

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y GEOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
PROGRAMA DE MAGÍSTER EN ANÁLISIS GEOGRÁFICO



**VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE TURBERAS:
ELEMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN E INCORPORACIÓN EN LA
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA CUENCA DEL RÍO AYSÉN.**

Trabajo Final para optar al grado de Magíster en Análisis Geográfico.

Autora: Jocelyn Grace Gorman Dunn

Profesor Guía: Dr. Francisco De La Barrera M.

Concepción, Noviembre 2024.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS	4
INDICE DE TABLAS	5
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
III. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1 Valoración ambiental del territorio.....	14
3.2 Servicios ecosistémicos	14
3.3 Importancia de las Turberas como sumideros de carbono CO ₂	16
3.4 Políticas públicas asociadas a turberas	17
3.5 Plan de Acción Regional de Cambio Climático 2024. Región de Aysén (PARCC).	19
3.6 Extracción de turberas	20
3.6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial y conservación.....	20
IV. ÁREA DE ESTUDIO	22
V. METODOLOGÍA	25
5.1 Estructura del paisaje e identificación de turberas	25
5.2.1 Criterios para la identificación de las turberas.	28
5.2.3 Análisis y comparación de los valores de NDVI, NDWI y bandas espectrales.	30
5.2 Valoración de servicios ecosistémicos de las turberas por medio de técnicas participativas a actores claves	31

5.2.1 Identificación y priorización participativa de los servicios ecosistémicos de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	31
5.2.2 Valoración cualitativa de servicios ecosistémicos y su relación con la extracción de turberas de musgo sphagnum.....	34
5.3 Identificación de los Instrumentos de Ordenamiento Territorial con relación a las turberas de musgo Sphagnum.....	37
5.4 Plan de Acción Regional Cambio Climático Región de Aysén.....	37
5.5 Ley SBAP. Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.	38
VI. RESULTADOS	40
6.1 Análisis del cambio en coberturas de suelo y distribución de turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	40
6.1.1 Identificación y distribución de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	42
6.2 Valoración de los servicios ecosistémicos de musgo <i>Sphagnum</i>	46
6.2.1 Matriz de servicios ecosistémicos según valoración y su relación con la extracción de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	52
6.2.2 Relación entre servicio ecosistémico de regulación y la extracción del musgo Sphagnum	54
6.3 Análisis de los Instrumentos normativos con relación a la problemática de la extracción del musgo Sphagnum	58
6.4 Análisis del Plan de Acción Regional de Cambio Climático 2024	59
6.5 Análisis de la Ley 21.600 Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SBAP).....	60
VII. DISCUSIÓN	64
7.1. Limitaciones de investigación	64
7.2 Disminución del servicio ecosistémico de regulación respecto de la extracción de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	64

7.3. Necesidad de fortalecimiento de los IOT e instrumentos regionales en la regulación y fiscalización de la extracción de turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	66
VIII. CONCLUSIONES	67
IX. REFERENCIAS	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de cascada propuesto por CICES.....	16
Figura 2. Área de Estudio. Cuenca del Río Aysén.....	23
Figura 3. Catastro de Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra	24
Figura 4. Escala de valoración Índice Kappa para determinar la precisión de la clasificación ...	26
Figura 5. Cuestionario aplicado a actores claves en área de estudio.....	32
Figura 6. Coberturas de suelo identificadas en área de estudio.	41
Figura 7. Coberturas de suelo año 2019 y 2023.....	42
Figura 8. Superficie Turberas Musgo <i>Sphagnum</i>	42
Figura 9. Distribución temporal de turberas para año 2019 y 2023.....	43
Figura 10. Índices espectrales para la identificación de turberas años 2019 y 2023_1.	43
Figura 11. Índices espectrales para la identificación de turberas años 2019 y 2023_2.	46
Figura 12. ¿Cómo calificarías tu relacionamiento con los ecosistemas de turberas?	47
Figura 13. Valoración ambiental respecto de la capacidad como servicio de Provisión, Regulación y Cultural de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	48
Figura 14. ¿Cuál es su percepción sobre la eficacia de la normativa ambiental actual en la protección y conservación de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i> (Pompón)?	49
Figura 15. ¿Qué áreas de trabajo considera que necesitan mayor atención para preservar las turberas en la cuenca del río Aysén?.....	50

Figura 16. Alternativas para la gestión del uso sostenible del musgo <i>Sphagnum</i> para la preservación de los servicios ecosistémicos.....	51
Figura 17. Servicios ecosistémicos clave de las turberas de musgo <i>Sphagnum</i> : pasos metabólicos en el ciclo del carbono y distribución vertical en el perfil.....	55
Figura 18. Distribución de turberas en áreas SNASPE y Áreas Protegidas Privadas.	62
Figura 19. Humedales de relevancia según Convención RAMSAR (MMA).....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodos de análisis de imágenes Sentinel-2 ^a	27
Tabla 2. Coberturas de suelo identificadas en Google Earth Engine.....	28
Tabla 3. Índices espectrales utilizados en la identificación de turberas.	29
Tabla 4. Actores clave involucrados en el ámbito de turberas.....	33
Tabla 5. Servicios ecosistémicos de acuerdo con Clasificación CICES.....	34
Tabla 6. Clasificación de Instrumentos de Ordenamiento Territorial. Normativos e Indicativos.	39
Tabla 7. Categorías de Protección según normativa anterior y vigente	39
Tabla 8. Matriz de servicios ecosistémicos de Provisión.	52
Tabla 9. Matriz de servicios ecosistémicos de Regulación	53
Tabla 10. Matriz de servicios ecosistémicos Culturales.	54
Tabla 11. Turberas de musgo <i>Sphagnum</i> en áreas SNASPE.	60
Tabla 12. Marco normativo de áreas protegidas.	61
Tabla 13. Turberas en Áreas Protegidas Privadas	61
Tabla 14. Turberas en Humedales de relevancia RAMSAR (MMA).....	63

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo forma parte de Tesis País 2023, Fundación Superación de la Pobreza - Servicio País.



Beca AMUC. Asociación de Mujeres Universitarias de Concepción. Periodo 2022- 2023.

Universidad de Concepción

Comunidad PAISUR Lab. Paisajes Sustentables y Resilientes,



Centro EULA – Chile y Departamento de Geografía.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, quien alentó este proyecto en su inicio y hoy lo sigue desde el cielo,

A mi madre por transmitirme amor, valor y fuerza,

A mi hermano Gerald por la posibilidad de crecer juntos y apoyarme.

A Francisco de La Barrera quien me ha apoyado desde los inicios en mi proceso educativo pregrado y postgrado, gracias por el apoyo incondicional. Al profesor Jorge Félez por darse el tiempo de explicar y apoyar este tema.

Dar las gracias a la Beca AMUC otorgada por la Asociación de Mujeres Universitarias de Concepción para el desarrollo de este trabajo.

Gracias a Fundación Superación de la Pobreza – Servicio País por permitirme desarrollar este tema y vincular a la comunidad.

A mis equipos de trabajo KAITEK y actual equipo de Cartografía que me permitieron adecuar los tiempos laborales estos dos años para la finalización de esta tesis.

A mi amiga Francisca Koch por sus consejos tan valiosos en el proceso. A mis amigas Francisca, Javiera y Jhennifer quienes fueron apañe fundamental en todo el proceso de este lindo trabajo,

A mi amigo y colega Nicolás, agradezco enormemente por todo tu apoyo en resolver dudas y estar ahí en todo momento.

Por último, agradecer a todos quienes acompañaron en este proceso directa o indirectamente especialmente compañeras/os, profesores/as del Departamento de Geografía

Agradezco profundamente a todas aquellas personas que, con dedicación y autonomía, cultivan su conocimiento a lo largo de la vida y contribuyen al bienestar colectivo y en interacción armónica con la sociedad

SOMOS CAPACES DE MOVER MONTAÑAS, CUANDO TENEMOS VOLUNTAD...

RESUMEN

Las dinámicas del paisaje en la cuenca del río Aysén son influenciadas por factores naturales e intervenciones antrópicas que afectan significativamente los ecosistemas y provocan una notable disminución de las turberas. Es un ecosistema de alto valor ambiental, crucial para la regulación hídrica, edáfica y climática de la zona pero que, a pesar de ello, está siendo amenazado por su extracción y comercialización. A pesar de su importancia, se carece de estudios que documenten su distribución espacial actual, mientras que su regulación ambiental aún se encuentra en desarrollo. Es por ello por lo que la presente investigación analiza la extensión de la superficie de turberas y los servicios ecosistémicos que proporcionan, así como la forma en que los instrumentos territoriales de la cuenca del río Aysén integran estos servicios en el contexto del cambio climático. Para ello se utilizó una metodología combinada que involucra el análisis de imágenes satelitales, técnicas de clasificación supervisada, y cuestionarios a actores clave para valorar los servicios ecosistémicos bajo el marco de la Clasificación Internacional Común de los Servicios Ecosistémicos (CICES), junto con la revisión de instrumentos regionales tales como: Plan de Acción Regional de Cambio Climático y la reciente Ley SBAP. Los resultados mostraron una disminución de la superficie total de turberas en un 70% entre el período 2019-2023. Se evidenció que el servicio ecosistémico más relevante que proporcionan las turberas es la regulación hídrica y climática, según la valoración de actores claves. Por otra parte, el análisis de los instrumentos territoriales develó que las turberas no son incorporadas efectivamente, lo cual obedece a una desactualización importante en la región. Además, se evidenció la importancia que tienen otros instrumentos de escala regional en la incorporación de ecosistema de turberas como un ecosistema de alto valor ambiental en los instrumentos territoriales. Asimismo, se reforzó que el Plan de Acción Regional de Cambio Climático y la reciente Ley SBAP exigen fortalecer soluciones basadas en la naturaleza para aumentar la captura de CO₂ y exigir su incorporación en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial.

ABSTRACT

The landscape dynamics in the Aysén River basin are influenced by natural factors and anthropogenic interventions that significantly impact ecosystems and have led to a notable reduction in peatlands. These ecosystems hold high environmental value, playing a critical role in water, soil, and climate regulation in the region. However, despite their importance, they are increasingly threatened by extraction and commercialisation activities. Moreover, there is a lack of studies documenting their current spatial distribution, and their environmental regulation is still under development. This research aims to analyse the extent of peatland coverage and the ecosystem services they provide, as well as how territorial instruments within the Aysén River basin integrate these services in the context of climate change. A combined methodology was employed, including satellite imagery analysis, supervised classification techniques, and surveys of key stakeholders to evaluate ecosystem services under the framework of the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Additionally, regional instruments, such as the Regional Climate Change Action Plan and the recent SBAP Law, were reviewed. The results revealed a 70% reduction in the total peatland area between 2019 and 2023. Water and climate regulation were identified as the most relevant ecosystem services provided by peatlands, according to the evaluation by key stakeholders. Furthermore, the analysis of territorial instruments highlighted that peatlands are not effectively incorporated, primarily due to outdated regulations in the region. The study also emphasised the importance of integrating regional-scale instruments that recognise peatlands as ecosystems of high environmental value into territorial planning frameworks. Additionally, the findings reinforced the need for the Regional Climate Change Action Plan and the recent SBAP Law to strengthen nature-based solutions to enhance CO₂ sequestration and to mandate the inclusion of peatlands in land-use planning instruments.

I. INTRODUCCIÓN

En la región de Aysén, las actividades humanas han modificado el medio ambiente y el paisaje, a través de sus asentamientos humanos, su actividad agropecuaria y forestal. Esto ha generado a una reducción y fragmentación de los ecosistemas naturales que ahora se concentran de manera aislada en áreas protegidas como reservas naturales (Bennett, 1998). Sin embargo, se desconoce de qué manera han impactado estas actividades en la extensión y condición de las turberas de musgo *Sphagnum*, sobre todo en los últimos cinco años considerando el impacto de cambio climático en estos ecosistemas.

Los cambios impulsados por el Estado a través de sus políticas públicas y económicas, implementadas ha incidido en las dinámicas socioecológicas, incluyendo la conservación y prestación de servicios ecosistémicos (Manuschevich et al., 2019). Lo anterior se relaciona fuertemente con el concepto de sustentabilidad del paisaje, que se define como “la capacidad de un paisaje de proveer consistentemente y a largo plazo servicios ecosistémicos esenciales para la mantención y el mejoramiento del bienestar humano” (Wu et al., 2013). Los componentes o patrones que se encuentran en el paisaje, ya sea naturales o seminaturales, conforman a su vez los procesos ecosistémicos que ocurren en la biodiversidad y que determinan la provisión de los Servicios Ecosistémicos (en adelante SS.EE). Uno de los beneficios más relevantes de la provisión de servicios ecosistémicos es aumentar la captura de carbono, mejorar la calidad del aire, crear hábitats adicionales para la vida silvestre, espacios recreativos y así contribuir a la preservación de la especie humana en su conjunto.

La escala de trabajo, así como también el aporte de la geografía a nivel espacial y temporal en la planificación territorial se presenta como clave para la conservación, permitiendo ubicar, configurar, implementar y mantener áreas que se manejan para promover la persistencia de la biodiversidad y otros valores naturales (Khosravi & Hermani, 2019).

Los servicios ecosistémicos se definen como “los beneficios que las sociedades obtienen de los ecosistemas”. Según Balvanera (2012), este enfoque hace más explícita la interdependencia del bienestar humano y el mantenimiento del adecuado funcionamiento de los ecosistemas”. De acuerdo con la evaluación de los ecosistemas del milenio (MEA, 2005), los SS.EE se dividen en tres tipos; los que se pueden consumir directamente (como la provisión de agua o alimentos), los que regulan los factores ambientales que determinan las condiciones en que vivimos (como la regulación del clima, del agua o la formación de suelos) y, por último, los servicios que se asocian a experiencias placenteras como la recreación, al sentido de pertenencia con el territorio y al legado cultural. De esta manera, el análisis se realiza por medio del modelo de cascada de los servicios ecosistémicos (Haines-Young & Potschin, 2007). Se basa en los procesos biofísicos que determinan las funciones y los servicios ecosistémicos que influyen en el bienestar humano. Los SS.EE permiten enfocar las acciones y la

planificación en favor de la conservación, ya que pueden conllevar a distintas valoraciones debido a la relación directa con el bienestar humano. La provisión de estos es un argumento clave para justificar los esfuerzos para conservar la biodiversidad y controlar o mitigar los factores que amenazan su bienestar

En ese contexto, las turberas de musgo *Sphagnum* en la región de Aysén, constituyen ecosistemas de alto valor ambiental conocidos por su función en la regulación hídrica, así como por la biodiversidad que pueden albergar (Zegers et al. 2006). Aunque la literatura resalta su relevancia por los servicios ecosistémicos que prestan, como la filtración natural del agua y la captura de compuestos nocivos (Mancilla et al., 2021; León et al., 2012), pocas metodologías resaltan cuál puede ser el aporte en la mitigación del cambio climático. En este sentido la valoración de servicios ecosistémicos es variable a cada territorio, por lo que esta falta de información territorial también influye en los procesos de articulación social, en donde es necesario la valoración y reconocimiento de sus actores locales y ver la manera efectiva de su integración en los procesos de planificación territorial. Existen estimaciones para la región de Los Lagos y de Los Ríos, que indican la superficie aproximada de 86.238 hectáreas, mientras que en la región de Magallanes habría 2.270.126 hectáreas (ODEPA, 2007), Domínguez y Martínez (2021), señalan que en la Región de Aysén el área de turberas es de 15.240 ha. Sin embargo, se desconoce su variación y distribución en la cuenca del río Aysén actualmente, considerando las diversas áreas protegidas y áreas protegidas privadas que en ella se encuentran.

En este contexto, las turberas se consideran como parte de uno de los ecosistemas más importantes del mundo y conformando un paisaje único, sometido a una constante amenaza por presiones antrópicas, como la extracción del musgo *Sphagnum*. Esta problemática no se ha manejado de manera efectiva por parte de organismos públicos entendiendo a su vez que cada territorio de una región tiene necesidades distintas, y por sobre todo el territorio de Aysén. En el ecosistema de turberas es donde se cosecha la cubierta vegetal del musgo *Sphagnum*, llamado “*pompón*”. El principal uso que se le da es en el ámbito hortícola, forestal, de floricultura y ornamental. Según ODEPA (2018), es utilizado como sustrato, retenedor de nutrientes en viveros, también se emplea como un aislante térmico para el tratamiento de aguas residuales y para filtros de distinto tipo (Díaz et al., 2008), entre otros. El musgo tiene la cualidad de retener agua hasta 20 veces su peso en seco.

Esta práctica se origina en la Región de Los Lagos, sin embargo, debido a la falta de medios de subsistencia de la población local y a la falta de regulación, se ha observado en las últimas décadas el aumento de esta práctica, y que se está extendiendo a la Región de Aysén (WCS Chile, 2020). A pesar de los esfuerzos institucionales por regular esta práctica (DS N°25/18 del Ministerio de Agricultura), los estudios utilizados para definir los límites y metodologías en relación a la extracción del musgo se

concentran en la provincia de Chiloé y no así en la Patagonia Chilena, donde la regeneración del musgo *Sphagnum* puede incluso demorar 85 años (Figueroa et al., 2019).

Los servicios ecosistémicos de la Patagonia Chilena representan una herramienta clave para el desarrollo de políticas ambientales y la toma de decisiones, destinadas a optimizar la distribución equitativa de los beneficios derivados de las áreas naturales hacia la sociedad. En este sentido, estos se pueden clasificar según el beneficio principal que el ecosistema brinda. En estos ecosistemas de turbera, según Mancilla et al. (2021) se podría clasificar de la siguiente manera:

Aprovisionamiento: son aquellos bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas (productos con valor económico como fibras de *Sphagnum* y sustrato de turba);

Regulación: son las funciones clave de los ecosistemas, que ayudan a reducir el impacto de ciertos eventos a escala local y global (regulación del ciclo hídrico y almacenamiento de agua en situaciones de sobresaturación);

Culturales: son aquellos beneficios inmateriales de los ecosistemas (valor espiritual, científico, educacional y artístico);

Soporte/hábitat: es la capacidad de albergar biodiversidad, procesos naturales y flujos biogeoquímicos del ecosistema (mitigación del cambio climático al actuar como sumideros de carbono).

El interés internacional por esta temática ha aumentado significativamente, evidenciado en diversos seminarios y congresos a lo largo del país, lo que ha contribuido a un mayor entendimiento de la diversidad biológica y ecosistémica, por lo que se demuestra nuevamente la importancia que tienen los servicios ecosistémicos para la calidad de vida de las personas y que dependemos directa e indirectamente de ellos sin embargo el rol de la planificación territorial, es decir políticas, prácticas que pueden promover una mejor conservación y uso de recursos biológicos (IPBES, 2019), son claves en la protección de los ecosistemas de turberas, en donde los actores locales así como privados, pueden reconocer el valor ecosistémico que las turberas proporcionan a la cuenca del río Aysén. Esta apreciación apoya la idea de generar políticas públicas a través de la valoración de SS.EE, y tener así un panorama más completo respecto de las decisiones y estrategias locales que se pueden considerar para aumentar la sostenibilidad y el bienestar de las comunidades (Pacha, 2014).

El enfoque de esta investigación se orienta a analizar si la planificación territorial de **la cuenca del río Aysén** está destinada a proteger las turberas de musgo *Sphagnum*, **y si considera efectivamente el valor ambiental de estas en los instrumentos de ordenamiento territorial, así como en los de carácter regional para lograr un equilibrio ambiental y económico.**

II. OBJETIVOS

La **pregunta de investigación** que guía esta tesis es la siguiente: ¿De qué manera son considerados los servicios ecosistémicos de las turberas de musgo *Sphagnum* como un valor ambiental relevante en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial de la cuenca de río Aysén?

2.1 Objetivo General

Analizar la extensión de las turberas de musgo *Sphagnum*, la valoración de sus servicios ecosistémicos y la manera en que se incorporan en instrumentos regionales.

2.2 Objetivos Específicos

Objetivo 1. Identificar la estructura del paisaje y la distribución temporal de turberas de musgo *Sphagnum* en los años 2019 y 2023.

Objetivo 2. Reconocer la valoración de los servicios ecosistémicos relevantes de las turberas de musgo *Sphagnum*.

Objetivo 3. Evaluar de qué manera la valoración de las turberas y sus servicios ecosistémicos es integrada en instrumentos con incidencia en la protección de turberas de musgo *Sphagnum*.

III. MARCO TEÓRICO

El territorio se entiende como una construcción social y política que surge de las relaciones de poder entre diferentes actores y grupos sociales. No es simplemente un espacio físico, sino un concepto dinámico que se moldea y redefine a través de las interacciones humanas, reflejando los intereses, conflictos y disputas sobre su control y uso. Estas dinámicas transforman el territorio en una representación simbólica que incorpora las influencias de la cultura, la acción humana y el conocimiento, mostrando cómo estos factores configuran continuamente los espacios en el contexto del mundo contemporáneo (Llanos-Hernández, 2010)

Los paisajes se constituyen como ambientes heterogéneos y dinámicos, en este sentido, el paisaje se considera como una unidad espacio temporal integrada, cuya expresión morfológica y funcional se debe fundamentalmente a las relaciones que se dan entre sus componentes (Arias & Sáenz, 2016). Las dinámicas en el paisaje se deben tanto a causas naturales como intervenciones antrópicas, teniendo efectos distintos en los espacios geográficos principalmente en los ecosistemas, disminución de superficies, cambios en la fragmentación, conectividad, homogeneización (Dorresteijn et al., 2015; Etter, 1991; Forman, 1995).

3.1 Valoración ambiental del territorio

La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, N° 19.300 (artículo 1), plantea: “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental”, y que para todo efecto legal se entenderá por Conservación del Patrimonio Ambiental, el uso y aprovechamiento racional o la reparación en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean, únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración (artículo 2, literal b).

Por otra parte, de acuerdo con el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (DS N°40/2013); se señala el valor ambiental de un territorio cuando este no sólo se relaciona a ecosistemas particulares o formaciones naturales con características de unicidad, escasez o representatividad, sino también tiene un valor asociado a la provisión de Servicios Ecosistémicos (SS.EE) locales relevantes para la población. Es decir, es un valor que surge de la interacción del ecosistema con el medio humano. Así mismo recientemente promulgada la Guía Área de Influencia en Humedales en el SEIA, se establece que, si bien los servicios ecosistémicos no son un objeto de protección como tal, “(...) es relevante su interpretación y valoración para comprender la interrelación de los diferentes componentes presentes en el territorio, así como el valor ambiental de este” (SEIA, 2023).

En relación a lo anterior, importante destacar que la localización espacial del lugar donde las personas se benefician de servicios ecosistémicos constituye un criterio fundamental para determinar el área de influencia de la provisión de aquellos servicios, en donde debe ser valorado por la comunidad y enfocar los esfuerzos en describir a los y las beneficiarias directos e indirectos, destacando además la cantidad de personas que perciben la contribución de los SS.EE, la localización, la frecuencia con que perciben esos beneficios, y las actividades económicas desarrolladas a partir de ellas.

Las turberas de Aysén poseen un alto valor ambiental, esto es dadas las características anteriormente mencionadas en la normativa ambiental, debido a su singularidad, riqueza e importancia ecológica, por lo que estos ecosistemas realizan una serie de funciones críticas que hacen esenciales para el equilibrio y salud de los ecosistemas tanto naturales como sociales.

3.2 Servicios ecosistémicos

A fines de la década de los noventa, diversos autores señalan que los servicios ecosistémicos, en primera instancia se plantearon como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que lo conforman sostienen y nutren la vida humana (Daily, 1997), luego la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA), de manera más reciente da un fuerte impulso al uso

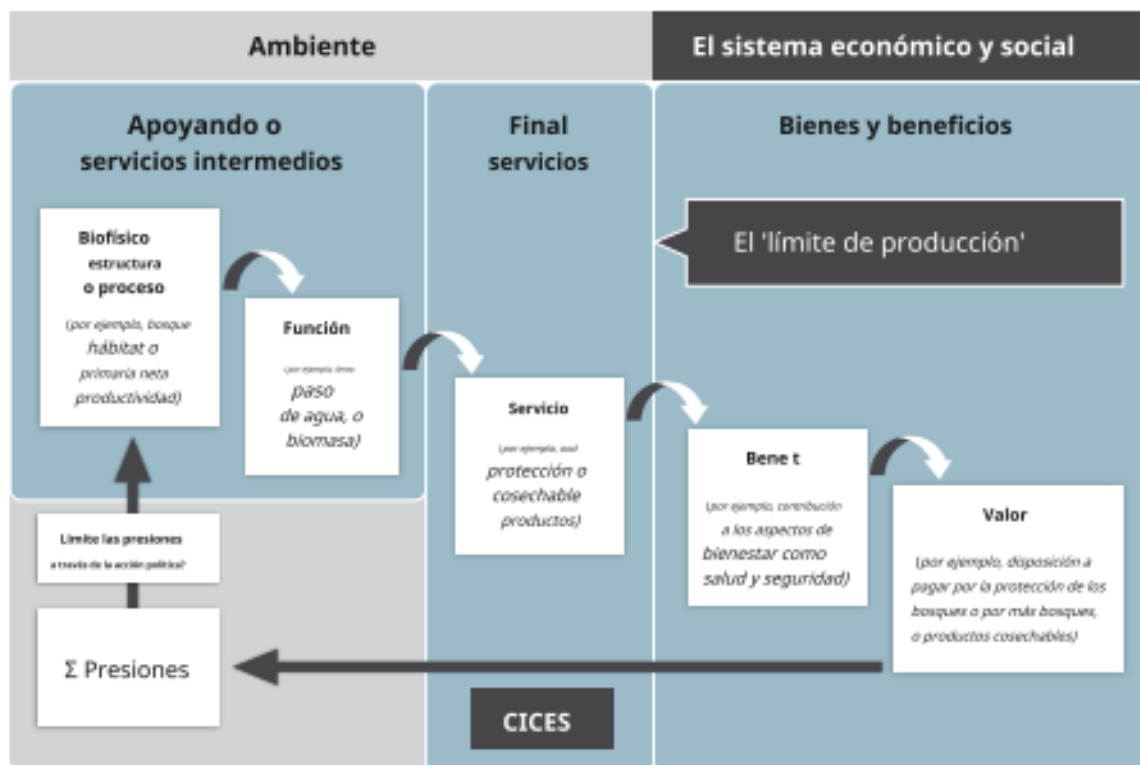
del término SS.EE., proponiendo su definición y clasificación, los define como “Los beneficios que obtenemos los seres humanos de manera directa o indirecta de los ecosistemas” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), del cual se reconocen tres tipos principales de servicios:

1. Servicios de aprovisionamiento: estos se refieren a los bienes o productos brindados por los ecosistemas, además comprenden el flujo de materiales o energía (alimentos, agua), recursos genéticos o productos forestales (Caro & Torres, 2015)
2. Servicios de regulación: son los beneficios obtenidos a través de la regulación de procesos ecosistémicos, incluyen procesos biofísicos como la regulación climática, control de desastres, control de contaminación; calidad del agua.
3. Servicios culturales: estos se enfocan principalmente en los servicios intangibles obtenidos de las relaciones entre el ser humano y la naturaleza, otorgando beneficios espirituales, desarrollo cognitivo, experiencias estéticas o recreativas (Burkhard & Maes, 2017b; de Groot et al., 2002; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Posterior a la publicación de MEA en el año 2005, se publica la Clasificación Internacional Común de los Bienes y Servicios Ecosistémicos (CICES) con la finalidad de integrar el medio ambiente y lo económico. Esta clasificación define a los servicios ecosistémicos como las contribuciones que los ecosistemas hacen al bienestar humano, refiriéndose a productos finales de los sistemas ecológicos que surge de interacción de procesos bióticos y abióticos (Haines-Young & Potschin, 2010).

En el marco conceptual de los servicios ecosistémicos, el modelo de cascada se presenta como una forma de ampliar el pensamiento sobre los ecosistemas de manera que se incluya a las personas desde la perspectiva de “sistema socio ecológico”. De acuerdo con la Figura 1, a partir de la estructura o procesos biofísicos, se generan una serie de funciones, las cuales se traducen en beneficios para las personas, de manera que pueden ser valorados desde una perspectiva ecológica, económica y social (Burkhard & Maes, 2017b; Potschin, M. & Haines-Young, 2017). En este sentido, el entendimiento del modelo comienza en el lado izquierdo con las estructuras y procesos ecológicos de un ecosistema, es decir los elementos más importantes que determinan la capacidad de un ecosistema para suministrar servicios. Por otro lado, el extremo derecho de la cascada identifica aspectos de demanda de estos, los diversos stocks y flujos de ecosistemas que contribuyen directamente a algún tipo de beneficio a través de la acción de las personas (Haines-Young & Potschin, 2010).

Figura 1. Modelo de cascada propuesto por CICES



Fuente: extraído de Potschin & Haines-Young, (2017).

3.3 Importancia de las Turberas como sumideros de carbono C02

Las turberas son humedales de importancia local y global ya que tienen la capacidad de regular y contener grandes cantidades de agua. Esto tiene impacto directo en las condiciones socio ecológicas locales. De esta manera, los humedales de turberas constituyen, además, masivos reservorios terrestres de carbono (Gorham 1991), teniendo un impacto directo en la acumulación de gases efecto invernadero en la atmósfera. Estos humedales son hábitat de gran variedad de plantas y animales, especialmente de hábitos acuáticos. A escala local, las turberas permiten regular ciclos hidrológicos de cuencas completas, recargando y purificando acuíferos, controlando inundaciones, entre otros atributos de alta relevancia (Martínez-Cotizas et al. 2009) (WCS-MMA, 2020).

En términos generales, las turberas pueden formarse por procesos naturales o antropogénicos. Las primeras, se generan por el retiro de masas glaciares muy comunes en la zona austral de Chile (Roig y Roig 2004), mientras que las segundas derivan de la degradación de bosques en sitios con drenaje deficiente que es colonizado en superficie por el musgo *Sphagnum*, junto con otras especies de los ecosistemas circundantes (Valenzuela-Rojas y Schlatter 2004). Las turberas de origen antrópico se conocen como “pomponales”, estas se localizan en Chiloé (WCS-MMA, 2020).

No obstante, esta información recabada a la fecha en relación con la identificación y caracterización de turberas no permite conocer el estado ecosistémico de las turberas. Tal como señala WCS (2020) se han realizado algunos inventarios regionales tales como SERNAGEOMIN (2008), para región de Los Lagos, así como el de Domínguez y Vega-Valdés (2015) para región de Magallanes. Lo anterior contribuye en el estudio de las turberas y su identificación, pero se realizan con metodologías distintas por lo que no existe unicidad en la información entregada, para la región de Aysén aún no existe información publicada por parte de los organismos públicos u otras entidades, lo cual hace necesario su estudio. En este sentido, Wildlife Conservation Society Chile, desarrolló el estudio “Hoja de Ruta 2020-2040 para la conservación de turberas del sur de Chile” con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente, en donde se especifica la relevante protección de estos ecosistemas, siendo un punto clave la investigación y monitoreo de estas que permita ahondar en intervenciones destinadas a colaborar con la comunidad desde un punto de vista, social, económico para responder ante preguntas necesarias en relación a la gestión de la conservación de los humedales de turberas

3.4 Políticas públicas asociadas a turberas

Las políticas públicas en relación con las turberas se encuentran reconocidas en la definición de humedales de acuerdo con el Decreto N° 771/1981, como primer cuerpo legal, en donde ratifica la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional, conocida como Convención Ramsar. En esta convención se incluye a las turberas, lo cual marca un gran hito en el inicio de políticas que inciden en la conservación de humedales en Chile. Luego tenemos la Estrategia Nacional de Biodiversidad en el año 2005, que incluye a los humedales como objetos de importancia para la conservación, esto se vuelve más claro en la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales de Chile (ENH) y en el plan de acción de la CONAMA en el año 2007 (WCS 2020). Posteriormente, el Ministerio de Medio Ambiente en el año 2018, mediante el Decreto N° 14 aprueba la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030, y que tiene como objetivo estratégico: *“desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población”* (MMA, 2017), donde se propone como actividad “Mantener actualizado el Inventario y la Plataforma de Humedales de Chile”. Anteriormente, en el año 2011 Chile inicia la primera fase del Catastro Nacional de Humedales donde se identifican y delimitan humedales a partir del uso de herramientas de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG). La línea de base 7 fue publicada en el año 2015, catastrando un total de 40.378 humedales, correspondientes a 1.317.704 ha, sin embargo, este inventario no incorpora las islas oceánicas, turberas, ni los mallines de la zona sur austral del país. Actualmente, la FAO (2020) recomienda una escala aceptable de 1:30.000. CONAF (2017), a través de “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile”, también

indica superficies aproximadas de humedales de turbera en Chile, sin embargo, se realiza una pobre validación in situ. Por lo que se estima que la distribución y superficie difiere a lo real, y se sobreestima la cobertura al incluir otros tipos de humedales o por excluir turberas recientes con una composición vegetal muy distinta a las de origen glaciar (WCS Chile, 2020). Para el caso de la Región de Los Lagos, la actualización de usos de suelo data del año 2013 (CONAF, 2013), lo cual hace evidente el retraso de la información. Finalmente, en el año 2020 el MMA publica el inventario de humedales urbanos y la actualización del inventario de humedales, los que se encuentran en constante actualización hasta el día de hoy.

La COP 25 realizada el año 2019, reconoce el doble valor de las turberas, tanto para aportar a la mitigación como a la adaptación del cambio climático. Además, del doble impacto que tiene la conservación de humedales de turbera en temas relacionados con disponibilidad de agua y conservación de ecosistemas terrestres (WCS Chile, 2020). En este contexto, Chile en la actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional, se compromete al año 2025 a realizar un inventario de humedales de turberas y a 2030 a desarrollar métricas estandarizadas para la evaluación de la capacidad de adaptación o mitigación al cambio climático de estos humedales (MMA, 2020). A pesar de los esfuerzos por la conservación de humedales de turbera, en la práctica se observa una fragmentación en relación con las herramientas 9 administrativas que participan en la conservación y manejo de las turberas. Donde se hacen presentes al menos tres ministerios.

La turba en Chile se considera como una sustancia mineral concesible por el Ministerio de Minería, de acuerdo con Ley N°18.248 Código de Minería y se encuentra sujeta a aprovechamiento de acuerdo con la Ley N°18.097 Orgánica Constitucional Sobre Concesiones Mineras, siendo aplicable a todo el territorio chileno, incluidas las áreas del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNAPE), por lo cual permite la explotación y exportación de turba bajo concesión minera (WCS Chile, 2020). Por su parte, la Ley N°19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente, establece que todo proyecto que considera la extracción de turba es susceptible de causar impacto ambiental, debido a esto, los proyectos que pretendan extraerla deben someterse a evaluación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de los pomponales, el Ministerio de Agricultura en el año 2017 modifica el Decreto N°25, Dispone Medidas Para La Protección Del Musgo *Sphagnum*, específicamente el *S. magellanicum*. Dicho decreto autoriza sectorialmente la extracción y manejo del musgo, donde los proyectos con fines productivos deben presentar un plan de cosecha ante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En términos normativos, estas prohibiciones señaladas en el decreto sólo aplican a humedales declarados como *Sitios Prioritarios para la Conservación* y *Sitios Ramsar*, lo cual deja fuera

de protección a los humedales de turbera que no cuentan con estas categorías o que se encuentren fuera de las áreas protegidas (WCS-Chile, 2020).

Ahora bien, existe normativa más reciente, con la Ley N°21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger humedales urbanos, publicada recientemente en el año 2020, y que recién introduce en la legislación a nivel macro el concepto de humedal urbano y establece que los humedales que tiene una superficie total o parcial en el límite urbano y que han sido declarados por el MMA, deben ser incluidos en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), a toda escala como “*área de protección de valor natural*” (MMA, 2017). También modifica la ley N°19.300, donde los proyectos que busquen intervenir humedales urbanos deberán ingresar al SEIA.

En términos institucionales, lograr definir ciertos criterios que abarquen la protección y conservación de las turberas presentes en la Región de Aysén es clave para que así también la actividad extractiva se realice de manera sostenible, por ello es necesario distinguir los componentes del ecosistema. El vegetal presente en la superficie de la turbera, el musgo puede regenerarse, siempre y cuando se encuentren las condiciones idóneas para que la turba que se encuentra en los estratos inferiores de la turbera pueda regenerarse gradualmente.

La turba es considerada un mineral y a través del Código de Minería, Art. N°5, se permite la explotación de este recurso natural no renovable. Así mismo, la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en su Artículo 10, incluye la extracción industrial de turba entre los proyectos que deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Por su parte, el Reglamento del SEIA actualmente vigente, en su Art. 3, literal I 36, señala las dimensiones que determinan que la explotación sea considerada industrial, y, por lo tanto, debe someterse al Sistema. No obstante, recientemente se ha incorporado una modificación en donde literal I.6 del mencionado artículo señala que: “*Se entenderá que toda extracción de turba tiene características industriales. Se entenderá por turba aquella mezcla de restos vegetales en distintos grados de descomposición, presentes en las turberas y que se diferencia de los vegetales que se encuentran en su superficie dentro de los cuales se incluye, entre otros, al musgo Sphagnum, y con los que se conecta funcionalmente*” (DS N°40/1013). En términos específicos, toda actividad que se realice sobre el musgo pompón Sphagnum no está obligada a ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

3.5 Plan de Acción Regional de Cambio Climático 2024. Región de Aysén (PARCC).

Respecto de otros instrumentos, se presenta La Ley Marco de Cambio Climático (2022), en donde se establece que se deben elaborar Planes de Acción Regionales de Cambio Climático (PARCC) con el objetivo de mitigar los impactos del cambio climático en la región y promover la adaptación de

ecosistemas y comunidades. Este es un instrumento de gestión clave en el avance de los desafíos climáticos nacional, ya que se fomenta la participación de la sociedad civil y la integración de políticas ambientales en el desarrollo regional. Esto se hace especialmente relevante respecto de la situación actual en la problemática de turberas.

En este sentido, para la Región de Aysén, el proceso de elaboración contempla dos etapas.

1. Elaboración de un Antreproyecto PARCC Aysén: se encuentra en proceso de elaboración y se espera su aprobación en noviembre 2024.
2. Elaboración PARCC Aysén.

3.6 Extracción de turberas

La extracción de la turba en Chile data de principios del siglo XIX (Hauser, 1996), desarrollándose con mayor concentración en la Región de Magallanes, aunque también en la Región de los Lagos en menor proporción. Villela (2017), indica que esta industria ha presentado un aumento sostenido en el tiempo, alcanzando las 2.306 toneladas de turba extraída al año 2015. Si bien esta práctica originalmente se concentraba en la Región de los Lagos, la falta de medios de subsistencia de la población local y falta de regulación ha provocado que en las últimas décadas se haya observado un aumento en su práctica en el resto de las regiones que componen la Patagonia chilena (WCS Chile, 2020).

La extracción del musgo consiste en la remoción manual o industrial, que al igual que la turba, posteriormente es almacenado en sacos y secado. Luego es separado del resto del material vegetal para su envasado y venta (León et al., 2012). La regeneración del musgo *Sphagnum* demora aproximadamente 12 años en Chiloé y en la región de Magallanes aproximadamente 85 años (Figueroa et al., 2019). La actividad de remoción del musgo conlleva un riesgo para otras especies vegetales, como hongos y líquenes que crecen junto con el musgo. Además, puede modificar las características de la turbera y la calidad de agua en el suelo (Díaz et al., 2008; León et al., 2012).

De acuerdo con datos de ODEPA (2018), las exportaciones de turba entre el periodo 2000 a 2013 se observa que fueron los más significativos y que alcanzaron los mayores volúmenes en los años 2009 y 2010, con 62,7 toneladas (10.700 dólares) y 146,9 toneladas (29.500 dólares) respectivamente (ODEPA, 2018).

3.6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial y conservación

La configuración espacial de los usos del suelo es resultado de decisiones tanto individuales como colectivas, que reflejan la manera en que la sociedad interactúa con su entorno biofísico en donde estas decisiones influyen directamente en la organización espacial del territorio. (Latterra y Nahuelhual, 2015)

Es por esto que el análisis territorial se considera como una herramienta fundamental que permite comprender y evaluar la distribución y la interacción de los elementos naturales y humanos en un determinado espacio geográfico (PROT, 2005). Esta aproximación territorial es necesaria para entender la complejidad del entorno y diseñar estrategias efectivas de conservación y manejo sostenible del territorio, lo que resulta fundamental para abordar y solventar la crisis ambiental y territorial que enfrentamos.

El Análisis Territorial se realiza con base en los componentes del sistema territorial, que involucran componentes principales como el Medio Bio-físico Ambiental, Sociodemográfico y Cultural, Económico – Productivo, Asentamiento e Infraestructura y el Legal e Institucional. Además, se considera el desarrollo de dos subetapas: el Diagnóstico Sectorial por cada dimensión y el Análisis Integrado (Gómez y Gómez, 2013). Esta estructura metodológica proporciona una visión integral y detallada del territorio, permitiendo identificar sus principales desafíos y oportunidades.

Las áreas SNASPE en nuestro país involucran un componente ambiental importante, son las áreas protegidas a nivel nacional, que tienen como objetivo la conservación y protección de la biodiversidad y los ecosistemas. Estas se encuentran bajo distintas categorías de protección según relevancia ambiental: **Reserva de Región Virgen, Parque Nacional, Monumento Natural, Reserva Nacional, Área de Conservación de Múltiples Usos, y Área de Conservación de Pueblos Indígenas** (Art. 56, Ley N°20.417. SBAP).

Se define como **Monumento Natural** como “...un área, terrestre, acuática, marina o continental, generalmente reducida en extensión, caracterizada por la presencia de componentes naturales específicos, relevantes para la biodiversidad, o formaciones naturales de valor excepcional. Siendo de prohibición total la explotación de recursos naturales con fines comerciales”.

Por otro lado, se define por **Reserva Nacional** como, “área terrestre, acuática marina o continental, cualquiera sea su tamaño en la que existen comunidades biológicas, especies nativas, hábitats, sitios de reproducción relevantes para la protección de determinadas especies y ecosistemas en condiciones predominantemente naturales que son relevantes para la educación, ciencia y turismo”. El objetivo es la conservación de las comunidades biológicas, especies y hábitats, a través de una gestión activa para la recuperación, mantención y provisión de servicios ecosistémicos. (Art. 60, Ley N°20.417, SBAP).

Cuando existe desarrollo de actividades que involucran fortalecer y potenciar el desarrollo económico en el territorio, es importante considerar los riesgos ambientales y ecosistémicos que pueden afectar a las áreas naturales u áreas protegidas que proveen servicios ecosistémicos. En este sentido, se

desconocen bases conceptuales metodológicas sobre territorios rurales que puedan manejar problemáticas como la que se viene desarrollando hace algunos años, la extracción y comercialización de la cubierta vegetal de las turberas llamado “pompón”, consideradas como una práctica de gran impacto que produce la destrucción irreparable de la turbera (drenaje), en donde esto es consecuente con la falta de planificación y de restricciones a la actividad y perjudica asimismo en los bienes y servicios ambientales y en la necesidad del uso racional de las turberas como base para la conservación del recurso a largo plazo.

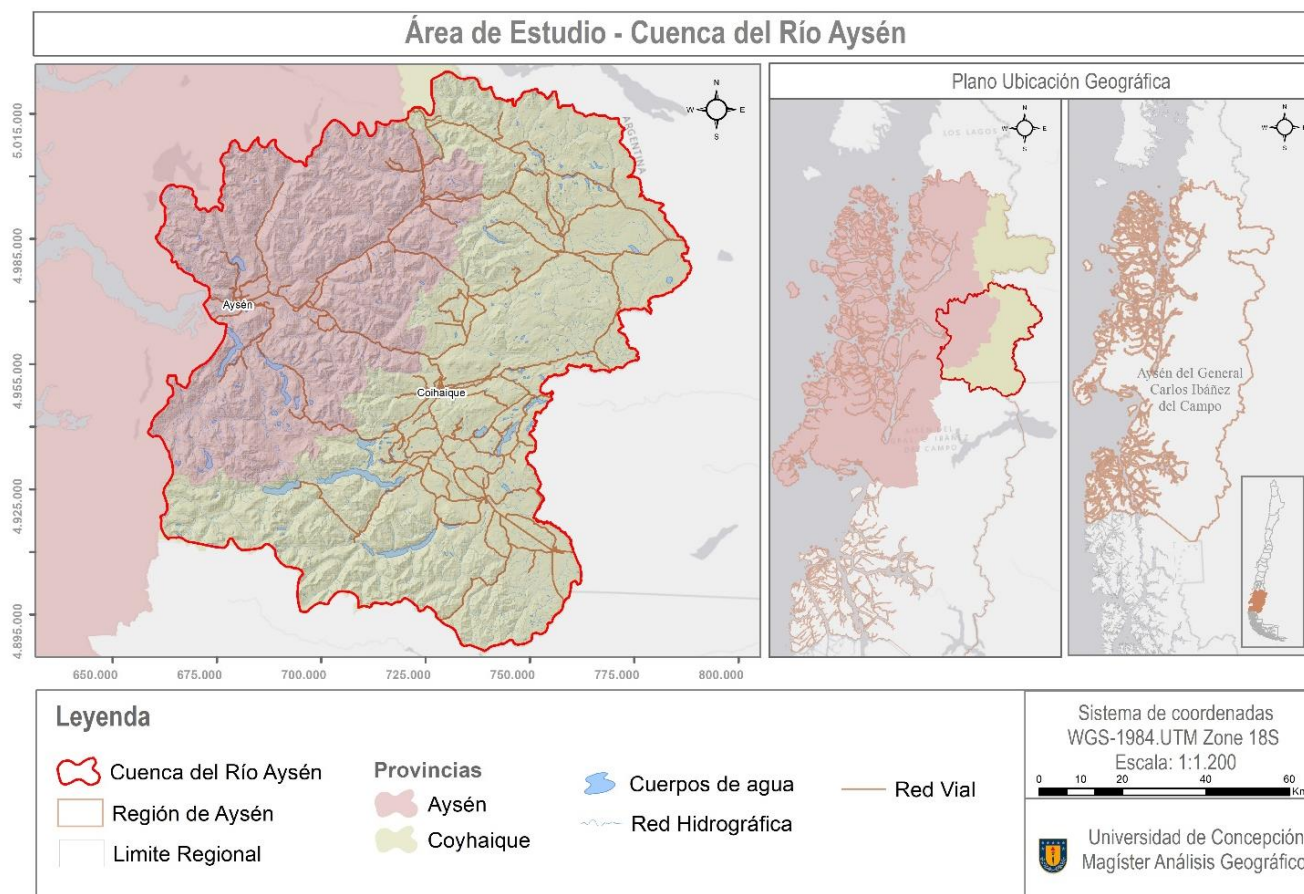
IV. ÁREA DE ESTUDIO

La región de Aysén, ubicada en el sur de Chile, es la tercera región más extensa del país y también la menos poblada, abarcando alrededor de 104.000 km² (CENSO, 2017). Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2012) la población de la región ha experimentado un crecimiento significativo desde tan solo 197 habitantes en 1907, llegando a aproximadamente 99.609 habitantes en 2012. La economía regional se basa principalmente en la extracción y gestión de recursos naturales, como la salmonicultura, la ganadería, la minería y la industria forestal (INE, 2012).

La región de Aysén ha sido designada como “área remota” de acuerdo con la Ley N°20.655 de 2013, debido a las difíciles condiciones de transporte y a las duras condiciones climáticas que caracterizan a la zona. Alberga uno de los sistemas de fiordos y canales más complejos del mundo, lo que constituye el sistema de estuarios más grande del planeta, como señalaron Palma y Silva (2004), citados por Marín et al. (2008). Estos ecosistemas, relativamente poco afectados por la actividad humana, son considerados únicos en su estructura y funcionamiento (Silva y Palma, 2005; Palma y Silva, 2004, citados por Marín et al., 2008).

El área de estudio abarca la provincia de Aysén y provincia de Coyhaique. Para su caracterización territorial se empleó información de la División Político-Administrativa e información proveniente del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), de las cuales cinco son Reservas Nacionales y un Monumento Natural: Reserva Nacional Río Simpson - Reserva Nacional Cerro Castillo - Reserva Nacional Coyhaique - Reserva Nacional Trapanada y Monumento Natural Dos Lagunas.

Figura 2. Área de Estudio. Cuenca del Río Aysén.

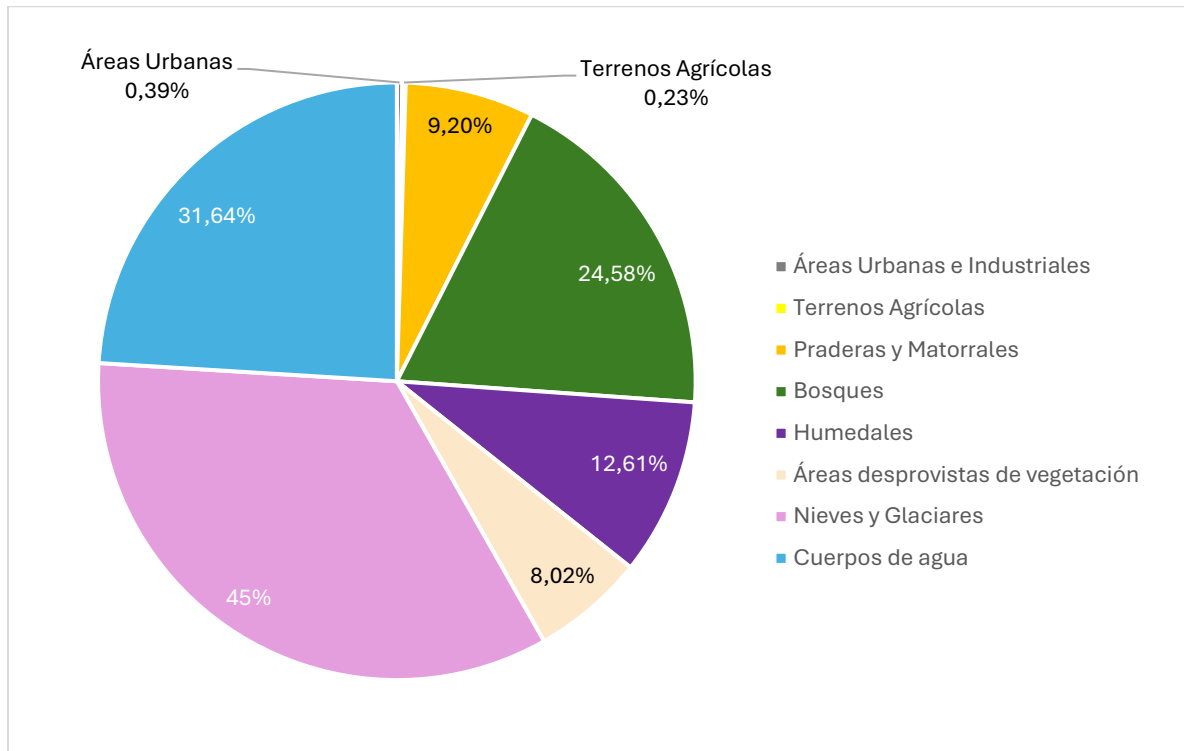


Fuente: Elaboración Propia

Esta información se complementa con datos del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra de CONAF (2013) (**ver** Figura 3), así como también Áreas Protegidas Privadas y Humedales de relevancia proporcionadas por el Geoportal SIMBIO¹. Se llevaron a cabo análisis adicionales utilizando la Red de Caminos Públicos proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) para obtener una comprensión detallada del área de estudio y sus características territoriales. (**ver** Figura 2)

¹ GEOPORTAL SIMBIO. Revisar en línea: <https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio>.

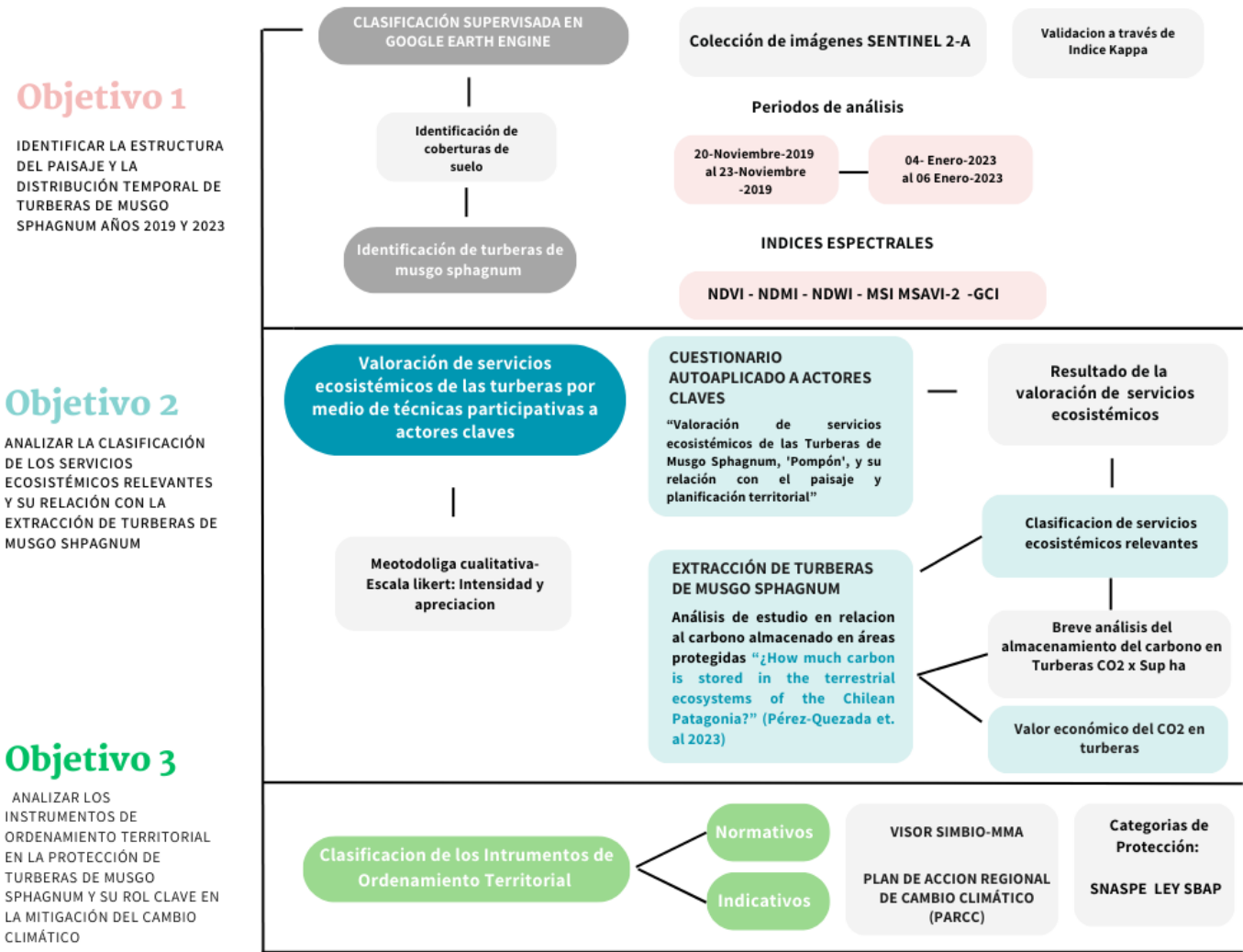
Figura 3. Catastro de Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF (2013).

V. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta un esquema metodológico a modo resumen de la metodología desarrollada:



5.1 Estructura del paisaje e identificación de turberas

El análisis de datos relacionados con las coberturas de suelo está en constante evolución, lo que ha dado lugar al desarrollo de nuevas metodologías capaces de realizar análisis a gran escala (del Barrio et al., 2020). En este contexto, la plataforma en la nube Google Earth Engine (GEE) emerge como una herramienta fundamental que permite la realización de análisis geoespaciales a partir de una amplia base de datos, facilitando el procesamiento de información de manera eficiente y en línea. Google Earth Engine, conocida como GEE, se destaca como una solución innovadora que agiliza la generación de

datos y resultados (Gorelick et al., 2017). Específicamente, la versión codificada de GEE es una plataforma geomática alojada en la nube que permite a los usuarios visualizar y analizar imágenes satelitales de manera automatizada mediante la creación y programación de códigos (*scripts*).

En cuanto a los datos de entrada, se empleará una imagen Sentinel-2a, que cuenta con 13 bandas cuyas diversas combinaciones permiten resaltar múltiples características del mapa. Es importante destacar que estas imágenes están corregidas atmosféricamente, con un nivel (2ª) BOA. Para validar la información procesada, se utilizará el Índice Kappa, un descriptor estadístico ampliamente reconocido. Este coeficiente puede variar entre -1 y +1. Valores cercanos a +1 indican un alto grado de concordancia entre las observaciones, mientras que valores cercanos a -1 sugieren discordancia. Un valor de $\kappa = 0$ indica que la concordancia observada es la esperada exclusivamente por azar (**ver Figura 4**).

Figura 4. Escala de valoración Índice Kappa para determinar la precisión de la clasificación

Valoración Índice Kappa	
Valor de K	Concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 - 0.40	Débil
0.41 - 0.60	Moderada
0.62 - 0.80	Buena
0.81 - 1.00	Muy Buena

Fuente: Elaboración propia en base a López de Ullibarri & Pita (1999)

En este contexto, una de las metodologías más ampliamente utilizadas para el procesamiento de datos provenientes de sensores remotos es el método Random Forest, se aplica el clasificador sobre las bandas espectrales y los índices espectrales derivados. Los índices espectrales son herramientas comúnmente empleadas para distinguir entre distintas formaciones de turberas según su contenido de humedad, así como para diferenciar estas unidades de otras coberturas de suelo, como vegetación, cultivos agrícolas, humedales, agua, nieve, suelo desnudo, entre otras.

Para analizar la distribución temporal de las turberas, se llevaron a cabo dos clasificaciones supervisadas en la plataforma de GEE. Se examinaron dos períodos: uno correspondiente al año 2019 y otro al año 2023, (**Tabla 1**), permitiendo así observar los cambios en un lapso de 4 años. Estas clasificaciones se realizaron para evaluar la distribución temporal de las turberas de musgo en la cuenca del río Aysén.

Tabla 1. Periodos de análisis de imágenes Sentinel-2^a.

Índices	20-Nov-2019 al 23-Nov-2019	04-Ene-2023 al 06-Ene-2023
	NDVI	
	MSI	
	NDMI	
	MSAVI-2	
	NDWI	
	GCI	

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Para procesar las coberturas en la plataforma de GEE, se optó por seleccionar imágenes correspondientes al período comprendido entre los meses de octubre y abril. Este intervalo se eligió debido a la menor precipitación registrada durante estos meses en comparación con el período de mayo a septiembre, según datos de la estación meteorológica de Puerto Aysén. Además, se consideró el porcentaje de nubosidad presente en las imágenes, siendo este del 30%. Es importante tener en cuenta que, si bien la escena completa puede mostrar un alto porcentaje de nubosidad, esto no necesariamente implica que el área de estudio en sí tenga una alta cobertura de nubes.

A través de GEE, se generaron dos mosaicos completos para los años 2019 y 2023, previamente seleccionados en base a criterios que aseguran una representatividad territorial adecuada de los humedales y turberas en el área de estudio. Estos mosaicos se complementaron con diversos datos territoriales, como el Modelo Digital de Elevación (MDE) y la Cobertura y Uso de Suelo (en adelante CUS) actualizada hasta el año 2013 por CONAF. Esta información permitió una caracterización detallada del área, identificando las principales coberturas y construyendo clases categóricas que facilitarían la identificación de respuestas espectrales específicas para cada conjunto de datos en el área de estudio.

Las coberturas de suelo que se identificarán a partir de la definición de estos mosaicos se agruparán de la siguiente manera:

Tabla 2. Coberturas de suelo identificadas en Google Earth Engine

Coberturas del suelo	Descripción
Cuerpos de agua	Integra diferentes tipologías de masas y cuerpos de agua, asociadas a lagos, lagunas, ríos, humedales con saturación de suelo (presencia de agua superficial), así como áreas marinas, entre otras.
Turbera/Turbal	Considera todas las tipologías de turberas y turbales identificadas
Vegetación (Arboles/ Nativo y Matorrales y Plantaciones Forestales)	Recoge las unidades de vegetación distintas a las vinculadas a la actividad antrópica (principalmente agricultura/agropecuaria), y las propias de turberas/turbales, y permitiría asimilarla a la vegetación de bosque y matorral en sus diferentes condiciones.
Uso agropecuario (Agrícola)	Se compone de áreas destinadas a distintos cultivos y praderas de entre otros elementos que comparten las condiciones de manejo antrópico y estacional para la producción agrícola.
Suelos descubiertos	Se relacionan principalmente por cubiertas como suelos desnudos, afloramiento rocoso.
Nieve	Cobertura de nieve
Áreas urbanas	Cobertura de áreas urbanas/edificadas, incluye infraestructura de caminos.

Fuente: Elaboración Propia en base a MMA (2024).

5.2.1 Criterios para la identificación de las turberas.

Para delimitar las turberas en el estudio, se realizó un proceso de clasificación utilizando información espectral proveniente de imágenes satelitales para los años 2019 y 2023. En este proceso, se consideraron las bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 y 12 para la obtención de una imagen RGB.

Además, se desarrolló el cálculo de seis índices espectrales con el fin de mejorar la capacidad de clasificación de las turberas, todos ellos con una resolución de 20 metros y que aporta información más precisa para clasificar adecuadamente las turberas. Estos índices corresponden a: NDVI, MSAVI-2, NDWI, NDMI, MSI y GCI.

En este contexto, se aplicaron criterios basados en la vegetación y el agua, así como en el comportamiento espectral de las bandas, lo que condujo a la generación de índices como el **NDVI** (*Índice Diferencial Normalizado de Vegetación*) y el **NDWI** (*Índice Diferencial Normalizado de Agua*). Para ello, fue necesario desarrollar algoritmos y composiciones de bandas (RGB) (MMA & CEA, 2011). Además, el cálculo de los demás índices se llevó a cabo utilizando la plataforma de Google Earth Engine (GEE).

Tabla 3. Índices espectrales utilizados en la identificación de turberas.

Índices espectrales	Descripción	Formula asociada
NDVI Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	Se utiliza para evaluar la cantidad y salud de la vegetación. El NDVI asigna valores que oscilan entre -1 y 1. Un valor de NDVI cercano a 1 indica una alta densidad de vegetación, mientras que un valor cercano a -1 sugiere la presencia de agua o superficies no vegetadas. Valores intermedios pueden representar suelos desnudos o áreas con vegetación escasa. El NDVI se utiliza ampliamente en la monitorización de la salud vegetal, la detección de cambios en el uso de la tierra, la estimación de la producción agrícola, la evaluación del impacto ambiental y la detección de fenómenos como la desertificación o la deforestación.	se calcula utilizando las bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y del rojo (RED). $NDVI = (NIR + RED) / (NIR - RED)$ Donde NIR representa la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano y RED representa la reflectancia en la banda del rojo.
NDWI Índice Normalizado de Diferencia de agua	Se utiliza para detectar la presencia y distribución de agua en la superficie, esto a través de imagen satelital El NDWI asigna valores que oscilan entre -1 y 1, donde valores más altos indican mayor presencia de agua y valores más bajos indican menor presencia de agua. Este índice ayuda a identificar cuerpos de agua, como ríos, lagos y embalses, así como áreas inundadas o humedales, en este caso las turberas ya que el agua tiende a reflejar la luz en la banda del infrarrojo cercano de manera característica.	se calcula utilizando las bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y del verde (GV) $NDWI = (GV - NIR) / (GV + NIR)$ Donde GV representa la reflectancia en la banda verde y NIR representa la reflectancia en la banda infrarrojo cercano.
NDMI Índice de Diferencia Normalizada de la Humedad del Suelo	Se utiliza para estimar la humedad del suelo El NDMI proporciona información sobre la humedad del suelo porque la vegetación sana absorbe más radiación en la banda del infrarrojo cercano que en el infrarrojo medio, mientras que el agua tiene la capacidad de reflejar la radiación en ambas bandas de manera similar. Por lo tanto, cuando la humedad del suelo aumenta, el NDMI tiende a aumentar también. Este índice se utiliza en estudios relacionados con la gestión de recursos hídricos, la agricultura de precisión, la monitorización de la sequía y la evaluación de la salud de los ecosistemas, entre otros.	se calcula utilizando las bandas espectrales del infrarrojo medio (MIR) y del infrarrojo cercano (NIR) $NDMI = (NIR + MIR) / (NIR - MIR)$ Donde NIR representa la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano y MIR representa la reflectancia en la banda del infrarrojo medio.
MSAVI-2 Índice de Vegetación Modificado por Sombreado Atmosférico y Factor de Suelo	Se utiliza para evaluar la salud y la densidad de la vegetación en la superficie terrestre, especialmente en áreas con presencia de suelo desnudo. Este índice corresponde a una versión modificada del Índice de Vegetación Ajustado por Suelo (<i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i> , SAVI) que corrige el efecto del sombreado atmosférico, lo que lo hace más adecuado para áreas con vegetación densa y áreas con baja cobertura vegetal. El MSAVI2 produce valores que oscilan entre -1 y 1, donde valores más altos indican una mayor densidad de vegetación. Este índice es especialmente útil en áreas con suelo desnudo o baja cobertura vegetal, ya que proporciona una estimación más precisa de la vegetación sin verse	Se calcula de la siguiente manera: $MSAVI2 = \frac{2 \times (NIR + 1) - \sqrt{(2 \times NIR + 1)^2 - 8 \times (NIR - RED)}}{2}$ Donde NIR representa la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano y RED representa la reflectancia en la banda del rojo.

Índices espectrales	Descripción	Formula asociada
	afectado por el suelo desnudo en comparación con otros índices. El MSAVI2 se utiliza para monitorear cultivos, evaluación de la salud de los ecosistemas, cambios en el uso de la tierra y la gestión de recursos naturales.	
MSI Índice de Saturación de Matiz	Se utiliza para identificar y caracterizar cuerpos de agua y/o presencia de agua en una escena Los valores más altos de MSI indican una mayor probabilidad de presencia de agua, mientras que valores más bajos sugieren la ausencia de agua o la presencia de otro tipo de cobertura terrestre	Se calcula utilizando tres bandas espectrales, generalmente la banda roja (RED), la banda verde (GREEN) y la banda azul (BLUE). $MSI = (GREEN + RED) / (GREEN - RED) \times (GREEN - BLUE)$ Donde GREEN es el valor de reflectancia en la banda verde, RED es el valor de reflectancia en la banda roja y BLUE es el valor de reflectancia en la banda azul.
GCI Índice de Clorofila Green-Red Difference Index	Se utiliza para estimar la concentración de clorofila en la vegetación a partir de imágenes satelitales. Este índice proporciona información sobre la cantidad relativa de clorofila presente en la vegetación. Valores más altos de GCI indican una mayor concentración de clorofila y, por lo tanto, una vegetación más densa y saludable. Por otro lado, valores más bajos de GCI sugieren una menor concentración de clorofila y una vegetación menos densa o saludable. Es útil en temas relacionados a la monitorización de la salud de los cultivos, la detección de estrés vegetal y a la evaluación de la productividad agrícola.	Se calcula utilizando la reflectancia de la vegetación en dos bandas espectrales específicas: la banda verde y la banda roja: Donde R_{green} es la reflectancia en la $GCI = \frac{R_{green} - R_{red}}{R_{green} + R_{red}}$ banda verde y R_{red} es la reflectancia en la banda roja

Fuente: Elaboración propia en base a Alonso. D (2023)

5.2.3 Análisis y comparación de los valores de NDVI, NDWI y bandas espectrales.

En esta fase, se lleva a cabo un análisis comparativo de los valores de todos los índices y las bandas espectrales asociadas a las áreas identificadas como turberas. El objetivo es determinar si existe algún patrón de comportamiento distintivo que permita diferenciar entre diferentes tipos de superficies, tales como turberas, vegetación, cuerpos de agua o suelos descubiertos. Se busca identificar rangos específicos en los cuales se manifiesten estas distintas coberturas tanto en los valores de los índices, así como en el comportamiento de sus bandas espectrales. Este análisis contribuye significativamente a la capacidad de distinguir las turberas de otras coberturas de suelo, proporcionando información clave para la caracterización precisa del área de estudio.

5.2 Valoración de servicios ecosistémicos de las turberas por medio de técnicas participativas a actores claves

Para el análisis de los servicios ecosistémicos proporcionados por las turberas de musgo *Sphagnum*, se emplearon dos metodologías complementarias. En primer lugar, se utilizó el informe final "Valoración económica de los servicios ecosistémicos asociados a los recursos hídricos bajo la Ley General de Pesca y Acuicultura de la región de Aysén". Este informe, que incluye un análisis ecosistémico con una técnica de valoración participativa utilizando la Matriz de servicios ecosistémicos de CICES (2024), proporcionó una base sólida para comprender la importancia de estos servicios en el contexto local.

Además, se tomó en consideración el trabajo de Peri-P, Martinez, G y Nahuelhual, L. titulado "Ecosystem Services in Patagonia: A multi-Criteria Approach for an Integrated Assessment" (2021), con un enfoque específico en el capítulo 8, "Los servicios ecosistémicos que brindan las turberas en la Patagonia" de los autores Iturraspe, R. y Urciuolo A. (2021). Este estudio proporcionó información valiosa sobre la evaluación de los servicios ecosistémicos de las turberas en una región similar, lo que enriqueció nuestro análisis y comprensión del tema.

Para identificar y priorizar los servicios ecosistémicos proporcionados por las turberas de musgo *Sphagnum*, se desarrolló una propuesta metodológica cualitativa participativa. Esta metodología, diseñada específicamente para escalas regionales y situaciones con datos limitados o dispersos, se basó en un cuestionario autoaplicado dirigido a actores claves. Este enfoque permitió una participación amplia y diversa en el proceso de recolección de datos, fortaleciendo así la validez y la robustez de nuestros resultados. Los hallazgos de esta investigación contribuyen significativamente al campo de la investigación transdisciplinaria de servicios ecosistémicos, en línea con los trabajos previos de Wangai et al. (2018), Hattam et al. (2021) y Jacobs et al. (2015).

5.2.1 Identificación y priorización participativa de los servicios ecosistémicos de las turberas de musgo *Sphagnum*

Para identificar y priorizar los servicios ecosistémicos, se optó por un cuestionario aplicado a actores clave. Esta herramienta ofrece a los participantes una mayor flexibilidad y facilita la inclusión de un mayor número de personas en las encuestas. Esencialmente, el cuestionario actúa como un medio organizado para recopilar información relevante en diversos estudios o investigaciones, compuesto por un conjunto de preguntas diseñadas para obtener datos de manera estandarizada (Casas, Repullo y Donado, 2003).

Para evaluar las respuestas, se utilizaron dos tipos de escalas de valoración. En primer lugar, la escala de intensidad o apreciación, que proporciona una gama de opciones de respuesta en un continuo, permitiendo a los encuestados expresar su opinión en diferentes grados. Además, se empleó la escala Likert, reconocida por su facilidad de uso y versatilidad para medir actitudes. Esta escala brinda información sobre la dirección (positiva o negativa) e intensidad de las actitudes, permitiendo a los encuestados expresar su grado de acuerdo o desacuerdo con afirmaciones predefinidas.

El cuestionario auto aplicado lleva por título "Valoración de servicios ecosistémicos de las Turberas de Musgo *Sphagnum*, 'Pompón', y su relación con el paisaje y planificación territorial", realizado en la Región de Aysén. Se llevó a cabo a través de la plataforma Google Forms entre el 7 y el 31 de enero de 2024. Se envió por correo electrónico a actores relevantes y fue respondido por 33 personas, algunas de ellas involucradas en diferentes ámbitos como investigación, cultura, recreación, conservación y producción.

Figura 5. Cuestionario aplicado a actores claves en área de estudio.



Valoración de servicios ecosistémicos de las Turberas de Musgo *Sphagnum*, "Pompón" y su relación con el paisaje y planificación territorial. Región de Aysén.

El objetivo de esta encuesta es observar la interdependencia del servicio ecosistémico que brindan las turberas ("Pompón") en relación con el paisaje natural construido de la región de Aysén y su contribución a la planificación territorial regional. Esta encuesta forma parte del trabajo final para optar al grado de Magíster en Análisis Geográfico de la Universidad de Concepción, Región del Bío Bío y forma parte del programa Tesis País, de Fundación para la Superación de la Pobreza. Este trabajo es guiado por Francisco de la Barrera Melgarejo Fdelabarrera@udec.cl, Jorge Féliz Bernal jfelez@udec.cl, ambos académicos de la Facultad de Ciencias Ambientales y también por Ricardo Álvarez ricardo.alvarez@superacionpobreza.cl, tutor por parte de Tesis País.

Valoramos profundamente su participación en esta investigación. Queremos asegurarle que sus respuestas son totalmente confidenciales y serán utilizadas exclusivamente para comprender las percepciones de quienes habitan el territorio en relación al paisaje Aysenino.

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Tabla 4. Actores clave involucrados en el ámbito de turberas.

Relación con Ecosistema de Turberas	Institución/ Organización	Cargo/Profesión/Ocupación	Sector de Residencia
Investigación	MMA. Ministerio de Medio Ambiente	Geógrafa. Profesional ecosistemas acuáticos	Región Metropolitana
	Municipalidad de Aysén	Directora DIDECO	Puerto Aysén
	Municipalidad de Aysén	Directora SECPLAN	Puerto Aysén
	Universidad de Concepción	Biólogo. Docente	Concepción
	Universidad de Concepción	Geógrafo. Investigador	Concepción
	Independiente	Ingeniero Forestal	Cochrane
	SEREMI de Salud	Epidemiólogo	Coyhaique
	INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Ingeniero Agrónomo PhD.	Coyhaique
	UACH. Universidad Austral de Chile	Biólogo Marino	Coyhaique
	INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Investigadora	Coyhaique
	AyCiencia	Médico Veterinaria	Puerto Aysén
Productivo	Innovaceutica SPA	Bióloga. Fundadora Innovaceutica	Pucón
	Independiente	Emprendedor. Técnico Administración de empresas	Puerto Aysén
	GORE Aysén	Consejero Regional	Cochrane
	GORE Aysén	Secretario Municipal	Caleta Tortel
	Independiente	Agricultor	Puerto Aysén
Cultural	Educacional	Profesora de Artes Plásticas	Caracoles, Villa Los Torreones. Aysén
	Municipalidad de Aysén	Ingeniero Civil	Puerto Aysén
	Fundación Superación de la Pobreza	Investigador	Puerto Montt
	Facultad de Ciencias Ambientales. EULA UDEC/ UCT	Biólogo/ Dr. Ciencias Ambientales/Investigador	Concepción
	Baker Patagonia	Guía de Turismo	Puerto Bertrand
	Municipalidad de las Guaitecas	Profesional Fomento Productivo	Guaitecas
	Balloon latam	Ingeniero Comercial	Coyhaique
	Fundación Superación de la Pobreza	Diseñador Gráfico	Coyhaique
	Independiente	Arquitecto	Concepción
Conservación	CIEP. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia	Sociólogo	Coyhaique
	SEREMI Medio Ambiente Aysén	Profesional SEREMI del Medio Ambiente	Coyhaique
	CODEFF Aysén. Agrupación Aysén Reserva de Vida	Dirigente Ambiental. Arquitecto. Planificación Territorial	Coyhaique
Recreacional	Profesional Servicio País	Geógrafa	Melinka
	Fundación Superación de la Pobreza	Ingeniera Ambiental	Río Ibáñez
	UACH. Universidad Austral de Chile	Geóloga	Coyhaique
	Municipalidad de Tortel	Directora SECPLAN	Caleta Tortel

Fuente: Elaboración Propia (2024)

5.2.2 Valoración cualitativa de servicios ecosistémicos y su relación con la extracción de turberas de musgo *Sphagnum*

Considerando la metodología cualitativa desarrollada anteriormente se identifican los servicios ecosistémicos según su grado de valoración. Lo anterior considerando, las secciones de provisión (biótico), regulación y mantención (biótica) y cultural (biótico). Tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Servicios ecosistémicos de acuerdo con Clasificación CICES.

Sección	División	Grupo	Clase
Provisión (bióticos)	Biomasa	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales, materiales o para producir energía	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales.
			Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)"
			Plantas cultivadas (incluidos hongos, algas) como fuente de energía
		Plantas acuáticas cultivadas para nutrición, materiales o energía	Plantas cultivadas por acuicultura in situ con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de la acuicultura in situ para el uso directo o procesamiento
			Plantas cultivadas por acuicultura in situ cultivadas como fuente de energía
		Animales criados para nutrición, materiales o energía	Animales criados con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales criados para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Animales criados para proporcionar energía (incluidos los mecánicos)
		Animales acuáticos criados para nutrición, materiales o energía.	Animales criados por la acuicultura in situ con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales cultivados mediante acuicultura in situ para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Animales criados por la acuicultura in situ como fuente de energía
		Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía	Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas para la nutrición
			Fibras y otros materiales de plantas silvestres para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas como fuente de energía
		Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para	Animales salvajes (terrestres y acuáticos) utilizados con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales salvajes para uso directo o

Sección	División	Grupo	Clase
		nutrición, materiales o energía	procesamiento (excluidos los materiales genéticos)
			Animales salvajes (terrestres y acuáticos) utilizados como fuente de energía
	Material genético de toda la biota (incluida la producción de semillas, esporas o gametos)	Material genético de plantas, algas u hongos	Semillas, esporas y otros materiales vegetales recolectados para mantener o establecer una población
			Plantas superiores e inferiores (organismos completos) utilizadas para generar nuevas cepas o variedades
			Genes individuales extraídos de plantas superiores e inferiores para el diseño y construcción de nuevas entidades biológicas
		Material genético de animales	Material animal recolectado con el propósito de mantener o establecer una población
			Animales salvajes (organismos completos) utilizados para la reproducción de nuevas cepas o variedades
		Material genético de organismos	Genes individuales extraídos de organismos para el diseño y la construcción de nuevas entidades biológicas
Regulación y Mantenimiento (biótica)	Transformaciones de inputs bioquímicos o físicos a los ecosistemas	Mediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénicos por procesos vivos	Biorremediación por microorganismos, algas, plantas y animales
			Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales
		Mediación de molestias de origen antropogénico	Reducción de olores
			Atenuación de ruido
			Atenuación visual
	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas	Regulación de flujos y eventos extremos	Control de las tasas de erosión
			Buffer y atenuación de movimientos en masa
			Regulación del ciclo hidrológico y los flujos de agua
			Protección del viento
			Protección del fuego
		Mantenimiento del ciclo de vida, hábitat y pool genético	Polinización (o dispersión de gametos en el mar)
			Dispersión de semillas
		Mantenimiento de poblaciones juveniles y hábitats (incluida la protección del pool genético)	Mantenimiento de poblaciones juveniles y hábitats (incluida la protección del pool genético)
			Control de plagas (incluidas especies invasoras)
		Pestes y control de enfermedades	Control de enfermedades
		Regulación de la calidad de suelo	Meteorización y su efecto en la calidad del suelo
			Descomposición y fijación y su efecto en la calidad del suelo
		Condiciones del agua	Regulación de la condición química de las aguas dulces mediante procesos biológicos
			Regulación de la condición química del agua de mar
		Condiciones y composición atmosférica	Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos
			Regulación de la temperatura y la humedad, incluida la ventilación y la transpiración
	Interacciones directas,	Interacciones físicas y	Características de los sistemas vivos que permiten actividades a través

Sección	División	Grupo	Clase
Cultural (Biótico)	remotas, a menudo de inmersión, con sistemas vivos que requieren presencia en el entorno ambiental	experienciales con el ambiente natural	de interacciones activas o inmersivas
			Características de los sistemas vivos que permiten actividades a través de interacciones pasivas u observacionales
		Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	Características de los sistemas vivos que permiten la investigación científica
			Características de los sistemas vivos que permiten la educación y el entrenamiento
			Características de los sistemas vivos que son importantes en términos de cultura o herencia
			Características de los sistemas vivos que permiten experiencias estéticas
	Interacciones directas, remotas, a menudo de inmersión, con sistemas vivos que no requieren presencia en el entorno ambiental	Interacciones espirituales, simbólicas u otras	Elementos de los sistemas vivos que tienen un significado simbólico
			Elementos de los sistemas vivos que son sagrados o con significado religioso
			Elementos de los sistemas vivos usados para entretenimiento o representación
		Otras características bióticas que tienen valor de no uso	Características o formas de los sistemas vivos que tienen valor de existencia
			Características o formas de los sistemas vivos un valor de opción o legado

Fuente: Elaborado a partir de Clasificación CICES.

5.3 Identificación de los Instrumentos de Ordenamiento Territorial con relación a las turberas de musgo *Sphagnum*

A partir de la síntesis de los resultados anteriores, la revisión de los Instrumentos de Ordenamiento Territorial (IOT) y considerando las respuestas obtenidas por los actores claves, se identificaron los Instrumentos de Ordenamiento Territorial IOT, se clasificaron aquellos de carácter normativos como indicativos presentes en el área de estudio, con la finalidad de realizar un análisis integrado verificando si alguno de ellos contempla o aborda los conceptos; Turberas, Musgo *Shagnum*, o extracción de turberas de Musgo *Sphagnum*.

5.4 Plan de Acción Regional Cambio Climático Región de Aysén.

Considerando el contexto actual de la promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático (2022), que tiene como meta alcanzar la carbono neutralidad al año 2050, reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático (MMA, 2024), esta normativa en su título III, Instrumentos de Gestión del Cambio Climático, Párrafo III de los Instrumentos de Gestión a nivel regional, señala lo siguiente: “Se elaboraran Planes de Acción Regional de Cambio Climático, (PARCC) en concordancia con las directrices de la Estrategia Climática de Largo Plazo y los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación” (Ley 21.455, Art. N°11, 2022). Este instrumento es crucial para examinar cómo se incorpora el concepto de turberas y musgo *Sphagnum* en la planificación, ordenamiento y gestión territorial.

5.5 Ley SBAP. Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

Se revisó la Ley N° 21.600, que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), en el contexto de la cuenca del río Aysén, que alberga diversas áreas protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE). Este sistema es el principal instrumento de conservación que asegura la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La nueva Ley SBAP complementa y fortalece el marco establecido por el SNASPE, buscando mejorar la efectividad en la conservación y asegurar una gestión más integral y coordinada de las áreas protegidas.

Considerando lo anterior, se intersectaron las capas o shapefiles de las áreas del SNASPE con el límite de la cuenca del río Aysén utilizando el software ArcGIS Pro, con datos provenientes del GeoPortal SIMBIO². Además, ya teniendo identificadas las turberas, se realizó una intersección con esta capa para determinar el porcentaje de turberas dentro de las áreas protegidas, dentro de las áreas protegidas privadas. Por otro lado, la plataforma SIMBIO proporciona información sobre una capa denominada "Humedales de Relevancia", que clasifica estos humedales en niveles de relevancia: muy alta, alta, media o baja. Esta clasificación fue útil para identificar cuántas de las turberas se encuentran en cada una de estas categorías.

Finalmente, se proponen recomendaciones y/o lineamientos para el proceso de planificación territorial, tomando en cuenta la metodología propuesta por Gómez y Gómez (2013). También se revisó la metodología desarrollada por el Laboratorio de Planificación Territorial del Ministerio de Medio Ambiente MMA-ONU (2023), según lo descrito en la "Guía para la elaboración de planes de gestión integral de humedales y sus cuencas aportantes"³.

² Visor SIMBIO, MMA <https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio>.

³ MMA – ONU Medio Ambiente (2023). Guía para la elaboración de planes de gestión integral de humedales y sus cuencas aportantes. https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/04/Guia-Humedales_Plan-de-gestion_FPA.pdf

Tabla 6. Clasificación de Instrumentos de Ordenamiento Territorial. Normativos e Indicativos.

Instrumentos de Ordenamiento Territorial Normativos	Descripción	Instrumentos de Ordenamiento Territorial Indicativos	Descripción
Plan Regulador Comunal Coyhaique PRC (En modificación 2011)	Establece el límite de las áreas urbanas de las comunas, las condiciones de ocupación del territorio a través de normas urbanísticas, las vías estructurantes y las zonas o inmuebles de conservación histórica.	Programa de planificación del manejo de las áreas silvestres protegidas del SNASPE (Actualizado al 17 junio 2024)	Establece directrices y procedimientos para la gestión efectiva de las áreas protegidas en Chile. Incluye la elaboración de planes de manejo específicos y la coordinación entre diferentes actores para optimizar la protección y el uso de estas áreas.
Plan Regulador Intercomunal Coyhaique -Puerto Aysén (En formulación desde 2005)	Regula el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas, que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana.	Plan Regional de Desarrollo Urbano PRDU	En formulación desde (2010)
Plan Regional de Ordenamiento Territorial PROT (Vigente)	Regula el uso de suelo y desarrollo, estableciendo directrices para el uso sostenible de los recursos y la protección de áreas críticas. Busca coordinar la planificación territorial para promover el crecimiento equilibrado y la conservación ambiental		

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Por otra parte, se categorizaron las áreas protegidas de acuerdo con la nueva Ley SBAP, **(Tabla 7)**. El cuerpo legal de cada una de ellas se muestra a continuación:

Tabla 7. Categorías de Protección según normativa anterior y vigente

Categoría de Protección	Ley	
Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado	SNASPE	Ley N° 19.300: Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
Zonas de Protección Especial con Valor Ambiental del Territorio	SBAP	Ley SBAP N° 21.600. Servicio de Biodiversidad y áreas Protegidas

VI. RESULTADOS

6.1 Análisis del cambio en coberturas de suelo y distribución de turberas de musgo

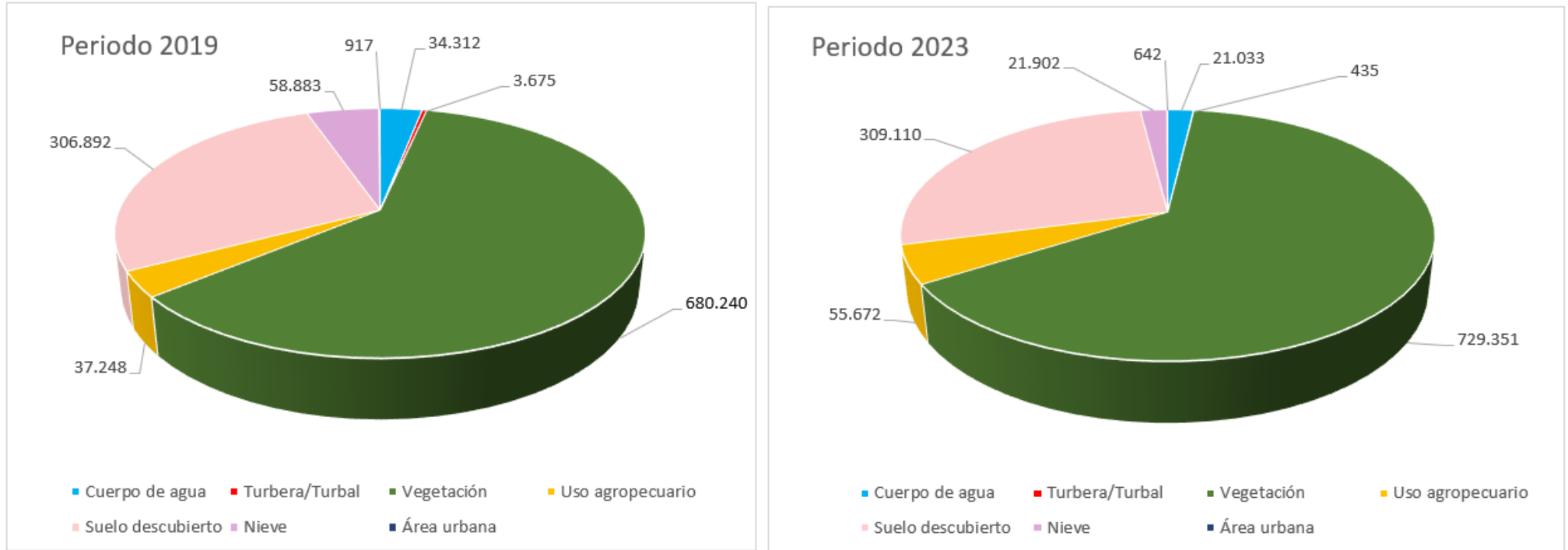
Sphagnum

En relación con la estructura del paisaje de Aysén, se observa que la cuenca del Río Aysén presenta una superficie total de 1.122.166 Hectáreas. Para el **periodo 2019**, se tiene que las coberturas que predominan corresponden principalmente son la vegetación con 680.240 ha, le sigue el suelo descubierto con 306.892 ha. Para la cobertura de turbera/turbal, se identificaron 3.675 ha. Para el **periodo 2023** las coberturas que predominan en el paisaje siguen siendo la vegetación, incrementando su superficie a 729.351 ha, Por otro lado, el Suelo descubierto aumenta a 309.110 ha **Figura 6**

Otro cambio importante que se evidencia es la disminución de la cobertura de turbera/turbal en donde para el **periodo 2023** se produce una drástica disminución a 435 ha. Por otro lado, disminución en la cobertura de nieve con 21.902 ha y por otra parte aumentando la cobertura de uso agropecuario a 55.672 ha. **Figura 7**

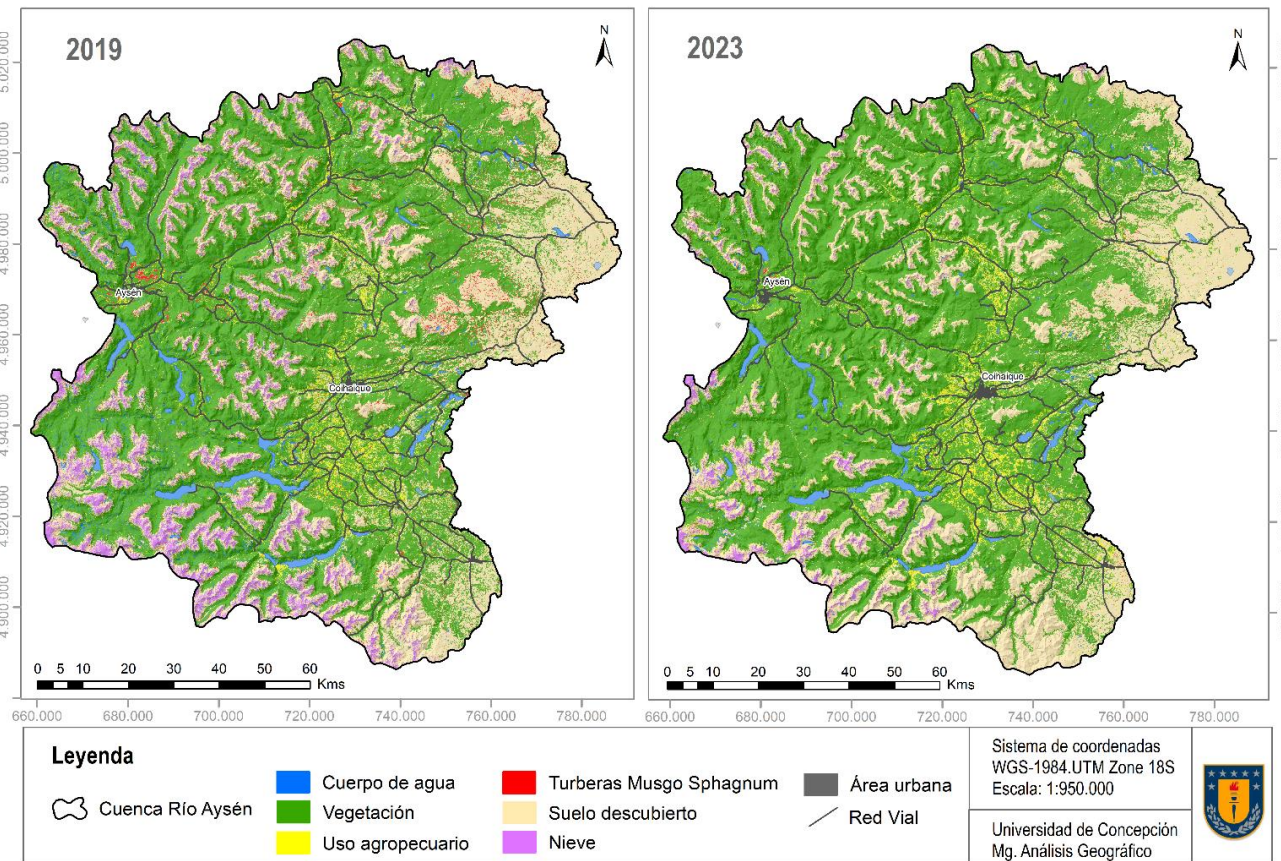
Por otro lado, de acuerdo con los datos del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra de CONAF (2013) Figura 3, si bien no corresponden a los mismos ecosistemas identificados en este estudio, da un primer acercamiento a la configuración del paisaje, cabe destacar que estos datos publicados son a nivel de regional, no así a nivel de cuenca del río Aysén. Así para el año 2013, las mayores superficies son otorgadas a las coberturas de Nieve y glaciares y cuerpos de agua, seguido de la cobertura de bosques, praderas y matorrales.

Figura 6. Coberturas de suelo identificadas en área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura 7. Coberturas de suelo año 2019 y 2023.



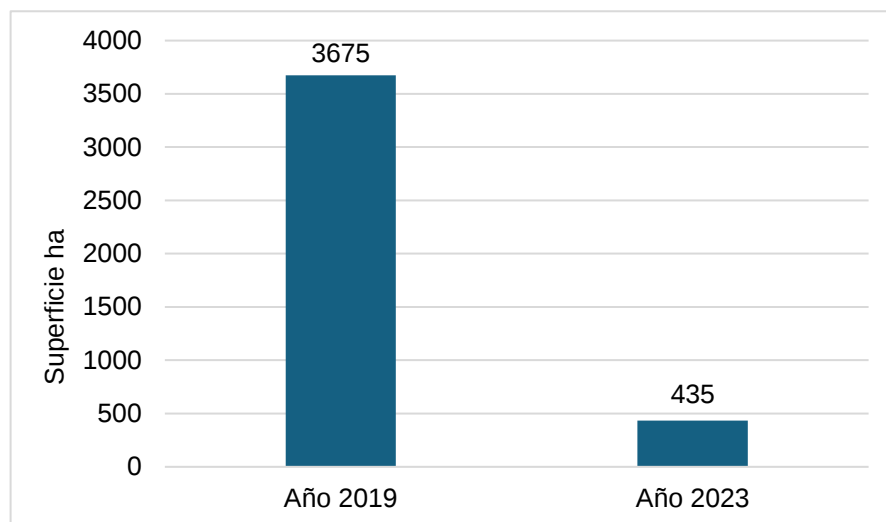
Fuente: Elaboración Propia (2024)

6.1.1 Identificación y distribución de las turberas de musgo *Sphagnum*

Por otro lado, y paralelamente para la identificación de la cobertura de turbera/turbal los índices espectrales permitió así evaluar del estado de la vegetación, así como la presencia de humedad y agua en la turbera, la densidad de la vegetación y la concentración de clorofila.

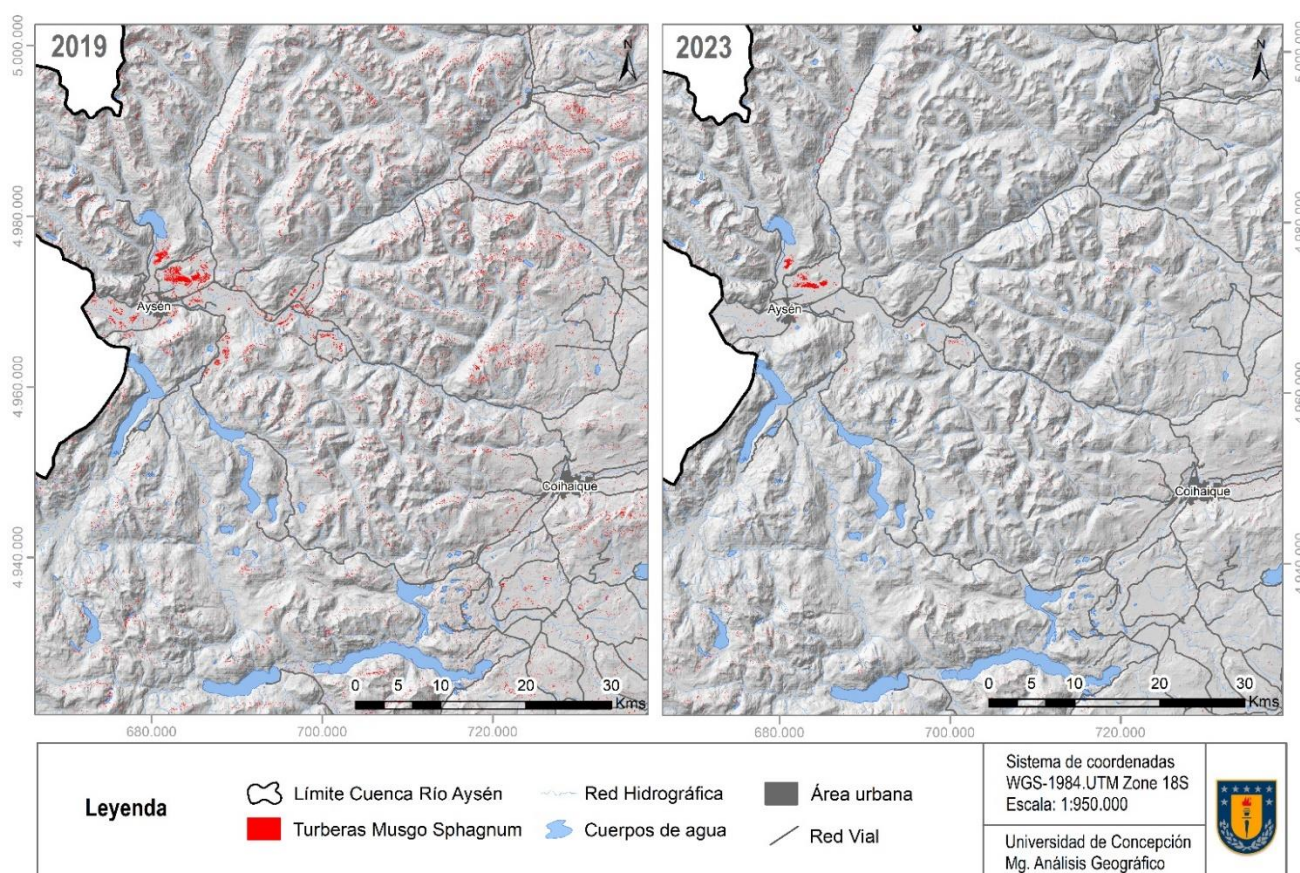
Las **Figura 8 y Figura 9** muestran tanto la superficie como la distribución temporal más representativa de la cuenca del río Aysén en donde se identificó un gran parche de turbera específicamente frente al área urbana de la comuna de Puerto Aysén, en la cual se visualiza claramente la disminución de la superficie de turbera/turbal de 3.675 ha en el año 2019 a 435 en el año 2023.

Figura 8. Superficie Turberas Musgo Sphagnum



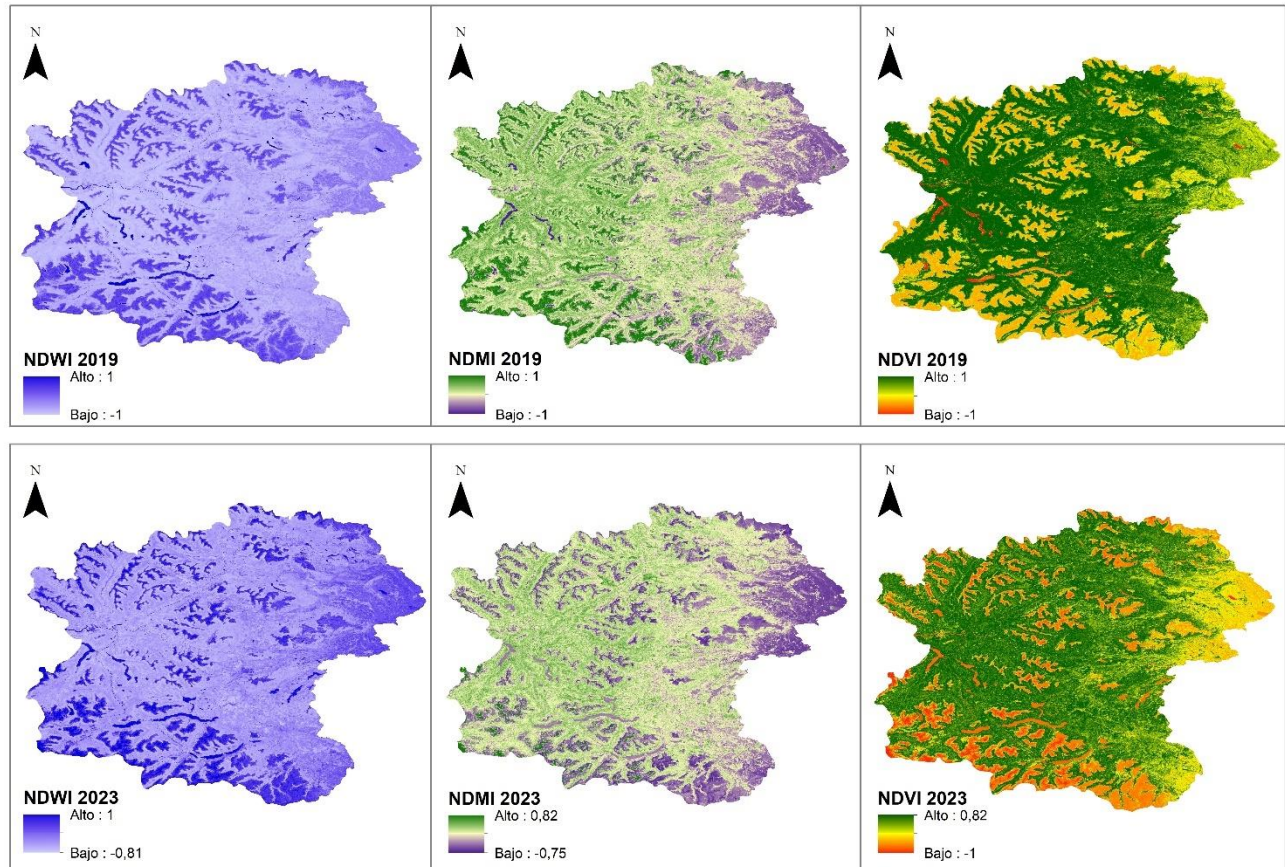
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura 9. Distribución temporal de turberas para año 2019 y 2023.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura 10. Índices espectrales para la identificación de turberas años 2019 y 2023_1.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Por otro lado, para el índice NDWI que detecta la presencia y distribución de agua en la superficie, se observa para el parche de turbera más grande, valores bajos, lo que indica menor presencia de agua para el año 2019, y para el año 2023 se observa mayor aumento en la presencia de agua.

El índice NDMI que proporciona información relacionada a la humedad del suelo, se observa para el año 2019 se observa para el parche de turbera más grande el valor más alto es 1 y más bajo -1, y para el año 2023 se refleja una disminución, siendo el valor más alto 0,82 y más bajo -0,75

El índice NDVI proporciona información sobre el vigor de la vegetación, se observa para el parche de turbera más grande, para el año 2019 el valor más alto es 1 lo que indica una vegetación densa y saludable, y más bajo de -1. Para el año 2023 se refleja una leve disminución respecto del año 2019, siendo el valor más alto 0,82 y más bajo -1, esto puede representar sectores con suelos descubiertos o áreas con poca vegetación o menos densa **Figura 10**.

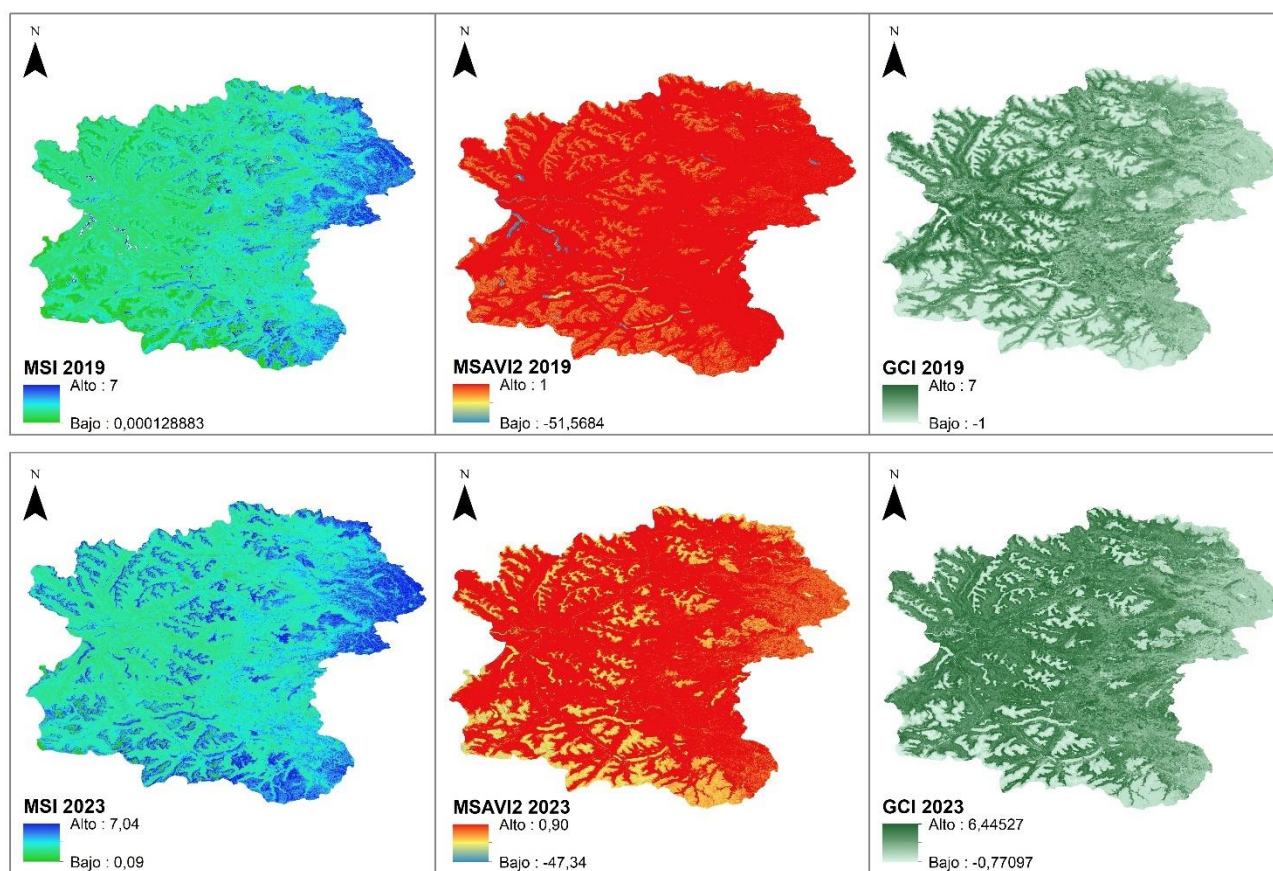
El Índice MSAVI-2 proporciona información para estimar la cantidad y salud de la vegetación, especialmente en áreas con presencia de sombra o vegetación densa, se observa para el parche de turbera más grande, en el año 2019, un valor bajo de -51,56 y alto con valor 1, y para el año 2023 con

un valor bajo de -47,34 y alto 0,90, viéndose también una disminución en la presencia de agua y así en la salud de la vegetación. Este índice fue útil para detectar específicamente en áreas con suelos descubiertos, ya que proporciona una estimación más precisa de la vegetación sin verse afectado por el suelo descubierto.

El Índice MSI proporciona información respecto del estrés hídrico presente en la vegetación y el suelo. En este caso un valor alto indica contenido de agua alto en la vegetación y el suelo, lo que sugiere condiciones húmedas o ausencia de estrés hídrico. Por el contrario, un valor bajo de MSI indica estrés hídrico, es decir, una falta de agua en la vegetación y el suelo. Para el año 2019 se tiene un valor promedio bajo de 0,0001 lo que representa un alto grado de estrés hídrico respecto del año 2023, en donde sí se observa un aumento en el contenido de agua en la vegetación.

Y, por último, el índice GCI que nos ayuda a estimar la concentración de la clorofila en los cuerpos de agua se observa para el año 2019, un valor bajo de -1 y alto 7, y para el año 2023 una disminución en la concentración de la clorofila del agua, en donde el valor bajo fue de -0,77 y alto de 6,44. Esto indica una menor concentración de clorofila lo que puede indicar condiciones de agua menos productivas en términos de biomasa vegetal **Figura 11**.

Figura 11. Índices espectrales para la identificación de turberas años 2019 y 2023_2.



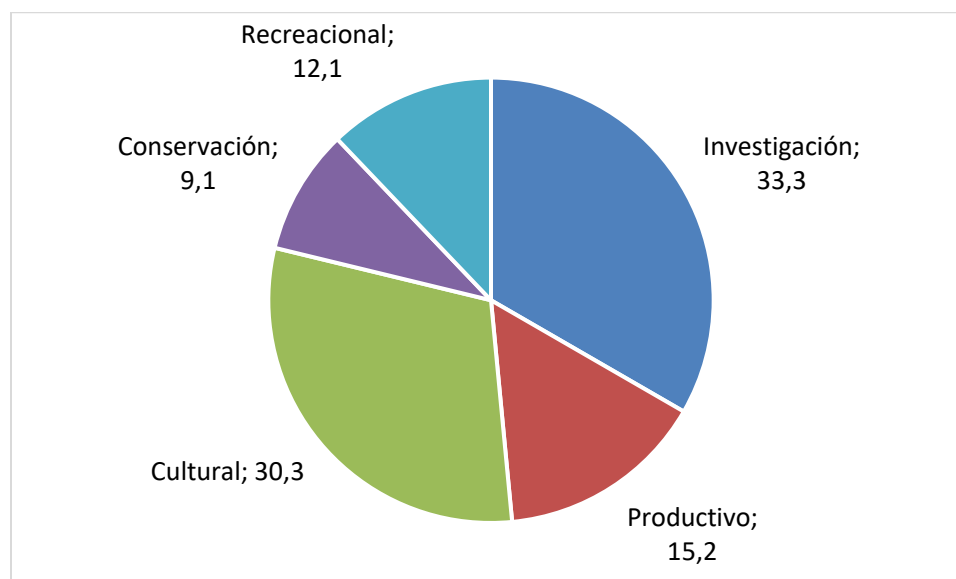
Fuente: Elaboración Propia (2024)

6.2 Valoración de los servicios ecosistémicos de musgo *Sphagnum*

Los resultados respecto de la primera parte del cuestionario aplicado, en la cual se identifican a los actores claves, sector de residencia, ocupación, institución u organización, se tiene que la mayor parte de los actores claves, se relacionan con los ecosistemas de turberas desde la investigación, alrededor de un 33,3%, luego de manera cultural con un 30,3%, principalmente personas que habitan el área de estudio⁴ **Figura 12.**

⁴ Cuestionario aplicado disponible en línea: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScKgBnzaT3-efUjfS8XoWk0kCZ-SdJ25T2DeThbYFzoiYEBnA/viewform?usp=pp_url

Figura 12. ¿Cómo calificarías tu relacionamiento con los ecosistemas de turberas?



Fuente: Elaboración Propia (2024).

En la segunda parte, se presentó a los encuestados una escala de valoración del 1 al 10, donde el 1 indicaba una valoración muy baja y el 10 una valoración muy alta. Se les solicitó realizar una valoración general sobre la capacidad de las turberas de musgo *Sphagnum*, conocidas como "Pompón", en cuanto a sus funciones de Provisión, Regulación y Cultural. Además, se proporcionó una breve descripción de los conceptos clave relacionados con las turberas, el musgo *Sphagnum* y la turba:

*Se define **Turbera** como "Un tipo de humedal en el cual se produce y acumula lentamente materia orgánica de origen vegetal en forma de turba, es de crecimiento lento, depende del nivel y calidad del agua, los nutrientes son depositados a través de agua lluvia y posee pH ácido".*

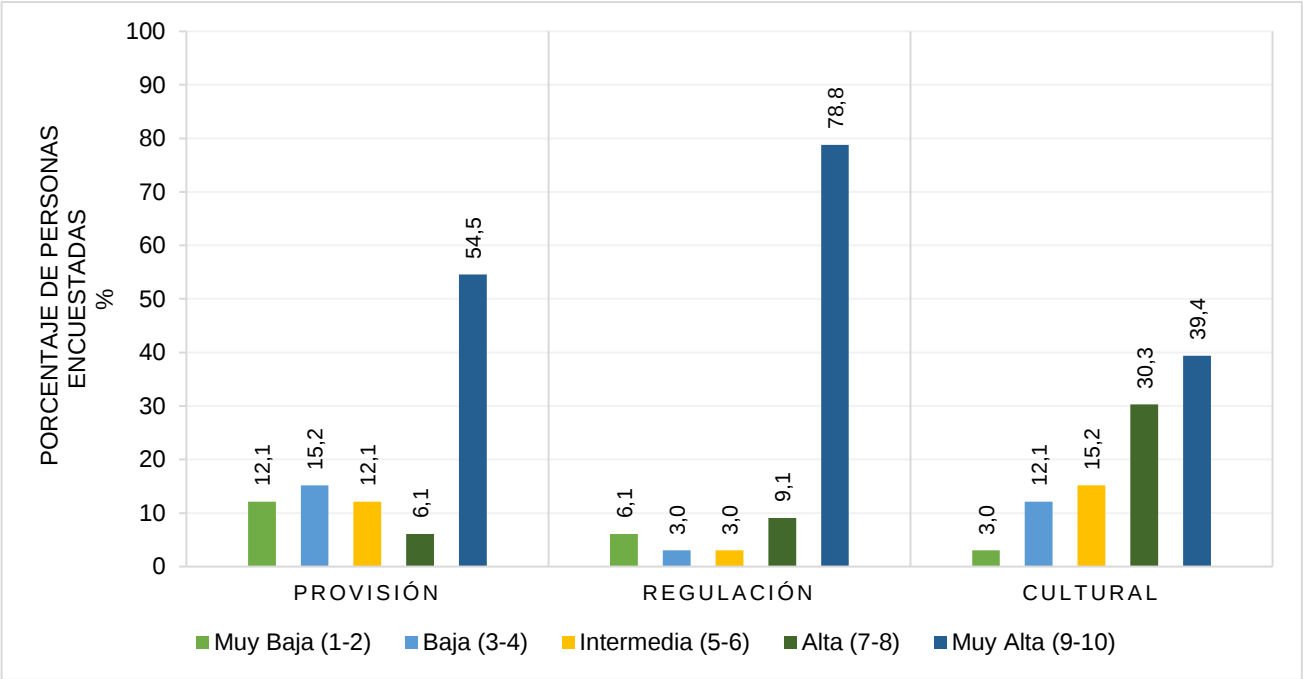
***Musgo Shpagnum:** Es un musgo que se distribuye en Chile desde la Región de la Araucanía hasta Magallanes, adquiere mayor cobertura en regiones de Aysén y Magallanes. Los Sphagnum son los musgos responsables del origen de la turba. Se forma por la acumulación de los tejidos de ésta y otras plantas que crecen sobre los restos de otras ya descompuestas. Forman así una serie de estratos de tejidos vegetales muertos que se acumulan con el paso del tiempo, formando el material que llamamos "Turba".*

***La turba se utiliza** con fines comerciales como la materia prima para la producción de sustratos de alta calidad para viveros, cultivo de hortalizas y plantas ornamentales en países como Israel, Japón, Holanda y Estados Unidos, entre otros.*

Los resultados indican que las valoraciones más bajas fueron para el servicio de provisión, entre 12,1% y 15,2% muy baja (1-2) y baja (3-4) respectivamente **Figura 13**. Por otro lado, sobresale la valoración para el servicio de regulación abarcando más del 70% de los encuestados con una valoración muy alta

(9-10). Y por último para el servicio cultural se observa que alrededor del 30% de los encuestados valoraron con capacidad muy alta (9-10).

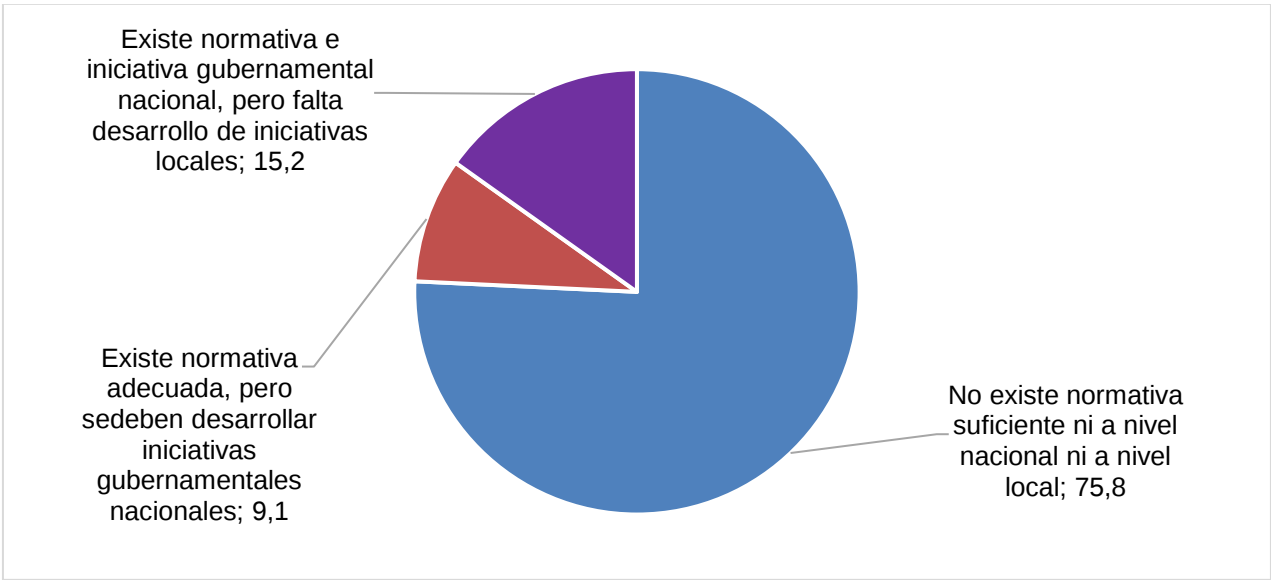
Figura 13. Valoración ambiental respecto de la capacidad como servicio de Provisión, Regulación y Cultural de las turberas de musgo Sphagnum



Fuente: Elaboración Propia (2024).

La tercera sección destaca la importancia de la planificación territorial y la normativa ambiental. La planificación territorial implica un diagnóstico previo del territorio, con medidas propuestas para avanzar hacia una visión a largo plazo (Gómez y Gómez, 2013; Peña Cortés et al., 2019). En relación con la percepción sobre la eficacia de la normativa ambiental actual en la protección y conservación de las turberas, el 75% de los encuestados indica que no existe suficiente normativa a nivel nacional ni local para abordar esta situación **Figura 14**

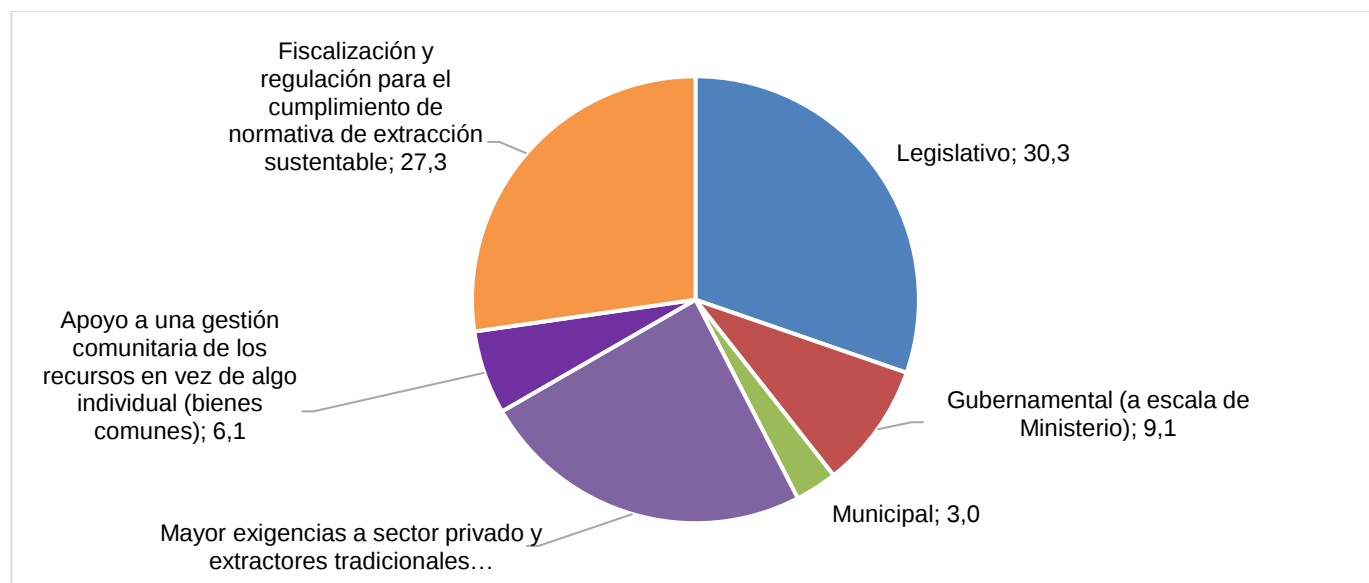
Figura 14. ¿Cuál es su percepción sobre la eficacia de la normativa ambiental actual en la protección y conservación de las turberas de musgo *Sphagnum* (Pompón)?



Fuente: Elaboración Propia (2024).

En cuanto a la planificación territorial, al preguntar a los encuestados sobre las áreas que consideran necesitan mayor atención para preservar las turberas en la cuenca del río Aysén, se obtuvieron tres resultados principales. El 30,3% destacó la necesidad de acciones a nivel legislativo, el 27,3% sugirió una mayor fiscalización y regulación para garantizar el cumplimiento de la normativa de extracción sostenible, mientras que el 24,2% abogó por imponer requisitos más estrictos al sector privado y a los extractores tradicionales individuales o familiares **Figura 15.**

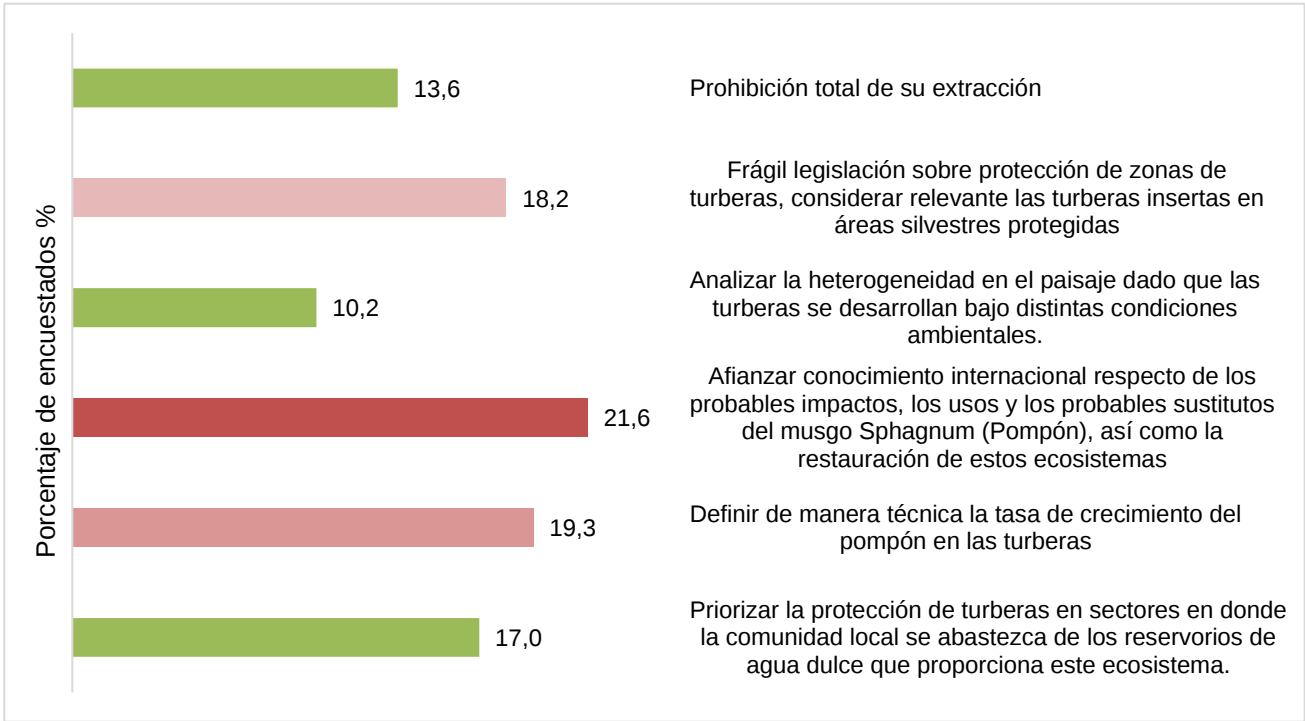
Figura 15. ¿Qué áreas de trabajo considera que necesitan mayor atención para preservar las turberas en la cuenca del río Aysén?



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Finalmente, se solicitó a los encuestados que identificaran tres alternativas que consideraran más importantes en relación con la gestión para permitir la actividad de manera sostenible y preservar los servicios ecosistémicos proporcionados por el ecosistema en cuestión. La opción más valorada fue "Afianzar el conocimiento internacional sobre los posibles impactos, usos y alternativas al musgo Sphagnum (Pompón), así como la restauración de estos ecosistemas", con un 21,6%. Le siguió "Definir técnicamente la tasa de crecimiento del Pompón en las turberas", con un 19,3%, y "Legislación frágil sobre la protección de las zonas de turberas, considerando importante las turberas ubicadas en áreas silvestres protegidas", con un 18,2%. Es importante destacar que, si bien la mayoría de las respuestas se centran en mantener el recurso de manera sostenible, también se observa la importancia atribuida a la necesidad de una prohibición total de la extracción **Figura 16.**

Figura 16. Alternativas para la gestión del uso sostenible del musgo Sphagnum para la preservación de los servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración Propia (2024).

6.2.1 Matriz de servicios ecosistémicos según valoración y su relación con la extracción de las turberas de musgo *Sphagnum*

En cuanto a los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y cultural, evaluados a través de la matriz por los encuestados, se observa que la mayoría consideró "necesarios" los diversos ejemplos de bienes y servicios enumerados a continuación:

Tabla 8. Matriz de servicios ecosistémicos de Provisión.

	Grupo	Clase	Ejemplos de bienes y servicios	1	2	3	4	5
				Innecesario		Necesario		Esencial
Provision	Provisión de alimentos (vegetales, plantas comestibles)	Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas para la nutrición	Suplemento vitamínico	8	7	10	3	5
		Plantas cultivadas mediante acuicultura in situ cultivadas como fuente de energía.	Las algas como fuente de energía	6	5	16	1	5
	Provisión de fibras y combustibles (producción de troncos, leñas, turbas, forrajes, fibras naturales utilizada para cestería)	Fibras y otros materiales de plantas silvestres para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)	Las algas como material aislante	2	6	11	4	10
			Madera procesada (Volumen de madera aprovechada)	12	9	11	1	0
	Provisión de productos bioquímicos (Extracción de productos bioquímicos para medicinas, y otros materiales)	Semillas, esporas y otros materiales vegetales recolectados para mantener o establecer una población	Semillas o esporas que podemos cosechar (semillas de plantas silvestres para venta comercial).	2	7	16	4	4
		Genes individuales extraídos de plantas superiores e inferiores para el diseño y construcción de nuevas entidades biológicas	Creación de un nuevo microorganismo para ayudar a producir un producto farmacéutico	3	10	14	4	2

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Respecto del servicio de **Regulación**, se observa que la mayoría de los encuestados valoraron como "esenciales" los diversos ejemplos de bienes y servicios. Sin embargo, destaca notablemente entre los encuestados el grupo **"Regulación del clima", el cual incluye la captura de gases de efecto invernadero, el almacenamiento de carbono y la regulación del microclima**. Asimismo, el grupo de **Regulación hídrica y purificación de aguas** también fue destacado (Tabla 9).

Tabla 9. Matriz de servicios ecosistémicos de Regulación

	Grupo	Clase	Ejemplo de Bienes y Servicios	1	2	3	4	5
				Innecesario		Necesario		Esencial
Regulación	Regulación del clima (fuente de captura de gases de efecto invernadero, almacenamiento de carbono, regulación del microclima)	Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos	Secuestro de carbono en turberas tropicales.	0	0	1	1	32
		Regulación de la temperatura y la humedad, incluida la ventilación y la transpiración	Enfriamiento evaporativo proporcionado por los árboles urbanos (Mayor confort térmico en las ciudades).	0	0	0	3	30
	Transformación / degradación / desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénicos por procesos vivos	Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales	Reducción de enfermedades respiratorias.	0	1	1	7	24
		Reducción de olores	Reducción del efecto molesto de los olores procedentes de lotes de animales.	0	5	14	10	4
		Atenuación de ruido	Entorno de bajo ruido	3	8	11	7	4
	Regulación hídrica	Regulación del ciclo hidrológico y los flujos de agua	La capacidad de la vegetación para retener agua y liberarla en ríos cuando hay grandes eventos de precipitación.	0	0	1	0	31
			Mitigación de daños como resultado de la reducción de la magnitud y frecuencia de las inundaciones/tormentas	0	0	4	1	28
	Purificación de aguas	Regulación de la condición química de las aguas dulces mediante los procesos vivos	Regulación del equilibrio de nutrientes en los ecosistemas lacustres	0	0	0	5	28
		Regulación de la condición química del agua de mar	Factores que regulan la salud de los arrecifes de coral y su capacidad para amortiguar la acción de las olas, etc.	2	4	18	2	7
	Control y protección contra la erosión	Procesos de meteorización mediados biológicamente y su efecto en la calidad del suelo.	Mantenimiento de la calidad del suelo y, por tanto, de su capacidad para uso humano.	0	0	0	6	27
		Procesos de descomposición y fijación y su efecto sobre la calidad del suelo.	Mantenimiento de la calidad del suelo; Leguminosas utilizadas para aumentar/mantener los niveles de en el suelo.	0	0	5	3	25
		Mantenimiento de la estructura del suelo por agentes biológicos y procesos ecológicos.	La macrofauna del suelo, compuesta por termitas, hormigas, escarabajos y lombrices de tierra, transforma la estructura física de su entorno al desplazar partículas mediante su movimiento y al ingerir suelo para obtener material orgánico como fuente de alimentación.	0	0	3	8	22

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Y, por último, con relación al servicio **Cultural**, se observa que la mayoría de los encuestados valoraron como "esenciales" las interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural. Específicamente, el mayor número de encuestados consideró esencial la contribución de los **"Sistemas vivos que permiten investigación científica"**. Cabe destacar que 22 encuestados resaltaron la importancia del grupo de **"Sistemas vivos que permiten experiencias estéticas"** (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de servicios ecosistémicos Culturales.

	Grupo	Clase	Ejemplos de bienes y servicios	1	2	3	4	5
				Innecesario		Necesario		Esencial
Cultural	Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	Mantener o regular poblaciones de viveros y hábitats o zonas de reproducción/Refugio	Bosques, pastos marinos, bosques de algas, humedales y varios tipos de fondos marinos son hábitats esenciales para la vida marina	0	0	7	2	24
		Sistemas vivos que permiten actividades a través de interacciones activas o inmersivas	Atractivas cualidades ecológicas del bosque para excursionistas, oportunidades adicionales como jardines privados y actividades acuáticas como buceo y natación.	1	3	2	6	21
		Sistemas vivos que permiten actividades a través de interacciones pasivas u observacionales	Mezcla de especies en un bosque de interés para los observadores de aves	0	0	2	10	21
		Sistemas vivos que permiten la investigación científica	Lugar de especial interés científico	0	0	1	2	30
		Sistemas vivos que permiten la educación y el entrenamiento	Sitio utilizado para actividades voluntarias de conservación	0	0	3	14	16
		Sistemas vivos que son importantes en términos de cultura o herencia	Turismo, identidad local.	3	0	7	15	8
		Sistemas vivos que permiten experiencias estéticas	Área de Excepcional Belleza Natural; sitio panorámico	3	1	3	5	22
		Sistemas vivos que tienen un significado simbólico	Cohesión social/ ícono cultural	7	2	11	4	9

Fuente: Elaboración Propia (2024)

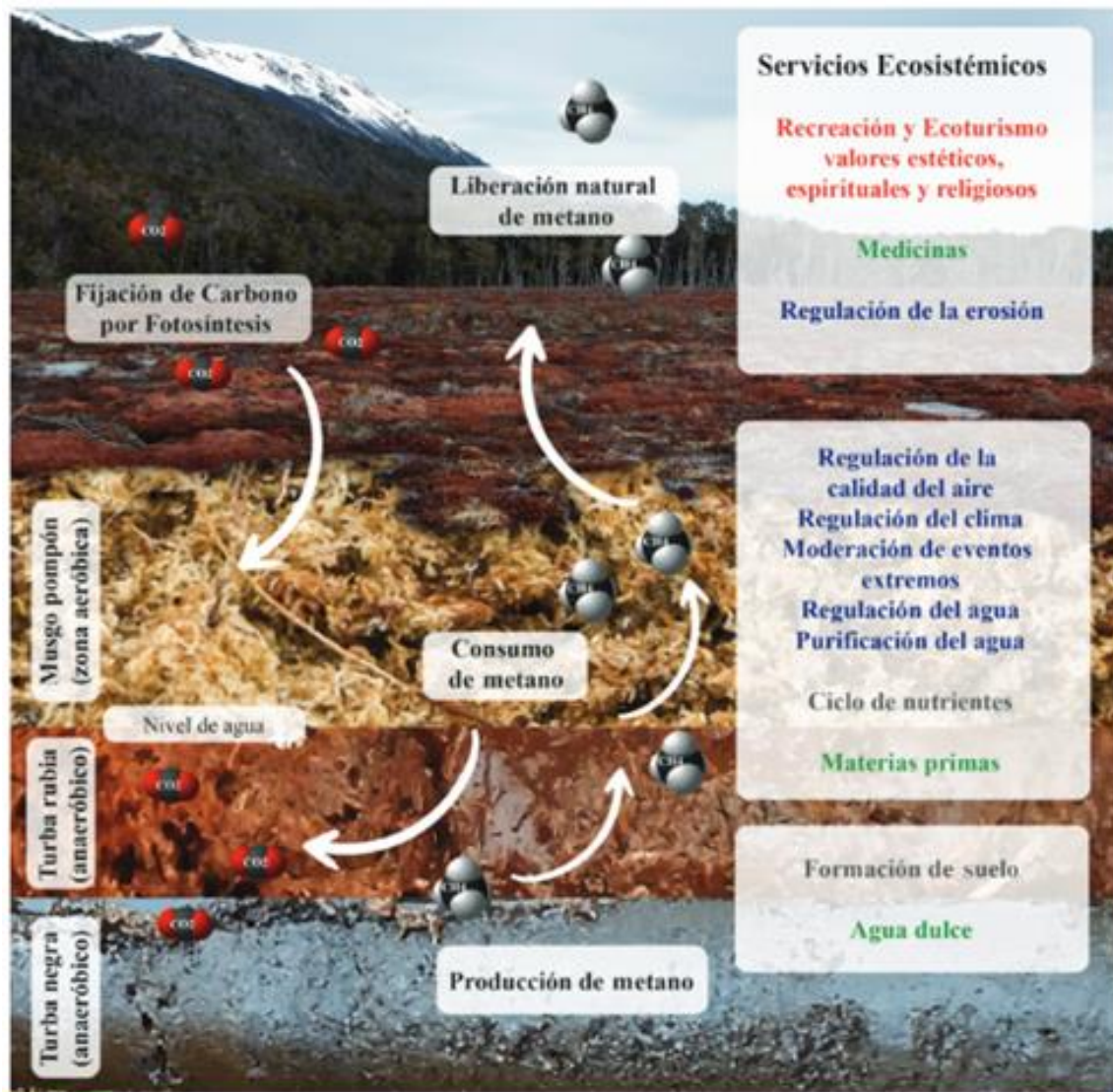
6.2.2 Relación entre servicio ecosistémico de regulación y la extracción del musgo *Sphagnum*

En síntesis, lo anterior manifiesta la relevancia del servicio ecosistémico de regulación de las turberas de musgo *Sphagnum*, el estudio de Mansilla et al. (2021), resalta la importancia de las turberas como uno de los principales sumideros de carbono en Chile. Por lo tanto, conservar y restaurar estas turberas de manera integral puede ser un mecanismo eficaz para avanzar hacia la neutralidad de carbono, una meta proyectada para el año 2050.

En este sentido, los autores señalan que el reservorio de carbono de este ecosistema equivale a 1,7 veces el carbono almacenado en todos los bosques de la tierra (Leifed y Menichetti, 2018; Pan et al., 2011). Las turberas de la patagonia chilena representa el 1,1%, alrededor de 45.000 km², del área de todas las turberas del mundo, considerandose un componente estructural del ciclo global del carbono, participando activamente en la regulación del planeta (Yu et al., 2010) por lo que las actividades de extracción de turba, tienen un impacto significativo en este servicio ecosistémico al liberar carbono almacenado en forma de CO₂ a la atmósfera.

En términos prácticos, el musgo *Sphagnum*, entendida como la zona anaeróbica, actúa como un fijador del carbono, por lo cual al generar un corte de este, se anula la función de la capa más interna, turbera como sumidero de CO₂, lo que impacta negativamente al cambio climático siendo liberado en forma de Metano CH₄ (Figura 17).

Figura 17. Servicios ecosistémicos clave de las turberas de musgo *Sphagnum*: pasos metabólicos en el ciclo del carbono y distribución vertical en el perfil



Fuente: Extraído de Mansilla et al (2021).

Por otro lado, las actividades como la agricultura, la urbanización y la deforestación, además de la extracción de musgo, impactan negativamente en las turberas. Específicamente, el cambio de uso de

suelo para la expansión de nuevas rutas y la infraestructura urbana representa una amenaza directa para ellas (Iturraspe, 2021). Estas actividades fragmentan los hábitats de las turberas y afectan significativamente a sus servicios ecosistémicos, lo que conduce a una grave degradación del ecosistema.

En cuanto a la cosecha del musgo en el país, se utilizan principalmente en aplicaciones como jardinería vertical, maceteros biodegradables, kokedama entre otros (Domínguez et al., 2015a). Según la Oficina de Políticas Agrarias (ODEPA, 2018), entre los años 2004 y 2014, la exportación del musgo deshidratado aumentó en un 200%. Sin embargo, los beneficios económicos no llegan a las comunidades locales que realizan la extracción manualmente; el precio de venta oscila entre \$2.500 y \$5.000 pesos chilenos por saco verde de 50 kg. (Mansilla C, et al. 2021). Esto ha llevado a que los productores rurales aumenten el volumen de extracción para incrementar sus ingresos, descuidando así las prácticas tradicionales sostenibles del recurso.

Según INFOR (2020), Chile comercializó alrededor de 4.000 toneladas de fibra seca de turberas de musgo *Sphagnum* por USD 15 millones en 2019. La comunidad local cosecha estas fibras y las vende a empresas recolectoras, lo que ha resultado en una falta de control ambiental y ha alterado el paisaje.

El estudio reciente de Pérez-Quezada et. al (2023), titulado “***How much carbon is stored in the terrestrial ecosystems of the Chilean Patagonia?***” estiman la cantidad de carbono almacenado en diversos ecosistemas patagónicos dentro de áreas protegidas, destaca el ecosistema de turberas como mayor reservorio de carbono orgánico del suelo por hectárea, siendo casi el doble de la cantidad almacenada en bosques del Amazonas, este estudio señala además que tanto áreas protegidas estatales y privadas contienen el 58,9% y el 2,1% de las reservas de carbono respectivamente, desempeñando un papel fundamental en la protección de los ecosistemas.

En este sentido, el resultado del estudio determinó que las turberas almacenan **1.689** toneladas de carbono por hectárea. Considerando lo anterior, si proyectamos este valor a la superficie del área de estudio, teniendo la superficie total de las turberas por ejemplo para el **año 2019**, nos da el valor del carbono almacenado en las turberas:

*Almacenamiento de Carbono en Turberas = 1.689 t/ha * Superficie Turberas ha*

*Carbono (CO₂) = 1.689 t/ha * 3.675 ha*

Carbono (CO₂) = 6.207.075 t

Por otro lado, si generáramos una valorización económica de las turberas, considerando el precio actual del carbono por tonelada, considerando el valor en el mercado internacional y el precio del carbono en Chile, en promedio es de \$2 dólares USD por tonelada de carbono (CO₂), esto de acuerdo a la Cámara de Comercio Internacional (ICC), ⁵ en donde este valor tendría que aumentar hasta los 75 dólares USD para el año 2030. El valor del carbono almacenado en turberas sería el siguiente:

Valorización económica del Carbono en Turberas (simplificada)

1. Fórmula utilizada:

*Valor económico = Carbono Almacenado (CO₂) * \$2 USD/t*

- *Carbono Almacenado = 12.414.150 (t)*
- *Precio por tonelada = \$2 USD/t*

2. Resultado:

Valor Económico = 12.414.150 (t) x \$ 2 USD/t = 24.828.300 USD

t: toneladas

Para este caso hipotético, al calcular el valor económico del carbono en turberas, y si lo comparamos con el valor de las bonificaciones que una empresa podría recibir, es decir la cantidad de créditos por el precio del carbono del mercado, se establecería una relación entre estos dos elementos y así entender, por otro lado que el sector productivo podría beneficiarse

⁵ ICC. International Chamber of Commerce (2022). Revisar en línea: <https://iccwbo.org/wp-content/uploads/sites/3/2022/03/icc-document-carbon-pricing-principles-es.pdf>

económicamente si se opta por conservar las turberas como una estrategia de compensación de carbono y aportar en la reducción de estas emisiones. Esto va en línea con la Ley Marco para el Cambio Climático Ley N°21.455 promulgada en 2022 en donde establece marco regulatorio para la gestión del cambio climático en Chile y que implementa mecanismos de mercado para la compensación de emisiones⁶

6.3 Análisis de los Instrumentos normativos con relación a la problemática de la extracción del musgo *Sphagnum*

En base a esta revisión, se identifican diversos instrumentos normativos abordan la gestión de humedales y turberas, así como otros componentes ambientales importantes. Sin embargo, es notable que la extracción de las turberas de musgo *Sphagnum* no es mencionada en ninguno de estos documentos. Por ejemplo, la Ley 19.300, en su Artículo 10, Literal S, se refiere a actividades que pueden alterar los humedales, pero omite específicamente la extracción de estas, señalando lo siguiente:

*“Ejecución de obras o actividades que puedan significar una alteración física o química a los componentes bióticos, a sus interacciones o a los flujos ecosistémicos de humedales que se encuentran total o parcialmente dentro del límite urbano, y que impliquen su relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, la alteración de la barra terminal, de la vegetación azonal hídrica y ripariana, **la extracción de la cubierta vegetal de turberas o el deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal, indistintamente de su superficie**” (MMA, 1994)*

Del mismo modo el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), el ítem “Evaluación Ambiental del Territorio, señala como activo ambiental los “Humedales tipo Turbera” (GORE, 2005), priorizándolos para su protección; sin embargo, la fuente de información utilizada corresponde al año 2013 y no abordando esta problemática, lo que evidencia la falta de atención hacia el recurso y también impacto en las comunidades locales.

El Plan Regulador Comunal de Coyhaique (**PRC**) menciona, en la síntesis de diagnóstico, los humedales como componentes ambientales con una categoría de “**Alto Riesgo de Inundación**”. En la sección de **Riegos Antrópicos** (Ilustre Municipalidad de Coyhaique, 2011. pág. 29), se abordan problemas

⁶ HuellaChile (2024). Revisar en línea: <https://huellachile.mma.gob.cl/>

ambientales ajenos a procesos productivos, pero no se identifican específicamente los humedales ni la extracción del musgo.

El Plan Regional de Desarrollo Urbano **PRDU**, se encuentra en formulación desde el año 2010, sin información sobre su avance. El Plan Regulador Intercomunal **PRI**, Coyhaique-Puerto Aysén (PRI, 2005) se encuentra en formulación, en su etapa final de aprobación por parte del Gobierno Regional.

6.4 Análisis del Plan de Acción Regional de Cambio Climático 2024

Entre los instrumentos revisados, se destaca el Plan de Acción Regional de Cambio Climático (MMA, 2024). En su informe final, se subraya la valorización de los servicios ecosistémicos de las turberas de musgo Sphagnum y se propone enfatizar la pérdida de superficie de humedales y turberas. Se señalan lineamientos estratégicos, tales como:

- 1) L3.4: Incluir conceptos de cambio climático en la planificación, ordenamiento y gestión territorial.

Propuesta: Actualizar el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) y otros instrumentos, considerando la biodiversidad, especialmente para lograr la preservación y conservación de humedales y turberas, con un enfoque en áreas protegidas y ecosistemas vulnerables.

- 2) L7.1: Promover y fortalecer soluciones basadas en la naturaleza para aumentar la captura de CO₂.

Propuesta: Diseñar una Política Regional enfocada en la protección y restauración ecológica de bosques, humedales y turberas, con atención especial en las turberas de Musgo Sphagnum. Esto incluye:

- Recolectar datos georreferenciados sobre ecosistemas degradados para promover buenas prácticas en su conservación y restauración.
- Determinar y monitorear los niveles de carbono almacenado en los ecosistemas.
- Crear un instrumento para la conservación de territorios privados y la implementación de proyectos piloto para capturar CO₂ y garantizar la seguridad hídrica.

Además, se proponen metas ambiciosas en torno a los inventarios, evaluación de humedales y biodiversidad, para dar la importancia que requieren las turberas de Musgo Sphagnum para la región. Por otro lado, se resalta las capacidades y acciones que puede generar el sector privado, y/o propietarios/as como por ejemplo el sector agro/forestal para la restauración de los ecosistemas y contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático.

El Instrumento resalta la importancia que tienen los instrumentos de Ordenamiento Territorial, como por ejemplo el PROT, el cual se ve afectado también por la Evaluación Ambiental Estratégica EAE, por lo mismo, se hace relevante la inclusión de variables de cambio climático, ya sea de mitigación o de adaptación.

Por otro lado, se resalta en el desarrollo de estudios científicos enfocados en la evaluación de vulnerabilidad de humedales y turberas en la región. Evaluar y promover prácticas para su protección y que incluya una evaluación de impacto de la extracción de la turba en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

En relación a lo anterior, solo un estudio se ha realizado *¿How much carbon is stored in the terrestrial ecosystems of the Chilean Patagonia?* (Pérez-Quezada et. al (2023), en donde se estima la cantidad de carbono almacenado en diversos ecosistemas patagónicos dentro de áreas protegidas, analizado anteriormente.

6.5 Análisis de la Ley 21.600 Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SBAP)

La Ley 21.600, que establece el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE), representa un avance significativo en la conservación de la biodiversidad. Este instrumento en su Artículo 63, señala que cualquier proyecto o actividad dentro de las áreas protegidas respete la categoría y el objeto de protección del área, así como su plan de manejo.

En este contexto, la categorización de las áreas protegidas del SNASPE revelan una disminución en las turberas de musgo *Sphagnum* en las comunas de Aysén y Coyhaique, tanto en 2019 como en 2023. En 2019, la Reserva Nacional Río Simpson contaba con 84,76 ha de turberas, pero para 2023 se registró una pérdida total de esta superficie. Una situación similar ocurre en la Reserva Nacional Cerro Castillo, que en 2019 tenía 134,08 ha y ha reducido su área a solo 3,65 ha **Tabla 11**

Tabla 11. Turberas de musgo Sphagnum en áreas SNASPE.

		Año 2019	Año 2023
Aysén	Reserva Nacional Rio Simpson	84,76	
	Reserva Nacional Cerro Castillo	134,08	3,65
Coyhaique	Reserva Nacional Coyhaique	0,80	
	Reserva Nacional Trapananda	9,34	1,92
Total		229 ha	5,57 ha

Por otro lado, en el marco de la revisión de la Ley 19.300 y la Ley 21.600, se identificaron tanto las Reservas Nacionales como las Áreas Protegidas Privadas (APP) dentro del área de estudio **(Figura 18)**.

Tabla 12. Marco normativo de áreas protegidas.

(Ley 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente)		Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) Ley. 21.600	
SNASPE	Reserva de Región Virgen	SBAP	Reserva de Región Virgen
	Parque Nacional		Parque Nacional
	Monumento Natural		Monumento Natural
	Reservas Nacionales		Reserva Nacional
CMN	Santuarios de la Naturaleza		Áreas Protegidas Privadas (APP)
			Área de Conservación de Múltiples Usos (ACMU)
RAMSAR	Convención Sitios Ramsar sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (<i>Humedales de relevancia</i>)		Área de Conservación de Pueblos Indígenas

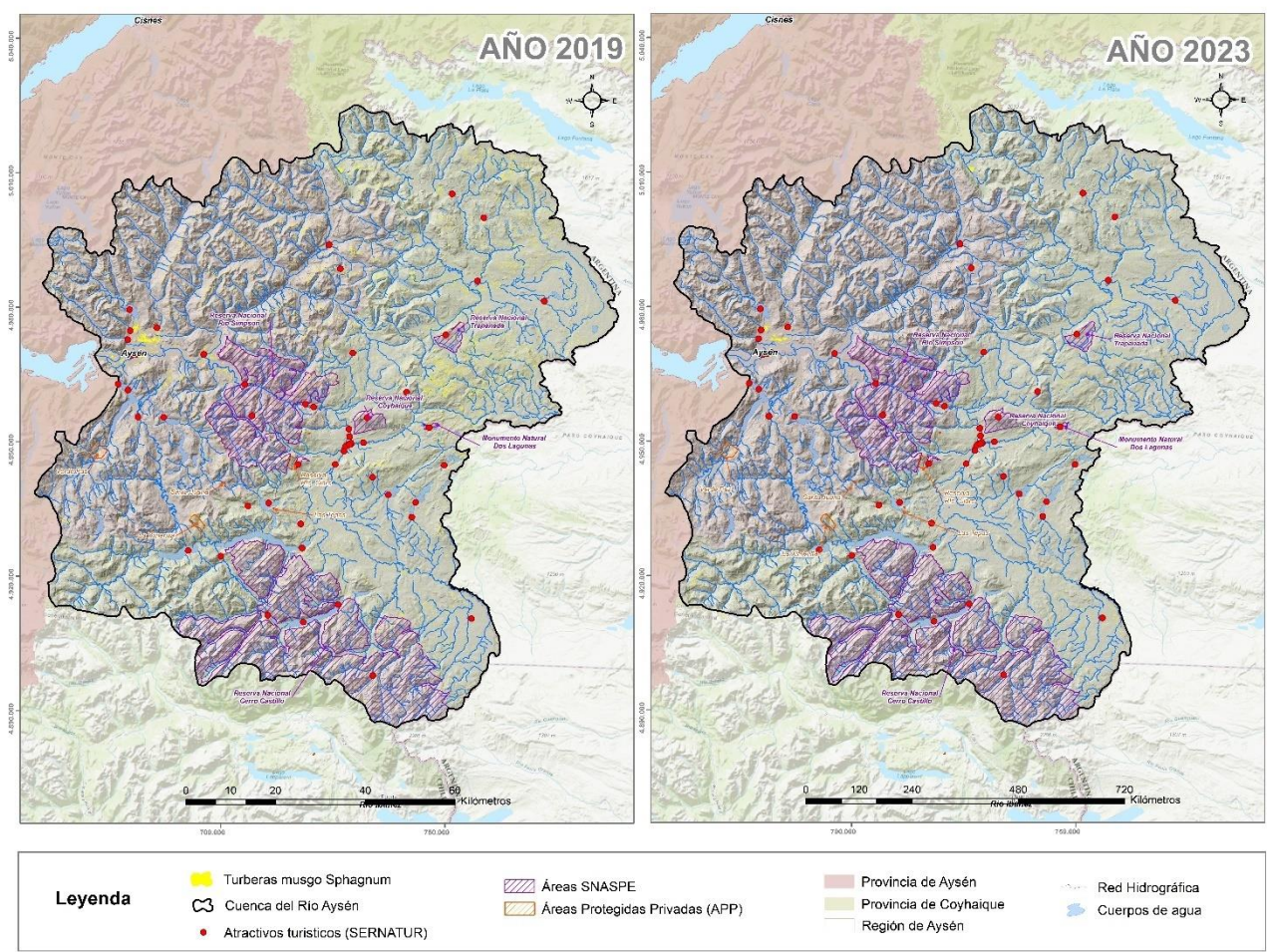
Fuente: Elaboración propia (2024)

En 2019, las turberas en áreas protegidas privadas se registraron con una superficie de 0,63 ha. Sin embargo, para el año 2023 no hay superficie identificada **(ver Tabla 13)**

Tabla 13. Turberas en Áreas Protegidas Privadas

Turberas en Áreas Protegidas Privadas (APP)	Año 2019	Año 2023
	0,63	-
Total	0,63 ha	-

Figura 18. Distribución de turberas en áreas SNASPE y Áreas Protegidas Privadas.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

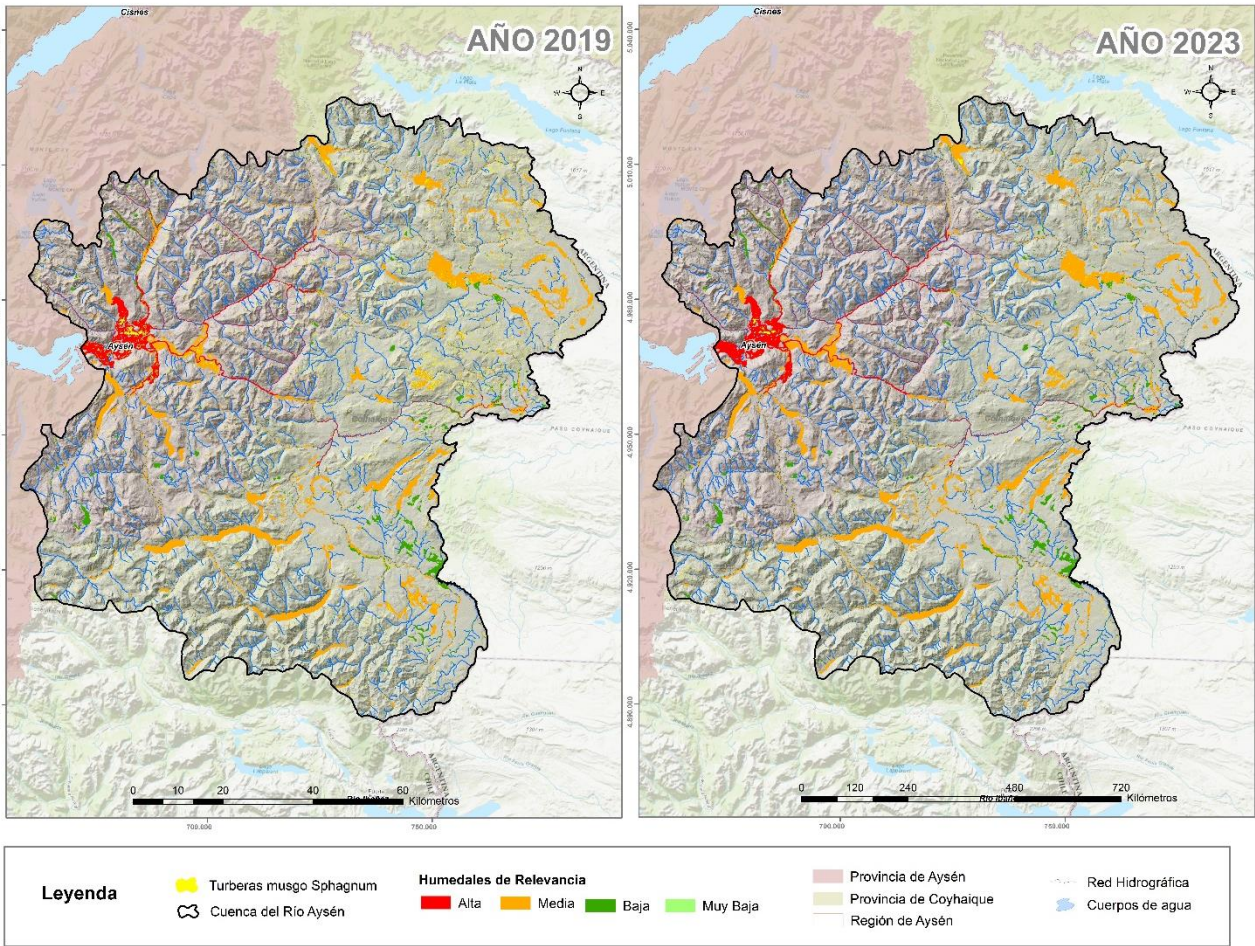
Por otro lado, las áreas bajo la Convención Ramsar para la protección de humedales de importancia internacional de acuerdo con los resultados de la intersección de datos con la plataforma SIMBIO, **(Figura 19)** mostraron una notable disminución de superficie en todas sus categorías.

Tabla 14. Turberas en Humedales de relevancia RAMSAR (MMA)

Categorías	Año 2019 ha	Año 2023 ha
Alta	747,7	227,3
Media	775,2	127,1
Baja	48,8	16,6
Total	1.572 ha	371 ha

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura 19. Humedales de relevancia según Convención RAMSAR (MMA)



Fuente: Elaboración Propia (2024)

VII. DISCUSIÓN

7.1. Limitaciones de investigación

En cuanto a las limitaciones que se presentaron en el desarrollo de este trabajo, destaca en primer lugar la dificultad en la comprobación y validación en terreno para la identificación del ecosistema de turberas de musgo *Sphagnum*, esto se vio limitado por el alto costo de traslado hacia el área de estudio. Y, en segundo lugar, la naturaleza reciente de la problemática abordada implicó dificultad en la búsqueda de y la disponibilidad de los instrumentos de ordenamiento territorial. Cabe destacar el análisis exploratorio de esta investigación, que hoy se hace relevante dada la reciente publicación de la Ley de Protección a turberas.

7.2 Disminución del servicio ecosistémico de regulación respecto de la extracción de las turberas de musgo *Sphagnum*

Se ha evidenciado una significativa reducción en la extensión de las turberas de musgo *Sphagnum* en la cuenca del río Aysén entre los años 2019 y 2023. Estos resultados coinciden con estudios previos que resaltan la importancia de las turberas como sumideros de carbono y reguladores hídricos (Gorham, 1991; Mancilla et al., 2021). Se ha identificado que la degradación de estos ecosistemas no solo compromete la biodiversidad, sino que también afecta su capacidad para mitigar el cambio climático, al reducir su potencial de almacenamiento de carbono. La falta de regulación efectiva sobre la extracción de musgo *Sphagnum*, actividad que durante años se ha desarrollado sin el control adecuado en el sur de Chile (ODEPA, 2018; León et al., 2012), ha sido señalada como una de las principales causas de esta disminución. Aunque el Decreto N°25 del Ministerio de Agricultura de 2017 introdujo normativas, su implementación ha demostrado ser insuficiente para detener la sobreexplotación del recurso. Se ha subrayado que la regeneración de las turberas es un proceso que puede tomar décadas (Figuerola et al., 2019), lo que pone de relieve la necesidad urgente de fortalecer las políticas de protección y gestión de estos ecosistemas.

Asimismo, el uso de imágenes satelitales y análisis espectrales mediante Google Earth Engine es considerada como una herramienta efectiva para monitorear la distribución y el estado de conservación de las turberas. Por otra parte, la aplicación de índices como el NDVI y NDWI ha permitido una caracterización precisa de las coberturas vegetales, alineándose con estudios anteriores que emplean técnicas de percepción remota para la conservación de ecosistemas frágiles (Gorelick et al., 2017; Martínez-Cotizas et al., 2009). Esta metodología ha sido destacada como una herramienta útil para la gestión de la conservación, proporcionando datos que deberían ser incorporados en las estrategias de planificación territorial.

La disminución de la cobertura de las turberas también pone en evidencia la necesidad de integrar estos ecosistemas en los instrumentos de planificación territorial. Se ha advertido (IPBES, 2019; Díaz et al., 2008) sobre la importancia de incluir la protección de las turberas como un elemento central en las estrategias de conservación regionales. No obstante, los avances en esta materia han sido limitados, especialmente en áreas vulnerables como la comuna de Aysén y Coyhaique. La inclusión de las turberas en los planes de manejo y conservación, tal como lo propone la Ley N° 21.600, que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), se ha señalado como un posible avance significativo hacia una gestión más efectiva.

En este contexto, se ha evidenciado que la interacción entre actores locales, identificada mediante la valoración participativa de los servicios ecosistémicos, es esencial para construir soluciones que equilibren las necesidades económicas locales con los objetivos de conservación territorial (Gómez y Gómez, 2013; MMA-ONU, 2023). Además, se ha planteado que la crisis climática plantea desafíos urgentes, como la integración de las turberas en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial. La reciente promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático en Chile refuerza esta necesidad, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°15, que promueve el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y la preservación de la biodiversidad (MMA, 2024). A pesar de los esfuerzos normativos, como el Decreto N°25 del Ministerio de Agricultura (2017), se ha documentado que la extracción de musgo *Sphagnum* continúa afectando la regeneración de las turberas en la región de Aysén.

En cuanto a la Ley de Protección Ambiental de las Turberas, promulgada en marzo de 2024, se han establecido definiciones para la turba, las turberas, el musgo *Sphagnum* y su manejo sustentable. También se ha implementado la prohibición de la alteración y extracción de turba en todo el territorio nacional, excepto cuando se cuente con un Plan de Manejo aprobado por el SAG y el SBAP. A pesar de esto, se ha señalado la necesidad de fortalecer la participación de las comunidades locales en la recolección de musgo, considerando que muchos de los trabajadores que extraen el recurso provienen de otras regiones, lo que ha generado desconexión respecto de las acciones del Gobierno Regional (Den & Wassen, 2013).

Finalmente, se ha identificado que la exportación de turba alcanzó las 4.600 toneladas en 2019, generando un valor de US\$ 20 millones, aunque no se dispone de información precisa sobre cuántas familias dependen económicamente de esta actividad. Esta falta de datos ha dificultado la gestión adecuada del recurso, especialmente para su inclusión en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial. Por tanto, se ha propuesto explorar alternativas más sostenibles, como la cuantificación del impacto de la extracción de turba a través de la Huella de Carbono (Huella-Chile s.f.). La conservación de las

turberas como sumideros de carbono, además de contribuir a la regulación del ciclo del carbono y la mitigación del cambio climático, podría generar beneficios económicos mediante mecanismos de compensación de emisiones, establecidos por la Ley Marco para el Cambio Climático N°21.455, promulgada en 2022.

7.3. Necesidad de fortalecimiento de los IOT e instrumentos regionales en la regulación y fiscalización de la extracción de turberas de musgo *Sphagnum*.

Se resalta la necesidad de fortalecer los mecanismos de regulación y fiscalización en la extracción de turba, para garantizar que esta actividad sea compatible con las metas de conservación y mitigación del cambio climático. A la par de estos esfuerzos, la planificación territorial también debe incorporar la adecuada valoración de los servicios ecosistémicos proporcionados por las turberas. Históricamente, las políticas de manejo de ecosistemas han priorizado los servicios de aprovisionamiento, como la producción maderera o la ganadería, sin reconocer suficientemente los servicios de regulación que estos ecosistemas brindan, tales como el control del clima y la protección contra la erosión (Saarikoski et al., 2018).

Resulta fundamental que las políticas territoriales adopten un enfoque integral que contemple la interdependencia de los diversos servicios ecosistémicos que ofrecen las turberas, desde la regulación climática hasta los servicios culturales. La implementación de mecanismos de gobernanza adaptativa, que integren el conocimiento local y fomenten la participación de las comunidades, es crucial para asegurar una gestión sostenible de estos ecosistemas (Fraser et al., 2006). Solo a través de una coordinación efectiva entre las políticas internacionales, nacionales y locales se podrá garantizar que la conservación de las turberas sea una prioridad tanto para los actores locales como para los organismos gubernamentales. En este sentido, resulta indispensable que se consideren los costos ambientales y sociales de las actividades extractivas y se refuercen los mecanismos de regulación y fiscalización, especialmente en lo que concierne a la extracción de turba.

Dada la creciente preocupación por el cambio climático y la urgencia de actuar en concordancia con las metas de conservación y mitigación establecidas por el Estado, la continuidad de la extracción de turba en su estado actual se presenta como una práctica incompatible con dichos objetivos. Por lo tanto, es necesario transitar hacia un modelo de manejo sustentable que asegure la preservación de las turberas como sumideros de carbono y protectoras de la biodiversidad, contribuyendo así a la mitigación de los impactos del cambio climático a largo plazo.

VIII. CONCLUSIONES

Se ha identificado la estructura del paisaje y sus cambios en la cuenca del río Aysén entre el periodo 2019 y 2023. Se observó una notable disminución en la clasificación, cercana al 30%, para la identificación de turberas en comparación con el año inicial.

Este declive podría estar relacionado con el cambio climático, particularmente con los fenómenos de El Niño y La Niña. En 2019, durante el fenómeno de El Niño, se registraron señales de una menor acumulación de nieve. En contraste, en 2023, aunque La Niña fue menos intensa, se manifestó con condiciones más frescas y húmedas, resultando en mayores precipitaciones y temperaturas más bajas.

Por otra parte, se observó un aumento en la cobertura de uso agropecuario y vegetación para el año 2023, fenómeno que puede ser atribuido a La Niña según lo reportado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2024). Esto subraya la importancia de la dinámica climática y su influencia en los ecosistemas locales, la necesidad de acciones de conservación y manejo adecuado para proteger y aprovechar sosteniblemente los valiosos recursos naturales de la región.

Además, para la identificación del ecosistema de turberas, se utilizó un enfoque complementario que incluyó el análisis de índices espectrales, resaltando la importancia de trabajar con Google Earth Engine para el análisis espacial. Esta metodología permitió la identificación de sectores con un alto porcentaje de humedad en las turberas, así como una densidad vegetal más elevada. De esta manera, se observó un extenso parche de turberas en la comuna de Aysén, observándose una disminución en términos de humedad entre los años 2019 y 2023.

Los servicios ecosistémicos que proporcionan las turberas de musgo *Sphagnum*, se tiene que, para el servicio de aprovisionamiento, este se representa por los bienes y productos tangibles de alto valor económico como del musgo que es utilizado en industria y agricultura. Asimismo, respecto de la valoración aplicada a los actores relevantes, se identificó que los servicios ecosistémicos más relevantes que proporcionan las turberas corresponden al de **Regulación**, específicamente del grupo “**Regulación del clima: fuente de almacenamiento de carbono**”. Estos ecosistemas funcionan como depósitos de carbono desempeñando un papel fundamental en la mitigación del cambio climático (Pérez-Quezada et al., 2023). Este servicio se idéntica como el más importante a nivel local por los encuestados, así como también a nivel regional y global (Bonn et al., 2016). Por otro lado, a nivel cultural, a pesar de ser un valor intangible, los encuestados mencionan el aporte significativo al bienestar humano a través del valor espiritual, educativo, científico resaltando la conexión entre la comunidad y el ecosistema natural.

Se destaca la necesidad y relevancia de integrar el ecosistema de turberas de musgo *Sphagnum* en los instrumentos de ordenamiento territorial de manera urgente considerando el contexto actual de cambio

climático y el rol que presentan estas en su mitigación. El análisis realizado muestra que actualmente estos carecen de protección, esto se debe a que los instrumentos normativos tales como el PRC, PROT, PRI no se encuentran actualizados, o como es el caso del PRI, en formulación hace muchos años.

La nueva Ley de Marco de Cambio Climático, plantean criterios y lineamientos estratégicos para incluir de manera efectiva las turberas en los instrumentos anteriormente señalados. Asimismo, el PARCC, puede fortalecer y proporcionar directrices específicas en los instrumentos normativos, específicamente en el Plan Regulador Comunal e Intercomunal (PRC, PRI). Hay que resaltar la relevancia del territorio de la Región de Aysén que presenta características únicas en cuanto al valor paisajístico y que, por lo mismo, su desarrollo urbano y rural, debe ir de la mano con la sostenibilidad ambiental, social y económica de la región.

Por otra parte, la desactualización de la información en la identificación de los distintos ecosistemas presentes en el área de estudio sigue estableciendo límites para iniciar otros procesos de gestión territorial.

Con la nueva la Ley de Protección de las Turberas es crucial dirigir los esfuerzos iniciales tanto a nivel local como regional y la implementación de planes de mitigación a una escala más local, esto considerando el probable aumento de CO₂ y los costos ambientales que puede desencadenar. Lo anterior implica una colaboración activa entre diferentes actores, incluyendo autoridades locales, organizaciones ambientales y la comunidad en general, con el objetivo de garantizar la conservación y el manejo sostenible de las turberas de musgo *Sphagnum*. Solo mediante una acción coordinada y efectiva se podrá preservar estos importantes ecosistemas para las generaciones futuras y mitigar los efectos del cambio climático en la región.

IX. REFERENCIAS

- Alonso, D. (2023). Los 6 Índices de Vegetación para completar el NDVI. MappingGIS. <https://mappinggis.com/2020/07/los-6-indices-de-vegetacion-para-completar-el-ndvi/>
- Barros, Santiago (Ed.), 2021. Memoria 2020. Instituto Forestal INFOR, Chile. P. 145
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Ecosistemas, 21(1-2). Extraído el 9 de mayo de 2023 desde: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/33>.
- Bennett, A. (1998). Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de Conservación de Bosques de la UICN.
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017c). What to Map. In *Mapping Ecosystem Services* (Pensoft, Issue March). Pensoft. <https://ab.pensoft.net/article/12837/>
- Castilla, JC, Armesto, JJ, y Martínez-Harms, MJ (Eds.). (2021). Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica, 600 pág (PDF) Turberas en la Patagonia chilena: distribución, biodiversidad, servicios ecosistémicos y conservación. Available from: https://www.researchgate.net/publication/353931357_PEATLANDS_IN_CHILEAN_PATAGONIA_DISTRIBUTION_BIODIVERSITY_ECOSYSTEM_SERVICES_AND_CONSERVATION
- Caro, C., & Torres, M. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas TT - Ecosystem Services as support for the Management of socioecological systems: application in agroecosystems TT - Serviços Ecosistêmicos. *Orinoquia*, 19(2), 237–252. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000200011&lang=pt
- Casas, Repullo y Donado (2003) La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (II) Request PDF. (2003, enero 1). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/28061643_La_encuesta_como_tecnica_de_investigacion_Elaboracion_de_cuestionarios_y_tratamiento_estadistico_de_los_datos_II
- CICES (2024). Clasificación Común de Servicios Ecosistémicos. Available from <https://cices.eu/>.
- Dorresteyn, I., Teixeira, L., von Wehrden, H., Loos, J., Hanspach, J., Stein, J. A. R., & Fischer, J. (2015). Impact of land cover homogenization on the Corncrake (*Crex crex*) in traditional farmland. *Landscape Ecology*, 30(8), 1483–1495. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0203-7>
- Domínguez, E., & Martínez, M.P. (2021). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén. Colección libros INIA N° 41. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación. Tamei Aike. Coyhaique, Chile. 344 pp.
- Del Barrio, L., Sosa, P., Suklje, M., Otta, S., Collado, R., D'Amario, J., Banchero, S., Abelleira, D. de, & Aloy, G. (2020). *Clasificación de coberturas de suelo de la Cuenca del río Tunuyán Superior* (INTA). Centro Regional Mendoza San Juan. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Díaz, M. F., Larraín, J., Zegers, G., & 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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>
- Decreto Supremo DS N°40 (2013). Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053563>.

Den, R., & Wassen, M. (2013). A Comparative Study of Strategies for Sustainable Development of Multifunctional Fen Landscapes: Signposts to Explore New Avenues. *European Planning Studies*, 801-837.

Dirección General de Aguas DGA (2024). Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embases y Aguas Subterráneas. Boletín N° 549. Enero 2024. Ministerio de Obras Públicas MOP. SSD N°17801210.

Figuerola, A., Iturraspe, A., & Urciolo, A. (2019). Conservación y marco regulatorio de turberas en la Patagonia Austral, Argentina y Chile. En P. Koleff, A. Figuerola, B. Saavedra, & C. Rojas (Eds.), *Biodiversidad, Género y Cambio Climático: Propuestas basadas en conocimiento. Iniciativa Latinoamericana y el Caribe*. https://www.capitalbiodiversidad.cl/wpcontent/uploads/2020/01/PolicybriefsCompilado_10-01-20-1.pdf

Gorham, E. (1991). Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications*, 1(2), 182–195. <https://doi.org/10.2307/1941811>

Gorelick, N; Hancher, N; Dixon, S; Ilyushchenko, D & R. Moore (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27. doi: [10.1016/j.rse.2017.06.031](https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031).

Haines-Young, R., Potschin, M., Fish, R., & Somper, C. (2007). The Ecosystem Concept and the Identification of Ecosystem Goods and Services in the English Policy Context-A Review Paper Deliverable 1.3.

Hattam, C., Broszeit, S., Langmead, O., Praptiwi, R.A., Ching, LV, Creencia, LA y Austen, M. (2021). Un enfoque matricial para los ecosistemas marinos tropicales. *Evaluaciones de servicios temporales en el sudeste asiático. Ecosistema Servicios*, 51, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.eco-ser.2021.101346>

Huella-Chille (s.f). Huella Chile. Disponible en <https://huellachile.mma.gob.cl/>.

Instituto Nacional de Estadísticas de Chile INE (2012). Anuario de Estadísticas Vitales.

Iturraspe, R.J., Fank, L., Urciolo, A.B., & Lofiego, R. (2021). Efectos del crecimiento urbano sobre humedales costero-continetales del ambiente semiárido de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, (75), 139-165. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17586>.

Khosravi, R. & Hermami, M. (2019). Identifying landscape species for ecological planning. *Ecological Indicator*. Vol. 99, pp. 140-14.

Lattera, P. y L.A. Nahuelhual (2015). Internalización de los servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial rural: bases conceptuales y metodológicas. Cap. 5. Pp.86-106. En Paruelo, José M. Esteban G., Jobbágy, Pedro Lattera, Hernán Diéguez, M. Agustina García Collazo, Amalia Panizza (Eds.). *Ordenamiento Territorial Rural. Conceptos, métodos y experiencias*. FAO- MINGRI-FAUBA. FAO PAG. 500. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i4195s.pdf>

León C., G. Oliván y E. Fuertes, 2012. Turberas esfagnosas de Chiloé (Chile) y su problemática ambiental. *Bol. Soc. Esp. Biol.* 38-39: 29-40.

Llanos-Hernández, L. (2010). El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722010000300001.

Mansilla, C., Dominguez, E., Mackenzie, R., Hoyos-Santillán, J., Marcos Henríquez, J., Aravena, J. C., & Villa-Martínez, R. (2021). CAPÍTULO 6. TURBERAS DE LA PATAGONIA CHILENA: DISTRIBUCIÓN, BIODIVERSIDAD, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y CONSERVACIÓN. En J. C. Castilla, J. Armesto, &

- M. J. Martínez-Harms, *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. (pág. 600). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica.
- Manuschevich, D., Sarricolea, P., Galleguillos, M. (2019). Integrating socioecological dynamics into land use policy outcomes: A spatial scenario approach for native forest conservation in south-central Chile. *Land Use Policy*. Vol. 84, pp.31- 40.
- Martínez Cortizas, A., Pontevedra Pombal, X., Nóvoa Muñoz, J. C., Rodríguez Fernández, R., & López-Sáez, J. A. (2009). Turberas ácidas de esfagnos. In VV. AA (Ed.), *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. 1–64. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Marín, V.H., Tironi, A, Parede, M.A. y Campuzano, F. (2008). The estuarine system of the Aysén Fjord. En: *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America*. Nevces, R., Baretta, J.W., Mateus, M (Eds.), IST Press.
- Ministerio de Medio Ambiente. MMA (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030*. Departamento de Políticas y Planificación de la Biodiversidad. División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Santiago. Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente MMA. (2024). Informe consolidado. “Inventario de Turberas de la Región de Los Lagos. Elaborado para la subsecretaria del Medio Ambiente. Centro EULA. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción. Disponible en http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=09620666-618e-4982-a2bf-9749743e6ab0&fname=Informe_Consolidado_Inventario_Turbera.pdf&access=public.
- Ministerio de Medio Ambiente. MMA. (2024). *Ley Marco de Cambio Climático*. MMA. Obtenido de: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/ley-marco-de-cambio-climatico/descripcion-del-instrumento/>
- Ministerio del Medio Ambiente. MMA. (1994). *Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, Ley N° 19.300*. Obtenido de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Millennium Ecosystem Assessment. MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. *World Resource Institute*. Washington DC, 1–43. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Evaluaci+n+de+los+Ecosistemas+del+Milenio+Informe+de+S?ntesis#4>
- Pérez-Quezada, J. F., Moncada, M., Barrales, P., Urrutia-Jalabert, R., Pfeiffer, M., & Farías, A. M. (2023). How much carbon is stored in the terrestrial ecosystems of the Chilean Patagonia? *Austral Ecology*, 48(5), 893–903. <https://doi.org/10.1111/aec.13331>.
- Potschin, M. & Haines-Young, R. (2017). From nature to society. In *Mapping Ecosystem Services* (Pensoft Pu, pp. 41–43).
- Ilustre Municipalidad de Coyhaique. (2011). *Memoria Plan Regulador Comunal PRC Coyhaique*. https://www.coyhaique.cl/portalmunicipalidad/files/Memoria_PRC_Coyhaique_septiembre_2011.pdf.
- Plan de Ordenamiento Territorial Intercomunal. (2005). *Plan Regulador Intercomunal Coyhaique-Puerto Aysén (PRI)*. Gobierno Regional. Obtenido de: <http://seguimientoipt.minvu.cl/>.
- Gobierno Regional, GORE. (2005). *Plan de Ordenamiento Territorial (PROT)*. Obtenido de: <https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/btca/txtcompleto/mideplan/serplac11-planreg.ordenamterrit.aysen.pdf>.

Roig, C., & Roig, F. (2004). Consideraciones generales. In D. Blanco & V. M. de la Balze (Eds.), *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*, 19–21. Wetlands Internacional.

Senado (2024). Tramitación de proyectos. Boletín 12017-12. Proyecto de Ley “Sobre protección ambiental de turberas”
https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=12017-12.

SEREMI MMA-AYSÉN. (2018). Estrategia regional de Biodiversidad 2015-2030, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Documento técnico de la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, región de Aysén, financiado por el Gobierno Regional y su Consejo, bajo el Plan Especial de Zonas Extremas (PEDZE). 80 pp. Obtenido de: https://biodiversidad.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/03/Estrategia-Regional-de-Biodiversidad_Aysen.pdf

Silva, N., Palma, S. (2005). Programa CIMAR. Memoria Gestión 1995-2004. Comité Oceanográfico Nacional- Chile. Impreso por SHOA, Chile 85 pp. (<http://www.cona.cl>)

Valdés-Barrera, A., L. Kutzbach, J. L. Celis-Díez, J. J. Armesto, D. Holl y J. F. Pérez-Quezada (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. doi: [10.1007/s11273-019-09682-3](https://doi.org/10.1007/s11273-019-09682-3).

Valenzuela-Rojas, J., & Schlatter, R. (2004). Las turberas de la Isla Chiloé (X Región, Chile): aspectos sobre usos y estado de conservación. In D. Blanco & V. M. de la Balze (Eds.), *Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. 87–92. Wetlands Internacional.

Wangai, PW, Burkhard, B. y Müller, F. (2018). Cuantificar y mapear los cambios en el uso de la tierra y regularización los potenciales de los servicios ecosistémicos en un entorno con escasez de datos Región periurbana de Kenia. *Ecosistemas y personas*, 15(1), 11-32.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2018.1529708>

Ortiz S y Adriana A. (2023). Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en la región árida de Mexicali, México. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/372878066_Evaluacion_y_mapeo_de_servicios_ecosistemico_s_en_la_region_arida_de_Mexicali_Mexico

WCS-MMA. (2020). Diseño de una hoja de ruta para la conservación y gestión sustentable de turberas de Chile. Ministerio de Medio Ambiente, Chile.

Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *BMC Biology*. Vol. 28, pp. 999-1023.

Zegers, G., Larraín, J., Díaz, M. F., & Armesto, J. (2006). Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de Sphagnum en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 22(1), 28–34