan sólo (pentágonos púrpura) turberas actuales o posteriores a la última glaciación (Figuras 5).</p> |
| <p>Post-LGM
(círculos amarillos),</p> |  | <p>En la Región de Aysén se distinguen de 3 tipos de turberas de Sphagnum: Las no intervenidas de <i>Sphagnum</i>, las mixtas de Sphagnum - pulvinadas no intervenidas y las turberas intervenidas por la cosecha de musgo. Las especies dominantes son <i>Sphagnum magellanicum</i> y <i>Empetrum rubrum</i>. Las turbinas mixtas o pulvinadas no intervenidas son del tipo ombrofítica y minerotrófica, con musgo <i>S magellanicum</i> y <i>E rubrum</i> como estructuradoras, pero con parches de pulvinadas como <i>Donatia fascicularis</i> y <i>Astelia pumila</i>, las que indican que el ambiente es más rico en nutrientes apto para especies fanerófitas.</p> |
| <p>Sin cronología
(cruces negras).</p> |  | |
| <p>Turberas actuales
(pentágonos púrpuras).</p> |  | |

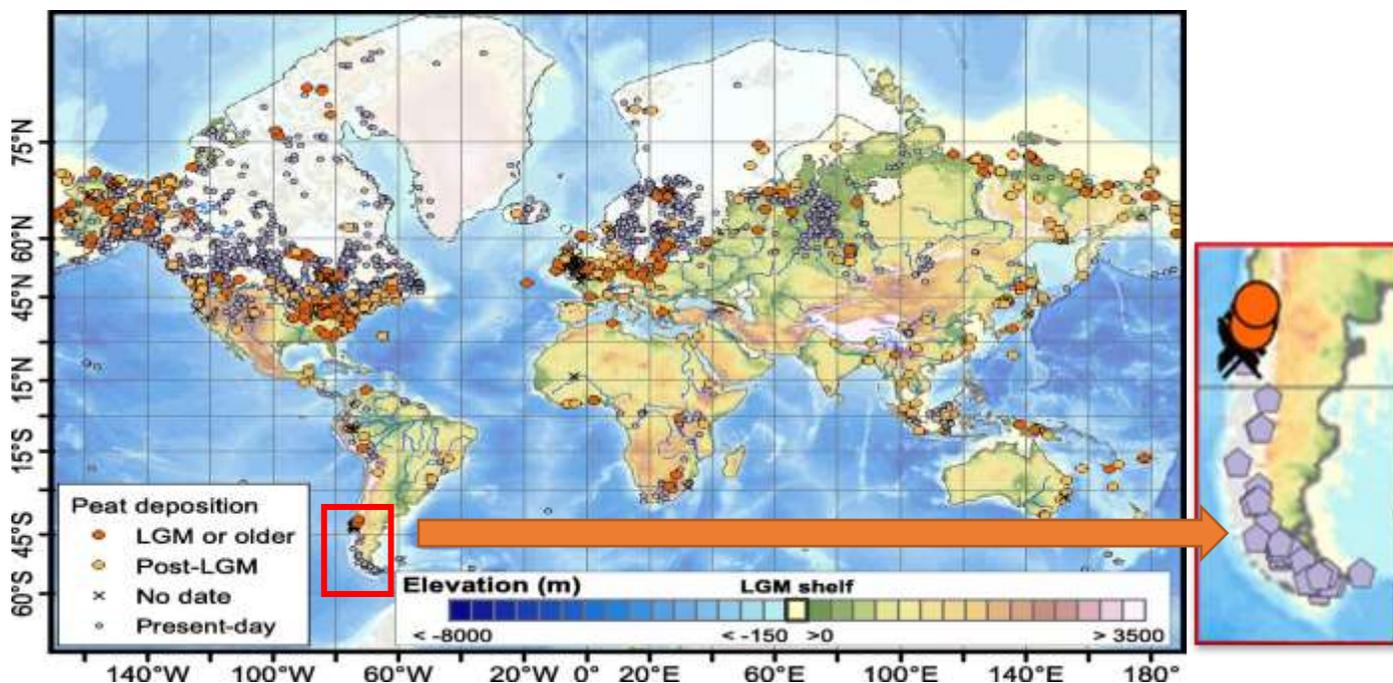


Figura 7: Turberas enterradas y actuales.

Ubicación de **turberas enterradas y turberas actuales**; perfiles de turberas enterradas en relación al máximo glaciar (LGM) aprox hace 18.000 años antes del presente: anteriores (círculos naranjas), post-LGM (círculos amarillos) y perfiles sin control cronológico (cruces negras), y edades basales de turberas actuales (pentágonos morados). Las extensiones de las capas de hielo de Norteamérica/Groenlandia y Escandinavia se muestran mediante un área blanca con borde discontinuo, las áreas expuestas de la plataforma continental durante el LGM (amarillo) se basan en Batimetría utilizando un nivel del mar de -125 m. Las cruces y círculos superpuestos indican múltiples perfiles con y sin control cronológico.

³ <https://doi.org/10.1073/pnas.1813305116>

6. Turberas intactas



Figura 6: Turberas no perturbadas. En la Patagonia de Aysén presentan alta diversidad y endemismo con flora singular como *Drosera uniflora*, *Pinguicula antarctica* y *Tribeles australis*.

Las turberas cubren solo el 3% de la superficie terrestre del mundo, pero contienen 500 giga-toneladas de carbono dentro de su turba, el 21% del carbono total de los suelos de la tierra y **el doble de toda la biomasa de los bosques del mundo.**⁴

La flora de **las turberas de *Sphagnum* intactas o naturales (o turberas esfangosas)** son de **origen glacial** y pueden tener una data de varios miles de años. En cuanto a riqueza florística en la Patagonia, alcanza al menos 67 especies, de las cuales 26 son endémicas para América del Sur. La mayor riqueza y diversidad botánica se encuentra en las turberas de *Sphagnum* y el las pulvinadas no intervenidas. Las plantas más frecuentes y estructurantes de las turberas son *Sphagnum magellanicum* y *Empetrum rubrum* (Domiguez y Silva, 2021). De acuerdo a la Figura 6, las turberas intactas acumulan hasta 4 Ton CO₂ al año /ha pero también pueden llegar a emitir hasta 8 Ton de CO₂/ha/año.

⁴ https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-39408-9_6

7. Turberas drenadas

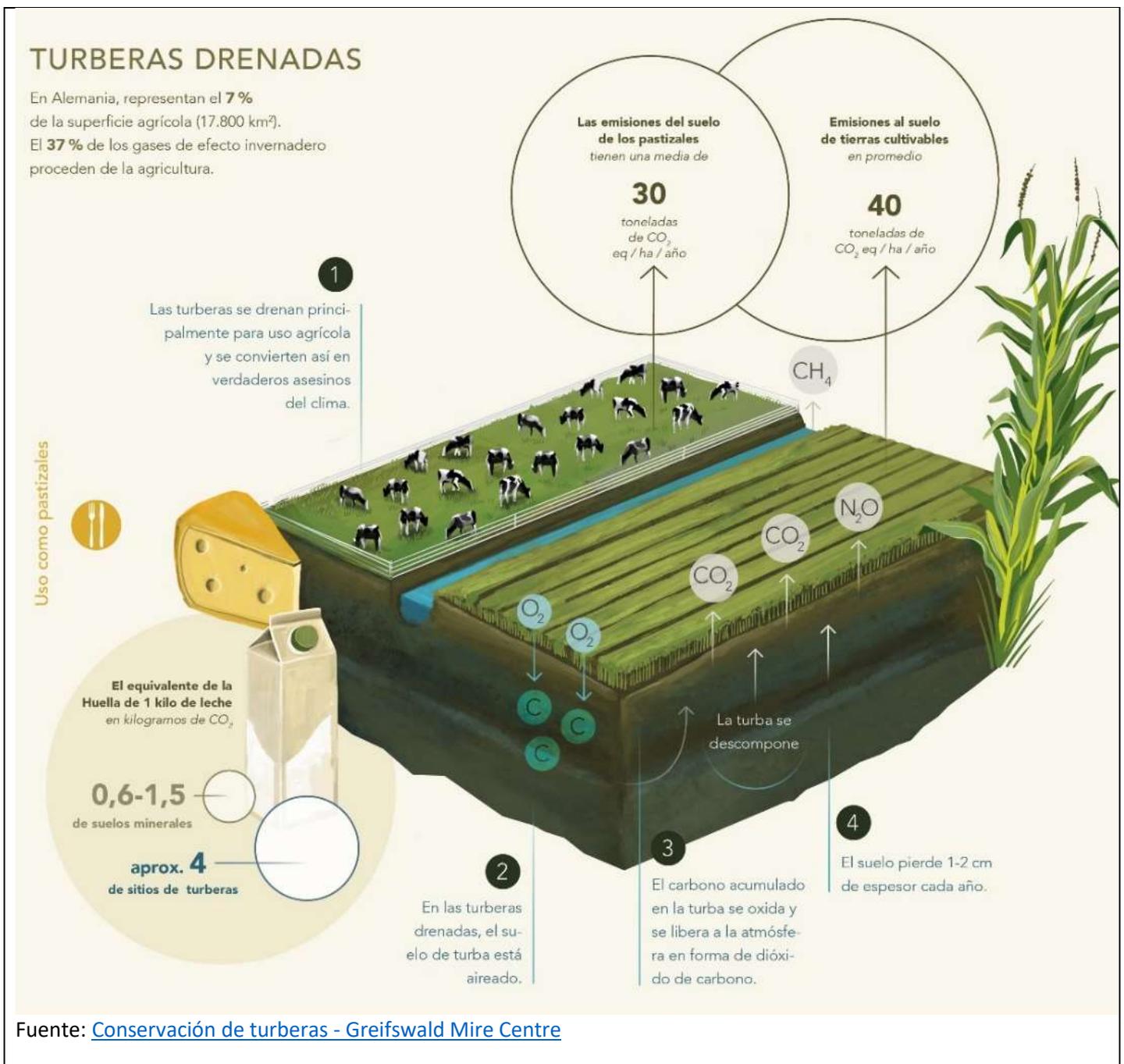


Figura 7: Turberas drenadas.

El drenaje de las turberas permite que el oxígeno entre en la turba, lo que da como resultado emisiones de CO₂ y, a menudo, también de N₂O. Si bien cubren solo el 0,3% de la superficie terrestre del mundo, las turberas drenadas causan emisiones desproporcionadamente altas de CO₂ y generan casi el 5% de las emisiones antropogénicas de CO₂ del mundo (2 gigatoneladas de CO₂ por año). (MLUV MV 2009).

El drenaje las turberas está asociado con la reducción de los niveles freáticos y el consiguiente hundimiento de la turba agota el suelo literal provocando una pérdida a gran escala de humedales y sus servicios ecosistémicos.

Como se muestra en la Figura 7, el drenaje genera pérdidas de 30 a 40 Ton CO₂/ha/año.

La forestación de turberas drenadas, manteniendo su estado drenado, no es equivalente a la restauración de ecosistemas, ya que no restaurará la flora, la fauna y las funciones del ecosistema de turberas. En la actualidad, no hay pruebas suficientes que respalden los beneficios a largo plazo de la mitigación del cambio climático de la forestación activa de las turberas drenadas.

La mayoría de los estudios solo se centran en las ganancias a corto plazo de la biomasa en pie y rara vez exploran las emisiones del ciclo de vida completo asociadas con la forestación de turberas drenadas. El secuestro de CO₂ de un bosque y/o plantación en turberas drenadas no puede compensar la pérdida de carbono de la turba a largo plazo ya que la biomasa se recicla y no se acumula como ocurre en las turberas intactas.

En algunos ecosistemas, como las turberas abandonadas o algunas taladas, la forestación (o la regeneración natural de renoual), puede proporcionar beneficios a corto plazo para la mitigación del cambio climático en comparación con la habilitación de suelos para horticultura y ganadería. Sin embargo, este enfoque viola el concepto de sostenibilidad al

sacrificar la biodiversidad y el almacén de carbono más eficaz en el espacio de la biosfera terrestre, el almacén de turba a largo plazo, por un almacén de carbono a corto plazo, menos eficaz en el espacio y más vulnerable, a saber, la biomasa de los árboles.

En consecuencia, **la forestación activa de turberas** drenadas no es una opción viable para la mitigación del cambio climático. Para restaurar las turberas degradadas, primero se deben mejorar las condiciones hidrológicas, principalmente a través de la re-humectación (Jurasinski et al, 2023).

Sin embargo, el **borde de la turbera** es un área de amortiguación forestal y una zona de transición en que debemos realizar reforestación y enriquecimiento para evitar que los impactos que generan en el entorno, lleguen a nuestro humedal (León et al, 2024).

8. Turberas en Aysén

Provincia	Superficie (ha)			
	Comuna	Estudio	SNASPE	SNASPE Regional
Aysén	Aysén	2.526	784	53
	Cisnes	1.494	111	8
	Guaitecas	431	-	-
Coyhaique	Coyhaique	301	-	-
	Lago Verde	564	13	1
General Carrera	Chile Chico	96	83	6
	Ibáñez	33	-	-
Capitán Prat	Cochrane	2.682	102	7
	O'Higgins	4.338	151	10
	Tortel	2.775	226	15
Total turberas Sphagnum		15.240	1.470	100

Existe una marcada diferencia en la composición botánica dentro y fuera de SNASPE. Se puede verificar que existen cerca de 18 mil ha de turberas de Sphagnum pero dentro de esta cobertura existe una marcada diferencia de composición según si están dentro o fuera del SNASPE, existiendo un aumento significativo de juncáceas, ciperáceas y especies leñosas (*Empetrum rubrum* y *N. betuloides*) fuera de las áreas protegidas (figura 9).

Figura 8: Flora de las Turberas de Sphagnum

- ❑ Cubren el **3% de la superficie de Chile:**
 - ❑ 2,3 millones de hectáreas.
 - ❑ 2 millones en la región de Magallanes. Más del 80 % dentro de ASP.
- ❑ Cubre 15.240 ha en Aysén, 10% dentro de SNASPE.

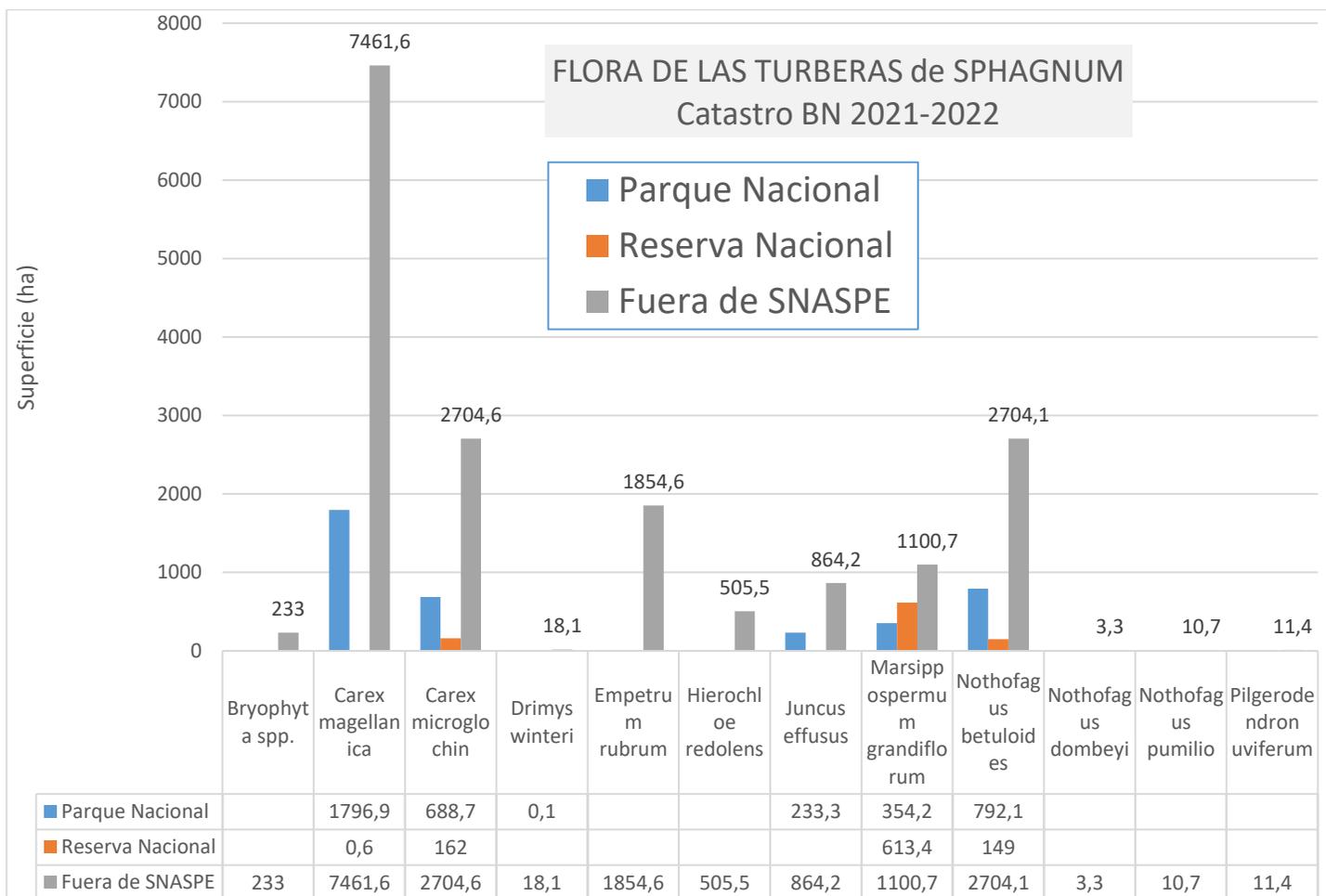


Figura 9: Flora de las turberas del Sphagnum dentro y fuera del SNAP (<https://sit.conaf.cl/>)

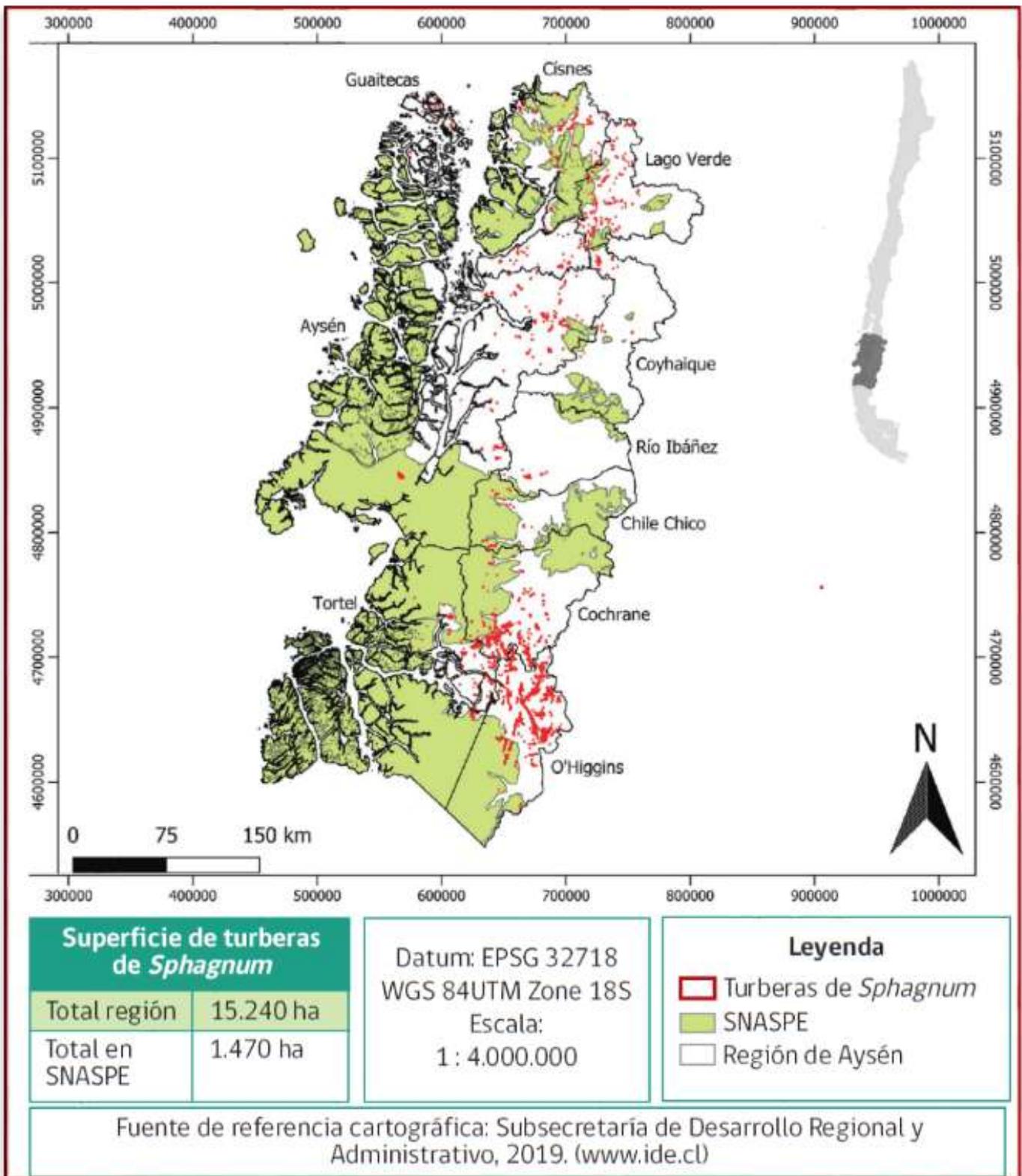


Figura 10: Superficie de turberas de Sphagnum en la Región de Aysén

9. Turberas ombrogénicas o elevadas

Las turberas **ombrogénicas, ombrotróficas, ombrofíticas** o elevadas son irrigadas exclusivamente por agua de lluvia sin tener mayores aportes de origen freático o de manantiales. La formación de turba tiene lugar independiente del nivel freático de la turbera. (Monsalve et al, 2021⁵).



Figura 11: Turbera ombrogénica (ombrofítica) o elevada. Camino a Villa O'Higgins.

Este tipo de turberas sólo se aprecia en la región en la Comuna de O'Higgins, donde el frío y la precipitación permiten la proliferación de turberas en laderas y sitios aparentemente secos pero expuestos a persistentes lluvias todo el año.

⁵ <https://www.scielo.cl/pdf/gbot/v78n1/0717-6643-gbot-78-01-38.pdf>

10. Turbera graminoide

Las turberas graminoideas son frecuentes fuera de SNASPE (Figuras 9, 14 y 15) y tienen relación con la perturbación de las turberas intactas ya que la disminución del suministro de aguas oligotróficas y el mayor suministro de nutrientes a través de la habilitación de praderas y del pastoreo/ramoneo de ganado además de la mayor mineralización de la materia orgánica producto del drenaje, favorecen el establecimiento y dominancia de [Schoenus antarcticus](#), [Carpus schoenoides](#), [Carex canescens](#), [Carex magellanica](#) y [Carex microglochin](#), entre otras.

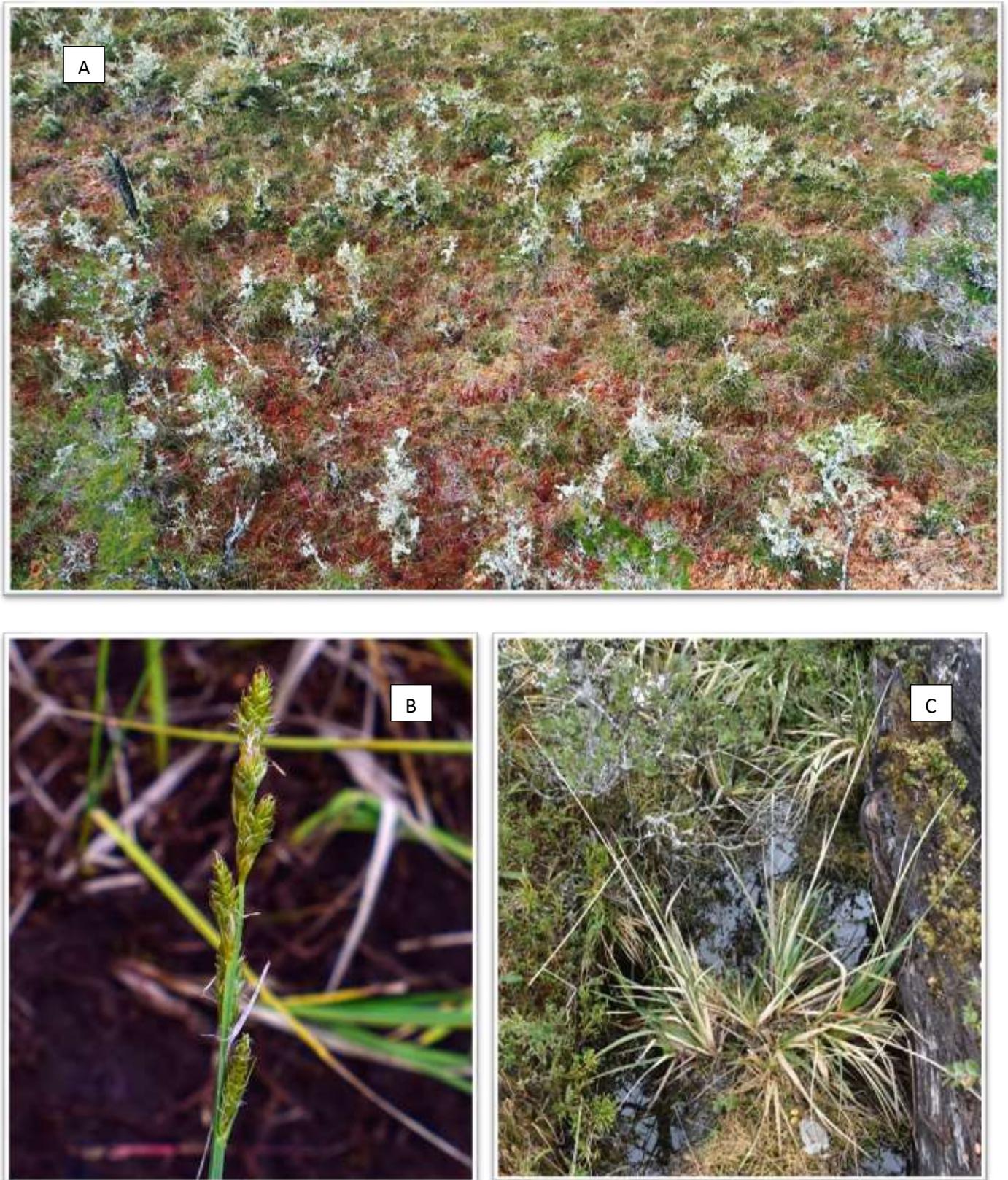


Figura 12: Turbera graminoide. Sector Santa Teresa (A), La Tapera. Comuna de Coyhaique, *Carex canescens* (B), *Nicoraepoa* sp (C).

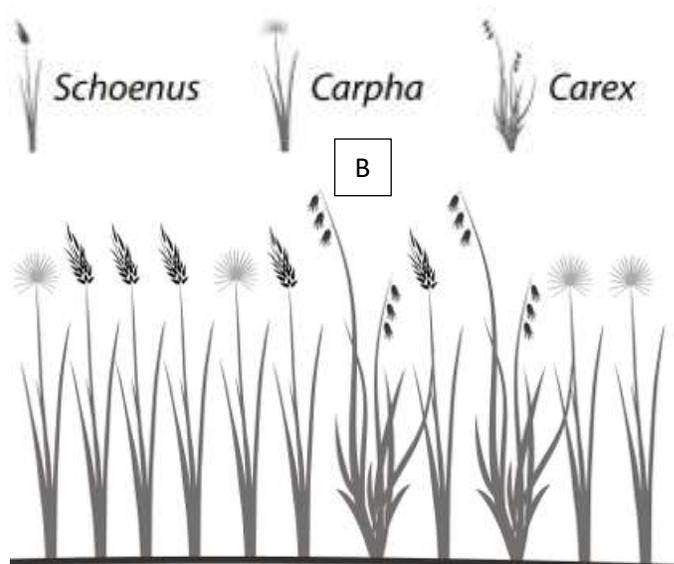
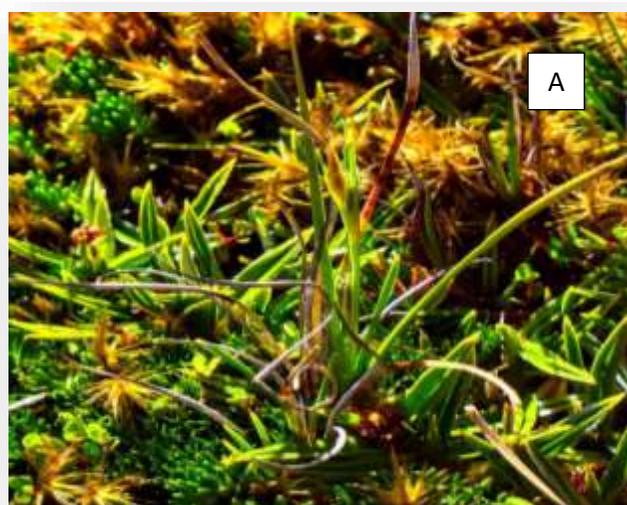


Figura 15: *Schoenus antarcticus* (Hook. f.) Dusén (A y D), *Carpha schoenoides* Banks & Sol. ex Hook. f. (, *Carex canescens* L., *Carex magellanica* Lam. Y *Carex microglochin* Wahlenb. Tibujo esquemático (B) tomado de Oberpaul et al, 2018.

11. Turbera arborescente



Figura 16: Nothofagus betuloides (Mirb.) Oerst. Y Drimys winteri (G. Forst.) Oerst.

Las Turberas arborescentes son frecuentes fuera de SNASPE (Figura 9) donde domina *N. betuloides* y *Drimys winteri*. Pueden originarse en los bordes de turberas esgamosas y/o como transición de turberas naturales o de origen glaciar (Figura 16). Estas turberas son las más expuestas al cambio de uso ya que suelen considerarse como renoual de bosque nativo y no son reconocidas en el inventario de turberas del MMA. Se pueden observar en los bordes de turberas intactas o naturales que están siendo drenadas y/o por tanto, sólo pueden evidenciarse a través del estudio del perfil de suelos que arrojan porcentajes de materia orgánica superiores al 60%.

12. Turbera pulvinada

Se caracteriza por estar dominada por plantas en cojines compactos y duros de las especies *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*, las que pueden estar arbustivos como con briófitas, herbáceas como de los géneros *Caltha*, *Bolax* y *Oreobolus* (sin *Gaimardia*) *obtusangulus*. A veces forma parches dentro de turberas de *Sphagnum* y turberas gramínoideas de *Tetroncium*, *Oreobolus* y *Carex*. Se presentan cuando hay sustrato mineral en el subsuelo y en el entorno (Figura 17).

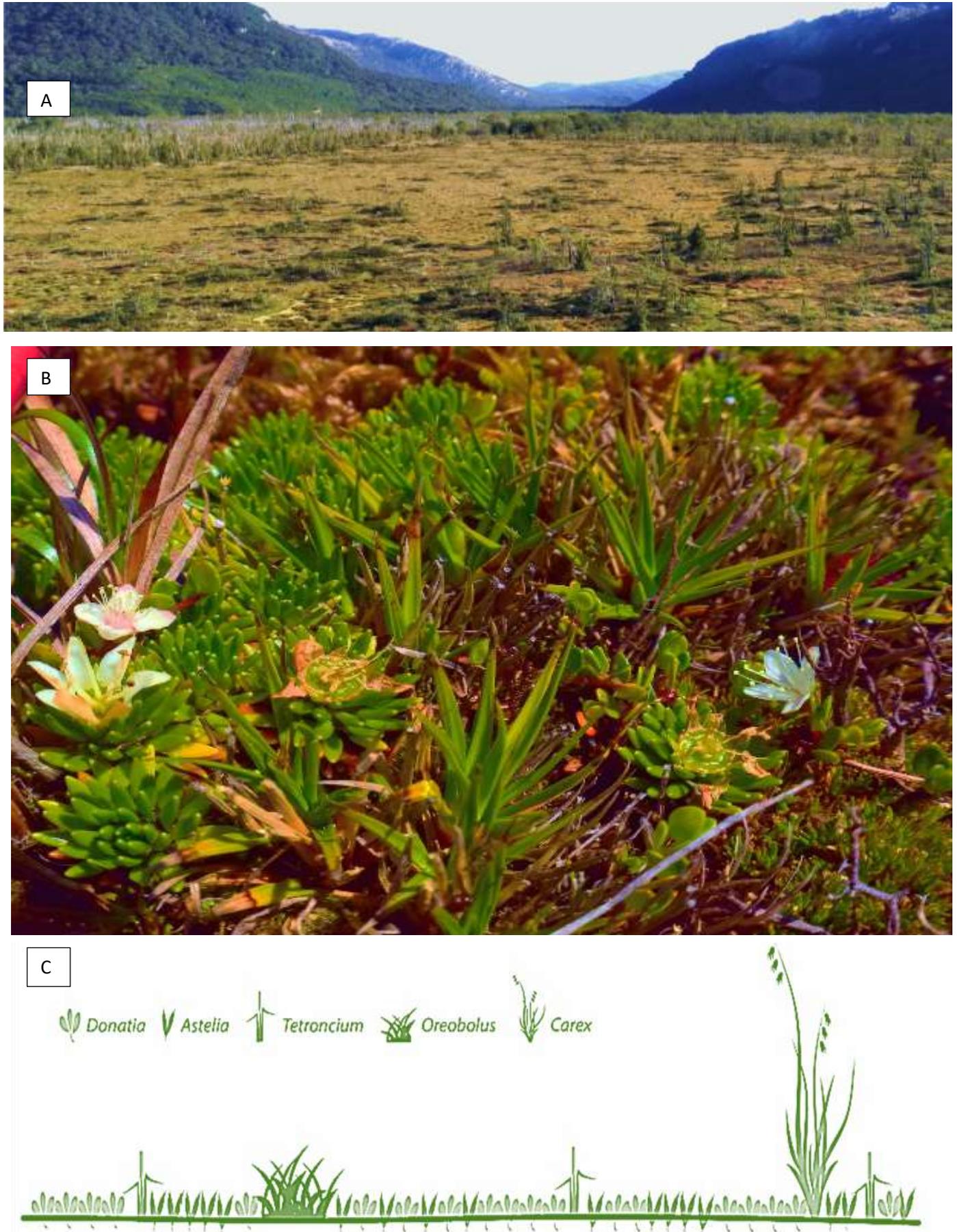


Figura 17: Aspecto (A) y detalle de turbera pulvinada (B). Dibujo (C) tomado de Oberpaul et al, 2018.

13. Turbera antropogénica – mallín⁶

Las turberas antropogénicas o sobre bosque quemado son las más comunes y se originada cuando los **hualves** o bosques fluviales son quemados y surge como colonizadora la cobertura de Sphagnum entre otras especies pioneras del bosque siempreverde. A diferencia de las turberas naturales, estas tienen suelos recientes que descansan sobre fierrillo o concreción férrica y tienen una dinámica hídrica que depende principalmente de las lluvias ya que se rehidratan mucho más rápido que las turberas naturales por presentar la napa freática muy cerca de la superficie.



Figura 18: Aspectos de turbera arborescente Dibujo tomado de <https://turberas.cl/turberas-generalidades/>

⁶ <https://turberas.cl/turberas-generalidades/>

PALUDICULTURA



Figura 8: Paludicultura en turberas. Fuente: [Conservación de turberas - Greifswald Mire Centre](#).

Existe una necesidad urgente de rehumectar las turberas desde una perspectiva tanto ambiental como de política climática (Teeb de, 2014). La rehumectación de las turberas debería vincularse más a menudo a la paludicultura y la restauración ecológica (León et al, 2024).

Esta utilización de las turberas húmedas incluye formas tradicionales de uso en el hemisferio norte como por ejemplo, la cosecha de juncos para techar, para biomasa como combustible sólido, materia prima industrial y como sustrato para horticultura. La sobrecosecha del musgo pompón, el cambio de uso (parcelas y/o equipamiento), drenes, descarpes, rellenos y uso de fertilizantes o pesticidas, impiden la regeneración del musgo pompón (León et al, 2024) por lo tanto degradan la turbera y generan emisiones de GEI como CO₂, CH₄ y NO₂.

De acuerdo con [Conservación de turberas - Greifswald Mire Centre](#), las turberas y otros suelos orgánicos representan solo hasta el 5 % de la superficie de algunos países, pero son de gran importancia, especialmente para la mitigación del cambio climático. Lo especial de los árboles enterrados bajo las turberas, es que almacenan grandes cantidades de carbono, que se formaron durante miles de años por la deposición de restos de plantas bajo el agua. Sin embargo, solo una pequeña parte de nuestras turberas todavía se encuentran en estado naturalmente húmedo. Con el fin de utilizarlas para la agricultura y la silvicultura o para la extracción de turba y musgo Sphagnum, se drenan las turberas. El proceso de drenaje sedimenta la turba y emite CO₂, el suelo pierde altura continuamente. En particular, los suelos de turberas utilizados como tierras intensivas y tierras cultivables causan altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de 20 a 120 toneladas de CO₂ equivalente por hectárea por año. ¡Aquí! Cuanto más bajo sea el nivel del agua, mayores serán las emisiones de GEI. En total, las turberas desarrolladas son responsables del hasta el 7% de las emisiones totales de GEI. Solo elevando el nivel del agua se pueden reducir las emisiones de GEI de las turberas drenadas y por lo tanto es imperativo clausurar los drenes como prioridad en cualquier iniciativa de restauración.

En las turberas en proceso de restauración por rehumectación, se puede desarrollar una vegetación formadora de cúmulos (de Sphagnum) en torno a los árboles y arbustos remanentes y se pueden crear nuevos hábitats para especies animales y vegetales raras (las endémicas y originales de la turbera). Estas áreas pueden ser utilizadas para el turismo de la naturaleza cuando tienen alto valor ambiental o pueden seguir siendo utilizados productivamente (en parte) en forma de Paludicultura al utilizar la biomasa emergente de musgo Sphagnum. La implementación de la rehumectación y la Paludicultura requiere un replanteamiento de incentivos y apoyo estatal o de organismos asociados al [mercado de carbono](#), donde la medición de la adicionalidad al stock de carbono es fundamental.

LITERATURA CITADA

- **DOMÍNGUEZ, E Y FERNÁN SILVA LABBÉ. 2021.** Flora y vegetación de turberas de Sphagnum en la región de Aysén, Chile. En libro: Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén (pp.193 - 231).
 - **JURASINSKI, G., BYRNE, K., CHOJNICKI, B. H., CHRISTIANSEN, J. R., HUTH, V., JOOSTEN, H., JUSZCZAK, R., JUUTINEN, S., KASIMIR, Å., KLEMEDTSSON, L., KOTOWSKI, W., KULL, A., LAMENTOWICZ, M., LINDGREN, A., LINKEVIČIENĖ, R., LOHILA, A., MANDER, Ü., MANTON, M., MINKKINEN, K., ... COUWENBERG, J. 2023.** La forestación activa de turberas drenadas no es una opción viable en virtud de la Ley de Restauración de la Naturaleza de la UE. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7831174>
 - **GLENN B. STRACHER, ANUPMA PRAKASH, GUILLERMO REIN, 2015.** -Peat: Its Origins, Characteristics, and Geological Transformations, Editor(s). Chapter 2 in *Coal and Peat Fires: a Global Perspective*, Elsevier, 2015, Pages 13-38,
 - **HEUZEROTH, SARAH (2024).** Turberas intactas - turberas drenadas - turberas en paludicultura. Centro Greifswald Mire; con licencia CC BY 4.0 [Material informativo - Greifswald Mire Centre](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
 - **LOURENCO, M., FITCHETT, JM Y WOODBORNE, S. (2023).** Definiciones de turba: una revisión crítica. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 47 (4), 506-520. <https://doi.org/10.1177/03091333221118353>
 - **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 **Ponce, Juan & Coronato, Andrea &**
 - **FERNANDEZ, MARILEN & C., ROIG & RABASSA, JORGE. 2014.** Las turberas de Tierra del Fuego y el clima del pasado. *Ciencia Hoy*. 23. 10-17.
- MMA – ONU Medio Ambiente, 2022.** Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centrosur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 200 p. https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/GUIA_HUMEDALES_2022_BAJA.pdf
- **MONSALVE, Erika; MUNOZ-ARRIAGADA, René; BAHAMONDE, Nelson y VIDAL, Osvaldo J. (2021).** Caracterización ecológica de una turbera ombrogénica en Magallanes: hacia una propuesta de bioindicadores de monitoreo ambiental. *Gayana Bot.* [online]. 2021, vol.78, n.1 [citado 2025-02-12], pp.38-55. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-66432021000100038&script=sci_abstract
 - **OBERPAUR, C., DÍAZ, M. F., & LEÓN, C. (2018).** Turberas de Sphagnum de Chiloé: ¿cómo hacer un uso sustentable? Ediciones Universidad Santo Tomás - RIL Editores.
 - **PONCE, JUAN FEDERICO; CORONATO, ANDREA MARIA JOSEFA; FERNÁNDEZ, MARILÉN; RABASSA, JORGE OSCAR; ROIG, CLAUDIO (2014);** Las turberas de Tierra del Fuego y el clima del pasado; Asociación Civil Ciencia Hoy; *Ciencia Hoy*; 23; 137; 2-2014; 11-17
 - **RODRIGUEZ, A. C. (2015):** “Tipos de sustratos orgánicos en turberas: cuencas de los ríos Baker y Pascua Basins, Región de Aysén-Chile. Claves para su Reconocimiento”. Extracto Tesis Doctoral Clasificación Hidrogeomórfica de Ecosistemas de turberas en cuencas de los ríos Baker y Pascua en la Región de Aysén, Patagonia Chilena (29.07.2015). División de Ciencias del Suelo y Análisis de Sitio. Facultad Ciencias de la Vida-Humboldt Universität zu Berlin.
 - **TEEB DE (2014):** Naturkapital Deutschland – Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.
 - **TREAT CC, KLEINEN T, BROOHAERTS N, DALTON AS, DOMMAIN R, DOUGLAS TA, DREXLER JZ, FINKELSTEIN SA, GROSSE G, HOPE G, HUTCHINGS J, JONES MC, KUHR Y P, LACOURSE T, LÄHTEENOJA O, LOISEL J, NOTEBAERT B, PAYNE RJ, PETEET DM, SANNEL ABK, STELLING JM, STRAUSS J, SWINDLES GT, TALBOT J, TARNOCAI C, VERSTRAETEN G, WILLIAMS CJ, XIA Z, YU Z, VÄLIRANTA M, HÄTTESTRAND M, ALEXANDERSON H, BROVKIN V. (2019).** Widespread global peatland establishment and persistence over the last 130,000 y. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Mar 12;116(11):4822-4827. doi: 10.1073/pnas.1813305116. Epub 2019 Feb 25. PMID: 30804186; PMCID: PMC6421451.

- **UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2024)**. Global Peatland Hotspot Atlas: The State of the World's Peatlands in Maps. Visualizing global threats and opportunities for peatland conservation, restoration, and sustainable management. Nairobi. [Atlas Global de Hotspots de Turberas 2024 | PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente](#)