



## Documentación adicional para *Meteodata*

### Producto 3

#### **ARCHIVO DE CONTENIDOS EN FORMATO DOCUMENTO (\*.DOCX) DE LAS CDI PARA INTEGRAR EN LA PLATAFORMA ARCLIM**

Plan de Acción Regional de Cambio  
Climático de Chile (PARCC) en la  
Región de Magallanes y la Antártica  
Chilena, en el marco del Programa  
EUROCLIMA

Marzo 2024



Financiado por  
la Unión Europea



**FIIAPP**  
COOPERACIÓN ESPAÑOLA



**Proymasa**  
proyectos medio ambientales, s.a.



---

Este informe se ha elaborado para el [Programa EUROCLIMA + de la Unión Europea](#),  
a solicitud de la Fundación Internacional y para Iberoamérica  
de Administración y Políticas Públicas.

Se enmarca en la acción “Elaboración de los PARCC en las regiones de  
Antofagasta y Antofagasta”, que se desarrolla dentro de  
la línea de actuación 1 del Plan de Acción País CHILE-EUROCLIMA.

---

---

[Reproducción autorizada siempre que se cite la fuente.](#)

“La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de esta es responsabilidad exclusiva del autor y en ningún caso se debe considerar que refleje la opinión de la Unión Europea”.

---



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO .....	4
2.	DESARROLLO DEL CONTENIDO DE LA DOCUMENTACIÓN POR CDI.....	4
2.1.	Cadena de impacto 1: Pérdida de ganado ovino por escasez hídrica .....	4
2.2.	Cadenas de impacto 2: Pérdida de atractivo turístico por el retroceso de glaciares7	
2.3.	Cadenas de impacto 3: Afectación al turismo de naturaleza por el aumento de eventos extremos .....	10
2.4.	Cadena de impacto 4: Afectación a los bosques de <i>Nothofagus</i> por alteración a la disponibilidad hídrica .....	13
2.5.	Cadena de impacto 5: Humedales.....	16
2.6.	Cadena de impacto 6. Degradación de turberas por déficit hídrico .....	19
2.7.	Cadena de impacto 7. Afectación a las poblaciones de focas por la reducción del hábitat glaciar.....	21
2.8.	CADENA DE IMPACTO 8: Afectación a las poblaciones de pingüinos por aumento de condiciones extremas .....	24
2.9.	Cadena de impacto 9: Degradación de los fiordos por el retroceso glaciar .....	27
2.10.	Cadena de impacto 10: Pérdida de centolla por el aumento de la temperatura superficial del mar.....	30



## 1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

En la plataforma ARClím, el contenido que describe las CDI en términos de objetivos, metodologías y resultados, así como todos aquellos aspectos complementarios necesarios para su correcta interpretación (tales como títulos, figuras, gráficos, ecuaciones, imágenes, esquemas, referencias, autores, fuentes de datos, instituciones asociadas, entre otros) son integrados a la plataforma mediante un protocolo semi estructurado.

En este documento se incluye, por tanto, la información necesaria para proporcionar los datos necesarios sobre las CDI según el formato proporcionado por el administrador de la plataforma de información encargado de cargar el contenido en ARClím (Meteodata), según el formato descrito en el documento *“Instructivo para la preparación de datos de Cadenas de Impacto (CdI) de Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Plataforma Atlas de Riesgo Climático - ARClím”* preparado por METEODATA.

## 2. DESARROLLO DEL CONTENIDO DE LA DOCUMENTACIÓN POR CDI

### 2.1. CADENA DE IMPACTO 1: PÉRDIDA DE GANADO OVINO POR ESCASEZ HÍDRICA

#### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Sector Silvoagropecuario	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Pérdida de ganado ovino por escasez hídrica	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p><b>Descripción y conceptualización</b></p> <p>Aunque los escenarios climáticos proyectan de manera general un aumento en la precipitación acumulada anual para toda región que favorecería el establecimiento de los cultivos (Mendoza, 2006), puntualmente, para el periodo estival, comprendido entre los meses de diciembre a febrero, se estima una disminución en la precipitación acumulada para la mayoría de las comunas, especialmente en Natales con reducciones de -3,6%. Estos periodos de déficit hídrico generarán impactos en el desarrollo normal de las actividades agropecuarias de la región por cuenta de la afectación a la disponibilidad de forraje para alimentar al ganado.</p> <p>Autores como Meza (2017) proyectan un aumento en el rendimiento de las praderas ganaderas de la zona austral. Sin embargo, la disminución de precipitaciones proyectada para el periodo estival afectaría la productividad del sector pecuario por cuenta de la afectación en las fuentes alimento incluyendo disponibilidad del forraje y de agua en bebederos.</p>	



Esta información fue contrastada según lo comentado en el taller de vulnerabilidad y entrevistas llevadas a cabo en la región, donde se destacó que el incremento de sequías evidenciado en pastizales y lagunas secas afectaría al ganado y generaría la reducción en los ingresos económicos percibidos por pequeños y medianos agricultores por afectación de la productividad ganadera. Además, mencionaron que esta afectación a la actividad pecuario podría generar otros impactos como la migración a otras ocupaciones como el turismo.

En vista de la importancia de la ganadería para la región, para cuantificar el riesgo de la actividad frente al cambio climático, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta.

### Mapas de atributos

<b>4.A Sinopsis de la Amenaza (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Primero se toma de ARCLim la <b>Variación de la probabilidad de ocurrencia de sequía</b> que mide la frecuencia de periodos en que la precipitación acumulada es menor al 75% del promedio de precipitación acumulada en el periodo de referencia (1980 a 2010), bajo un escenario de emisiones RCP 8.5 para un escenario futuro (2035-2065), considerado para el periodo estival comprendido entre los meses de Dic-Ene-Feb. Se estandariza por el método de máximos absolutos.</p> <p>En segundo lugar, se toma de ARCLim la <b>Variación de la temperatura media</b>, es decir, el cambio proyectado en la temperatura del aire para el periodo de 2035-2065, respecto al periodo base de 1980 -2010, bajo un escenario de emisiones RCP 8.5 y se estandariza por el método de máximos absolutos. Por último, una vez estandarizados los indicadores de sequía y temperatura, se calcula el <b>Índice de amenaza</b>, calculado como el promedio entre estos y volviendo a ser estandarizado por máximo absoluto para obtener el indicador final.</p>	
<b>4.B Sinopsis de la Exposición (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Se considera el resultado de estandarización del indicador de carga animal ovina calculado a partir del número de cabezas de ganado ovino expresado en el número total de cabezas censadas por comuna por el método del logaritmo neperiano.</p>	
<b>4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Sensibilidad</b> se promedian los resultados de tres indicadores y se estandariza por el método de máximos absolutos. Los tres indicadores utilizados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Porcentaje de UPAS pequeñas y medianas:</b> Indica la proporción de unidades de producción agropecuarias pequeñas y medianas. Los ganaderos de pequeña ganadería y de subsistencia presentan menos recursos para hacer frente a los cambios generados por el clima y se estandariza por el método de máximos absolutos.</li> </ul> $\%Pequeñas\ y\ subsistencia\ UPAS = \frac{No.\ UPAS\ pequeñas\ y\ subsistencia}{No.\ total\ de\ UPAS\ por\ comuna} * 100$	



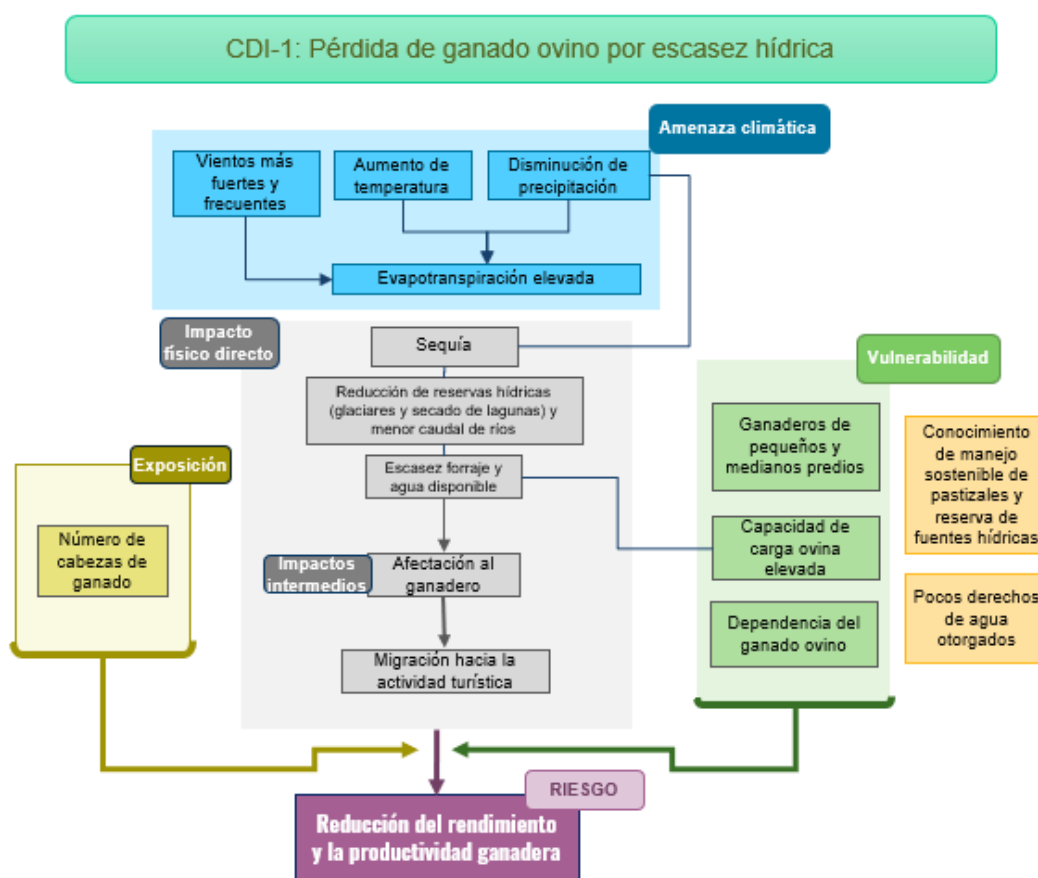
- **Cabeza ovino por hectárea:** Indica una aproximación de la superficie disponible de praderas por ovino, para cada comuna. Mientras mayor sea la relación mayor será la presión ocasionada en el ecosistema y mayor será la sensibilidad del área estudiada y se estandariza por el método de máximos absolutos.

$$\text{Cabeza ovino/ha} = \frac{\text{No. Cabezas de ovino}}{\text{superficie praderas (ha)}}$$

- **Porcentaje de agricultores de pueblos originarios:** Se considera más sensible al porcentaje de agricultores de pueblos originarios debido a su dependencia de la agricultura y del medio natural, que se verían afectados por el cambio climático y se estandariza por el método de máximos absolutos.

$$\% \text{Agricultores originarios} = \frac{\text{No. de agricultores originarios}}{\text{No. total de agricultores por comuna}}$$

4.D Sinopsis Riesgo (*)	3 a 5 líneas de texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar, se calcula el <b>Índice de Vulnerabilidad</b> aplicando la siguiente fórmula: <math>S-k*(CA)</math>. Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.</li> <li>- Para el <b>Índice de Capacidad Adaptativa</b> se calcula a partir del indicador <i>Beneficiarios de programas de asistencia técnica INDAP</i>, que indica el número de beneficiarios por comuna del programa “Asistencia técnica especializada y gestor comercial” del INDAP, el cual aborda temáticas de adaptación de la agricultura, calculado por logaritmo neperiano. El Índice de Capacidad Adaptativa se calcula como un factor k asignado de 0,2 porque responde a la eficacia de los programas de asistencia técnica para mejorar la gestión del recurso hídrico en los predios agrícolas, sin embargo, ante escenarios de escasez hídrica por cambio climático no garantizaría la disponibilidad del recurso.</li> <li>- Finalmente, el Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:</li> </ul>	
$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$	



## 2.2. CADENAS DE IMPACTO 2: PÉRDIDA DE ATRACTIVO TURÍSTICO POR EL RETROCESO DE GLACIARES

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Sector Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Pérdida de atractivo turístico por el retroceso de glaciares	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p>En la región destaca la presencia de áreas silvestres protegidas como el Parque Nacional Torres del Paine, que reúne cerca del 52% de las visitas en 2021, Parque Nacional Bernardo O'Higgins, con el 6% de las visitas y el Parque Nacional Cabo de Hornos con cerca del 2% de las visitas, caracterizados por sus paisajes glaciares. Estas áreas protegidas son de gran valor para la región al representan alrededor del 60% de las visitas turísticas regionales (en relación a los SNASPE) (CONAF, 2021).</p>	



De acuerdo con lo referenciado previamente en el producto 1, se ha evidenciado que los ecosistemas glaciares son de especial fragilidad ante el cambio climático, por lo que la pérdida de estos por cuenta del retroceso glaciar significaría una pérdida de atracción en los lugares turísticos mencionados, dando como resultado una disminución en la cantidad de visitantes a la región y, por ende, una reducción de los ingresos percibidos en el sector.

Del mismo modo, en las entrevistas y el taller de vulnerabilidad realizado en la región, los participantes mencionaron la afectación a la biodiversidad de los sitios turísticos asociados a ecosistemas glaciares por cuenta del deshielo de estos. Además, resaltaron que estos lugares serían más sensibles a la degradación por el incremento de industrias turísticas especialmente en Puerto Natales y Puerto Williams.

En vista de la importancia de estos atractivos turísticos, a continuación, se detalla la cadena de impacto para la cuantificación del riesgo por pérdida de atractivo turístico por el retroceso de glaciares

### Mapas de atributos

4.A Sinopsis de la Amenaza (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Expresa la variación en porcentaje de la nieve acumulada en el periodo de 1980-2010 en milímetros de agua equivalente (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros de agua equivalente (mm), y bajo un escenario de emisiones RCP 8.5. El índice de amenaza se estandariza por el método de máximos absolutos.</p> <p>La fórmula es la siguiente:</p> $\text{Cambio nieve acum (\%)} = \frac{\text{Nieve acum}_{fut} (mm) - \text{Nieve acum}_{hist} (mm)}{\text{Nieve acum}_{hist} (mm)}$	

4.B Sinopsis de la Exposición (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Exposición</b> se promedian los resultados de tres indicadores y se estandariza por el método de máximos absolutos. Los tres indicadores utilizados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Área glaciar</b>, que expresa la superficie glaciar registrada por comuna, estandarizado por logaritmo neperiano: <math display="block">\text{Área glaciar} = \sum \text{superficie glaciar por comuna}</math> </li> <li>- <b>Población flotante por comuna</b>, que Indica la cantidad de turistas que podrían verse afectados por la afectación de atractivos turísticos de tipo glaciar en la región y estandarizado por logaritmo neperiano.</li> <li>- <b>Centros turísticos con superficie glaciar por comuna</b>, que indica la cantidad de centros turísticos por comuna que cuentan con superficie glaciar dentro de su área y se aporta el número de atractivos turísticos con alguna categoría relacionada a glaciares (nevados, volcanes glaciares). Se estandariza por el método de máximos absolutos.</li> </ul>	





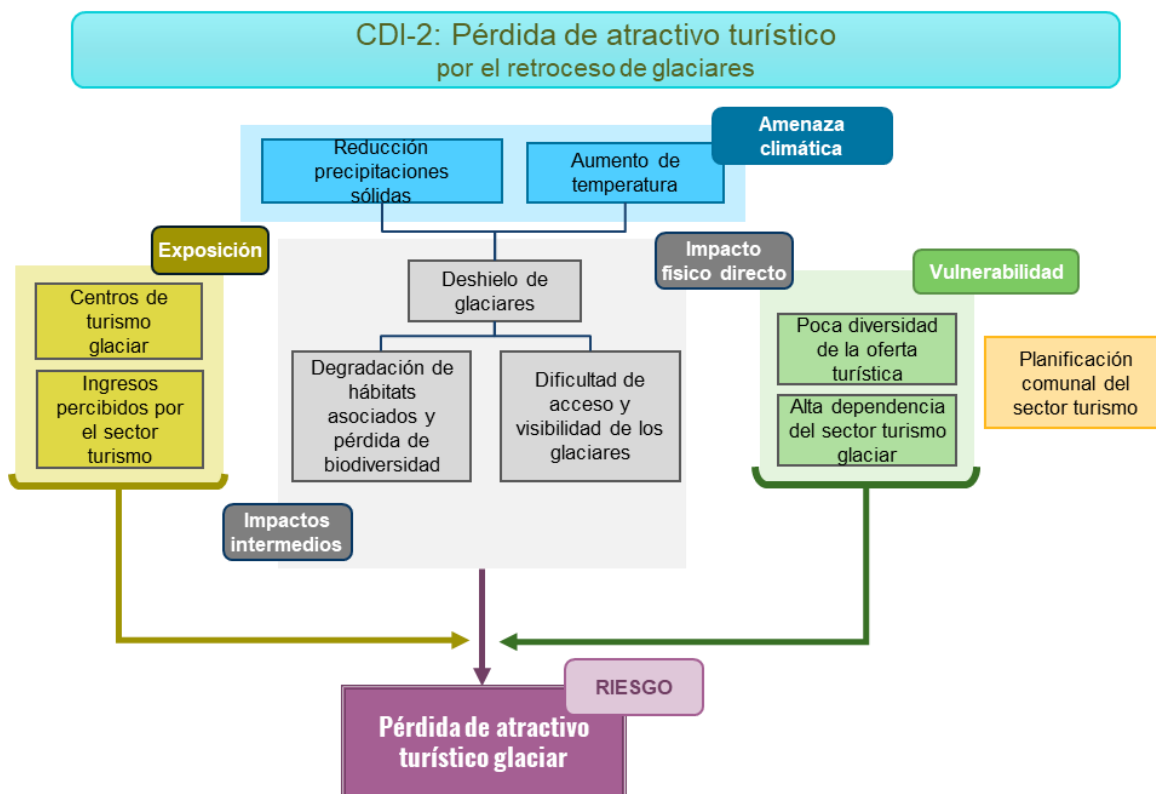
4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Exposición</b> se promedian los resultados de tres indicadores y se estandariza por el método de máximos absolutos. Los tres indicadores utilizados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fuerza de trabajo de sector Turismo por Comuna</b>, que expresa la dependencia del empleo comunal con la industria del turismo considerando el número de trabajadores dependientes informados, según comuna y actividades (ACT). A mayor dependencia, mayor será la sensibilidad, estandarizado por logaritmo neperiano: <math display="block">\sum \begin{array}{l} \text{Trabajadores dependientes de las ACT} \\ \text{alojamiento turístico,} \\ \text{actividades de provisión} \\ \text{de alimentos y bebidas,} \\ \text{actividades de agencias de viajes} \\ \text{y de otros servicios de reservas} \end{array}</math> </li> <li>- <b>Diversidad de oferta turística</b>, Expresa la diversificación del sector, estimada en base a la presencia comunal de atractivos turísticos distintos a los relacionados con glaciares, como aproximación a la identificación de la diversidad de la oferta y dependencia respecto de dicha categoría de atractivo. A menor diversidad de oferta turística mayor sensibilidad. Se estandariza por el método de mínimos absolutos. <math display="block">\text{Diversidad del sector} = \text{Número de atractivos turístico}</math> </li> <li>- <b>Tasa de retroceso glaciar</b>, Mide el porcentaje de disminución de los glaciares presentes en la región mediante la diferencia del área glaciar reportada en los años 2014 a 2022. Se estandariza por el método de máximos absolutos. <math display="block">\text{Cambio área glaciar (\%)} = \frac{\text{Área glaciar}_{\text{fut}} (\text{km}^2) - \text{Área glaciar}_{\text{hist}} (\text{km}^2)}{\text{Área glaciar}_{\text{hist}} (\text{km}^2)}</math> </li> </ul>	

4.D Sinopsis Riesgo (*)	3 a 5 líneas de texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar, se calcula el <b>Índice de Vulnerabilidad</b> aplicando la siguiente fórmula: <math>S-k*(CA)</math>. Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.</li> <li>- Para el <b>Índice de Capacidad Adaptativa</b> se calcula a partir la existencia de planes/estrategias de desarrollo de turismo comunales adoptados en las comunas de la región, mediante la siguiente ecuación: <math display="block">CA = \begin{cases} 0 &amp; \text{si la comuna no posee Plan de} \\ &amp; \text{Desarrollo Turístico} \\ 1 &amp; \text{si la comuna posee Plan de} \\ &amp; \text{Desarrollo Turístico} \end{cases}</math> </li> <li>- Se asigna un factor k de 0,2 porque la existencia de planes y estrategias de turismo puede contribuir a gestionar la capacidad de carga turística sobre estos atractivos</li> </ul>	

turísticos frágiles, mitigando los impactos de la actividad y por ende la degradación de los ecosistemas. Sin embargo, estos planes no tienen impacto directo sobre el retroceso glaciar que afecta los atractivos turísticos.

- Finalmente, el Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$



## 2.3. CADENAS DE IMPACTO 3: AFECTACIÓN AL TURISMO DE NATURALEZA POR EL AUMENTO DE EVENTOS EXTREMOS

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Afectación al turismo de naturaleza por el aumento de eventos extremos	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
La variación de las condiciones meteorológicas como el incremento de lluvias intensas y de heladas generarán condiciones desfavorables para el desplazamiento de turistas hacia los	



circuitos turísticos de la región. Esto, aumentaría el riesgo de accidentalidad para los turistas y a su vez, disminuiría los ingresos del sector, por cuenta del cierre de atractivos turísticos como parques nacionales.

Estos impactos, han sido evidenciados recientemente en múltiples ocasiones donde se han presentado cierres del Parque Nacional Torres del Paine por el desborde de cuerpos de agua sobre senderos turísticos, por el incremento de heladas y caídas de fuertes nevadas que generan condiciones de alto riesgo para los turistas dentro y fuera del parque. Además, se han registrado afectaciones sobre vehículos y turistas que se movilizan hacia el atractivo, por los fuertes vientos de la región (24 horas Chile, 2017; Minagri, 2023; La Prensa Austral, 2023).

Además, en las entrevistas y el taller de vulnerabilidad los participantes mencionaron la ocurrencia de accidentes que afectan a los turistas por cuenta de los fuertes vientos que se han presentado, especialmente en Puerto Natales. También destacaron los cierres de Torres del Paine por la misma amenaza, afectando los ingresos de aquellos trabajadores dependientes de la actividad en el Parque Nacional.

Por lo anterior, se propone la siguiente cadena de impacto para la cuantificación del riesgo de afectación a los turistas por la intensificación de los eventos extremos mencionados previamente.

### Mapas de atributos

#### 4.A Sinopsis de la Amenaza (\*)

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Amenaza** se promedian los resultados de dos indicadores y se estandariza por el método de máximos absolutos. Los dos indicadores utilizados son:

- **Variación de la precipitación máxima diaria**, que mide la variación de precipitación máxima diaria en el periodo de 1980-2010 en milímetros (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros (mm) y bajo un escenario de emisiones RCP 8.5., estandarizado por máximos absolutos:

$$\text{Cambio Pp max diaria (\%)} = \frac{Pp MD_{fut} (mm) - Pp MD_{hist} (mm)}{Pp MD_{hist} (mm)}$$

- **Variación del viento medio**, Cambio proyectado en viento medio para el periodo 2035-2065, respecto al periodo base 1980-2010, bajo un escenario de emisiones RCP 8.5.

$$\text{Cambio viento (\%)} = \frac{Viento medio_{fut} \left( \frac{m}{s} \right) - Viento medio_{hist} \left( \frac{m}{s} \right)}{Viento medio_{hist} \left( \frac{m}{s} \right)}$$

#### 4.B Sinopsis de la Exposición (\*)

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Exposición** se promedian los resultados de tres indicadores y se estandariza por el método de máximos absolutos. Los tres indicadores utilizados son:



- **Población flotante por comuna**, que Indica la cantidad de turistas que podrían verse afectados por la afectación de atractivos turísticos de tipo glaciar en la región y estandarizado por logaritmo neperiano.
- **Centros turísticos de naturaleza**, Indica la cantidad de atractivos turísticos de naturaleza por comuna que podrían verse afectados por cierres como resultados de la intensificación de vientos extremos. Se estandariza por el método de máximos absolutos.
- **Número de Áreas Silvestres Protegidas**, que indica la cantidad de Áreas Silvestres Protegidas del Estado declaradas presentes en cada comuna.

**4.C Sinopsis de la Sensibilidad (\*)**

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Sensibilidad**, se considera la estandarización del indicador de diversidad de oferta turística, que expresa la diversificación del sector, estimada en base a la presencia comunal de atractivos turísticos distintos a los de naturaleza, como aproximación a la identificación de la diversidad de la oferta y dependencia respecto de dicha categoría de atractivo. A menor diversidad de la oferta turística, mayor es la sensibilidad. Se estandariza por el método de mínimos absolutos.

$$\text{Diversidad del sector} = \text{Número de atractivos turístico} \\ \text{diferentes a sitios de naturaleza}$$

**4.D Sinopsis Riesgo (\*)**

3 a 5 líneas de texto

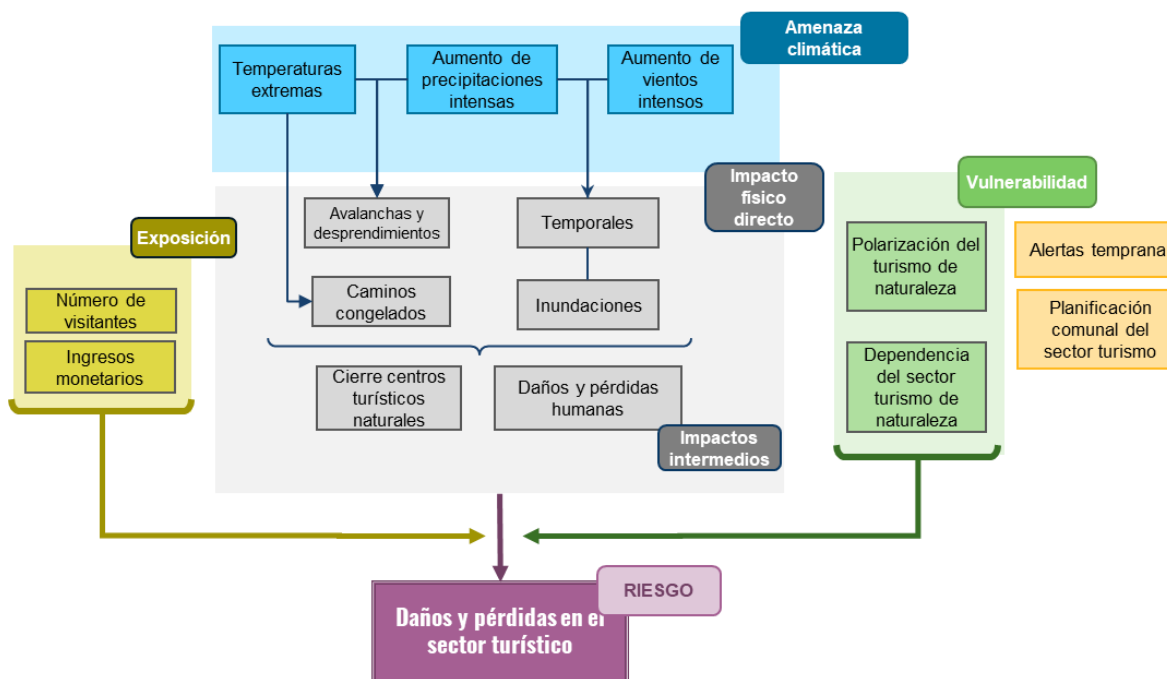
- En primer lugar, se calcula el **Índice de Vulnerabilidad** aplicando la siguiente fórmula:  $S-k*(CA)$ . Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.
- Para el **Índice de Capacidad Adaptativa** se calcula a partir la existencia de planes/estrategias de desarrollo de turismo comunales adoptados en las comunas de la región, mediante la siguiente ecuación:

$$CA = \begin{cases} 0 & \text{si la comuna no posee Plan de} \\ & \text{Desarrollo Turístico} \\ 1 & \text{si la comuna posee Plan de} \\ & \text{Desarrollo Turístico} \end{cases}$$

- Se asigna un factor k de 0,2 porque la existencia de planes y estrategias de turismo puede contribuir a gestionar la capacidad de carga turística sobre estos atractivos turísticos frágiles, mitigando los impactos de la actividad y por ende la degradación de los ecosistemas. Sin embargo, estos planes no tienen impacto directo sobre el retroceso glaciar que afecta los atractivos turísticos.
- Finalmente, el Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

### CDI-3: Afectación al turismo de naturaleza por el aumento de eventos extremos



## 2.4. CADENA DE IMPACTO 4: AFECTACIÓN A LOS BOSQUES DE *NOTHOFAGUS* POR ALTERACIÓN A LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Afectación a los bosques de <i>Nothofagus</i> por alteración a la disponibilidad hídrica	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p>En la región de Magallanes se encuentran el 18,5% de la superficie total de bosque nativo del país, siendo el género <i>Nothofagus</i> el de mayor predominancia con las especies <i>Nothofagus</i> antártica, <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>Nothofagus betuloides</i>, conocidos como Lengua y Coihue de Magallanes, respectivamente, las cuales representan el 99% de la cobertura de bosque nativo de la región (ODEPA, 2023).</p> <p>Un estudio realizado por Fernández (2021), demostró que tanto el incremento de temperaturas como la disminución de precipitaciones influyen negativamente en las tasas de crecimiento de la especie <i>Nothofagus pumilio</i> presente en cercanías al glaciar Grey en el Parque Nacional Torres del Paine. Del mismo modo, en el taller de vulnerabilidad los</p>	



participantes mencionaron la sensibilidad de la especie *Nothofagus* ante la escasez hídrica, viéndose especialmente afectados, aquellos individuos presentes en los límites superiores del ecosistema. Además, de acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, se ha estimado que a 2020 la invasión del castor ha generado la degradación de más de 23 mil hectáreas de bosque nativo en la provincia de Tierra del Fuego (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020).

Lo mencionado se evidencia al comparar los modelos de distribución publicados en el mapa de especies del ARclim para las especies *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus betuloides*. Estos modelos calcularon la probabilidad de existencia de las especies considerando escenarios climáticos de variables como la evapotranspiración, precipitación y temperatura.

Los resultados indican que, para *Nothofagus antarctica*, la probabilidad de presencia disminuirá hasta un -10,8% en la comuna de Natales, mientras que hacia el poniente de la región se mantendrá sin variaciones. En cuanto a *Nothofagus pumilio*, las comunas de Natales y Punta Arenas presentarían una disminución de hasta -23,1% en la probabilidad de existencia, mientras que en el resto de la región se mantendría sin variaciones. Finalmente, para *Nothofagus betuloides* en la comuna de Natales, la disminución de la probabilidad de existencia sería de hasta -15%.

En vista de la relevancia del bosque nativo para la región, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta para la cuantificación del riesgo de afectación al género *Nothofagus* debido al déficit hídrico.

### Mapas de atributos

4.A Sinopsis de la Amenaza (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Se utiliza el indicador de ARclim <b>variación de la precipitación acumulada</b>, que mide la variación de precipitación (lluvia y nieve) en el periodo de 1980-2010 en milímetros (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros (mm), bajo un escenario de emisiones RCP 8.5, considerado para el periodo estival entre los meses de Dic-Ene-Feb.</p> <p>La fórmula es la siguiente:</p> $\text{Cambio } Pp \text{ acum } (\%) = \frac{Pp \text{ acum}_{fut} (mm) - Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}{Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}$	

4.B Sinopsis de la Exposición (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del Índice de Exposición, se considera la estandarización del indicador de <b>Superficie de bosque nativo por comuna</b>, que Indica las hectáreas de bosque <i>Nothofagus</i> presentes en cada comuna. Se estandariza por el método de logaritmo neperiano para el <b>Índice de Exposición</b>.</p> $\sum Ha \text{ de especies de } Nothofagus$	

4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Sensibilidad</b> se promedian los resultados de dos indicadores. Los dos indicadores utilizados son:</p>	

- **Superficie degradada por presencia del castor**, que evidencia la sensibilidad del bosque de *Nothofagus* por la presión ejercida por la especie invasora del castor. Se estandariza por logaritmo neperiano.

$$\sum \frac{\text{Número de ha de Nothofagus}}{\text{degradadas por el castor}}$$

- **Densidad poblacional**, Indica la cantidad de habitantes por cada km<sup>2</sup> de la comuna. A mayor densidad poblacional se considera que el bosque puede ser más sensible por cuenta de la presión de recursos, la contaminación y la expansión de las urbes. Se estandariza por el método de máximos absolutos.

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Total habitantes por comuna}}{\text{Superficie (km}^2\text{) comunal}}$$

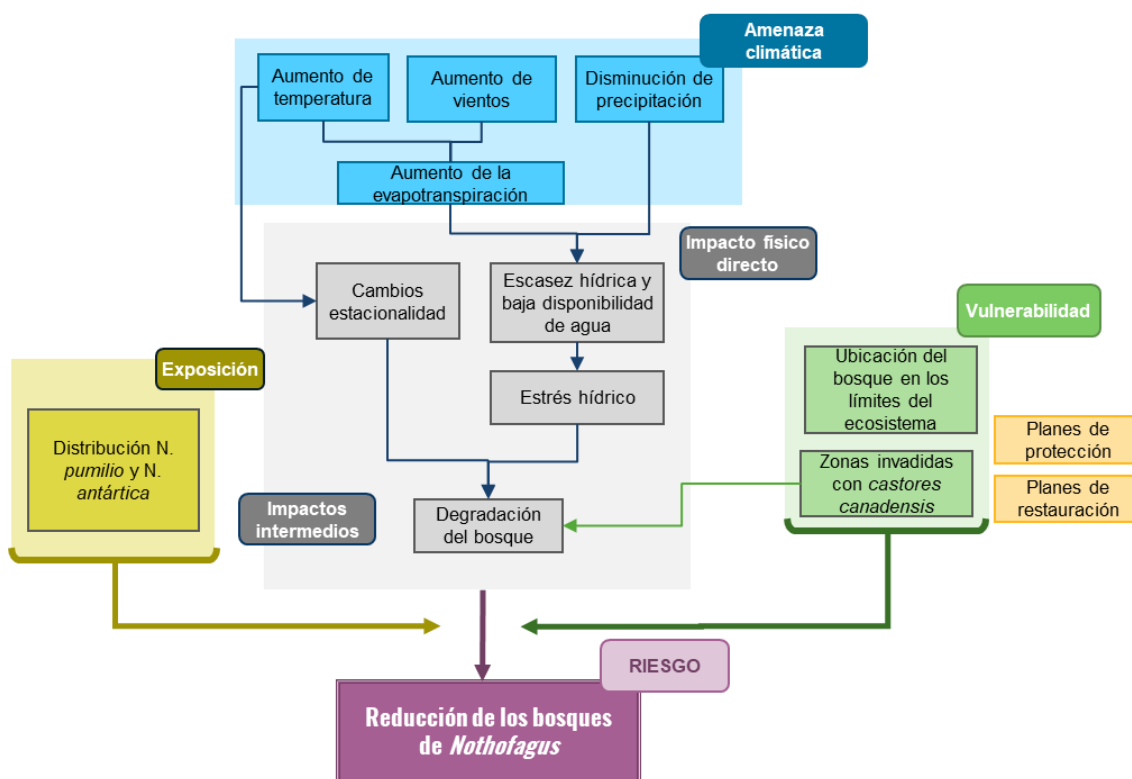
#### 4.D Sinopsis Riesgo (\*)

3 a 5 líneas de texto

El Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Sensibilidad}$$

#### CDI-4: Pérdida de los bosques de *Nothofagus* por alteración de la disponibilidad hídrica







## 2.5. CADENA DE IMPACTO 5: HUMEDALES

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Degradación de humedales por reducción de precipitaciones	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p>De acuerdo con la Convención Ramsar, los humedales son extensiones de marismas, pantanos y otras superficies cubiertas de agua, considerados como uno de los entornos más productivos del planeta debido a la elevada biodiversidad que albergan y por constituir importantes fuentes de agua dulce.</p> <p>La región de Magallanes alberga cerca del 80% de la superficie de humedales del país con cerca de 3.425.323 ha (Montiel, 2019). En la región se presentan diferentes tipos de humedales como mallines, humedales ribereños, palustres, lacustres, estuarios, humedales boscosos, marismas y las más representativas, las turberas (MMA, 2018). Estos ecosistemas se encuentran amenazados por diversas actividades antropogénicas como el desarrollo de prácticas ganaderas en humedales, introducción de especies invasoras y el desarrollo de actividades de turismo no sustentable. Además de ello, se estima que se verán afectados por los cambios de precipitación y temperatura asociados al cambio climático. Este conjunto de amenazas degradaría el ecosistema afectando a la biodiversidad que alberga, además de afectar los servicios ecosistémicos que estos prestan como la reserva de agua, regulación hídrica y captura de carbono (MMA, 2015b).</p> <p>De manera adicional, en las entrevistas destacaron que, en la mayoría de las comunas, algunos humedales son utilizados como fuente de abastecimiento para actividades como el turismo y la ganadería, lo que intensifica la presión sobre el recurso hídrico.</p> <p>En vista de la sensibilidad de los ecosistemas de humedal y de su valor económico-ambiental, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta para cuantificar el riesgo de pérdida de estos ecosistemas como resultado de la disminución de precipitaciones asociada al cambio climático.</p>	

### Mapas de atributos

<b>4.A Sinopsis de la Amenaza (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Expresa la variación de precipitación (lluvia y nieve) en el periodo de 1980-2010 en milímetros (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros (mm) bajo un escenario de emisiones RCP 8.5, para los meses de Dic-Ene-Feb. El índice de amenaza se estandariza por el método de máximos absolutos.</p> <p>La ecuación es la siguiente:</p> $\text{Cambio } Pp \text{ acum } (\%) = \frac{Pp \text{ acum}_{fut} (mm) - Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}{Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}$	





4.B Sinopsis de la Exposición (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del Índice de Exposición, se considera la estandarización del indicador de degradación de humedales expresada como la superficie de humedales por comuna.</p> $E_j = \sum_j Superficie\ humedal_{ij}$ <p>Donde: i: Humedal, j: Comuna</p> <p>Se estandariza según la siguiente ecuación:</p> $E_j = \frac{\ln E_j}{\ln(\max(E))}$	

4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Sensibilidad</b> se utilizan dos indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Tipo de humedales</b>, Evalúa la sensibilidad por el tipo de humedal ante la reducción de precipitaciones que depende de la característica propia de estos. Dependiendo de la tipología de humedales en la Orden 1 del Inventario de Humedales: <math display="block">Tipo\ humedal \begin{cases} Continenciales &amp; Altamente\ sensibles\ (1) \\ Artificiales &amp; Medianamente\ (0,5) \\ Costero\ marino &amp; Baja\ sensibilidad\ (0,2) \end{cases}</math> </li> <li>- <b>Ubicación del humedal</b>, que evalúa la probabilidad de la fragmentación del humedal y de otros impactos antropogénicos, tal como su contaminación, siendo representada como la cercanía a la población urbana o rural. <math display="block">Tipo\ humedal \begin{cases} Urbano &amp; Mayor\ presión(1) \\ Rural &amp; Media\ presión\ (0,5) \\ Fuera\ del\ límite\ urbano &amp; Baja\ presión\ (0,2) \end{cases}</math> </li> </ul> <p>El <b>Índice de Sensibilidad</b> se determina, en primer lugar, a partir del índice de sensibilidad de cada humedal (i) mediante:</p> $S_i = \frac{Indice\ de\ Tipo\ Humedal_i + Indice\ Ubicación_i}{2}$ <p>En segundo lugar, se obtiene el índice para cada comuna (j) con la fórmula:</p> $S_j = \frac{\sum S_{ij}}{Número\ de\ humedales\ en\ la\ comuna}$ <p>Cabe mencionar que el número de humedales solo considera a aquellos humedales que proporciona un dato numérico.</p>	

4.D Sinopsis Riesgo (*)	3 a 5 líneas de texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar, se calcula el <b>Índice de Vulnerabilidad</b> aplicando la siguiente fórmula: <math>S-k*(CA)</math>. Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos</li> </ul>	

absolutos.

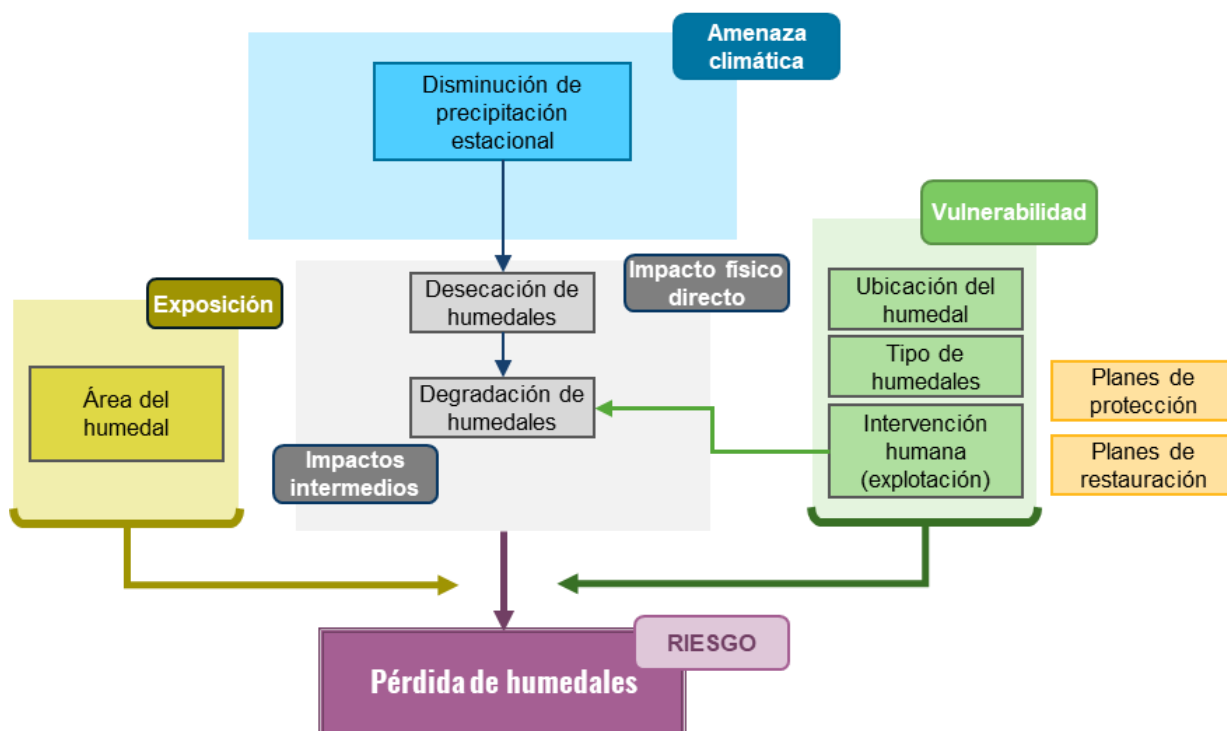
- El **Índice de Capacidad Adaptativa** se calcula a partir de los humedales que presentan una figura de protección de Declaración de humedales urbanos, o de Humedales RAMSAR:

$$CA_i = \begin{cases} 1 & \text{si el humedal } i \text{ tiene figura de protección} \\ 0 & \text{no tiene figura de protección} \end{cases}$$

- El factor k asignado es de 0,2 porque responde a la eficacia de las figuras de protección sobre la conservación de los humedales para evitar su degradación. Es decir, se considera que las figuras de protección por sí solo no basta para asegurar el resguardo de los humedales.
- Finalmente, el Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

### CDI-5: Degradación de humedales por reducción de precipitaciones





## 2.6. CADENA DE IMPACTO 6. DEGRADACIÓN DE TURBERAS POR DÉFICIT HÍDRICO

### Encabezados de mapa

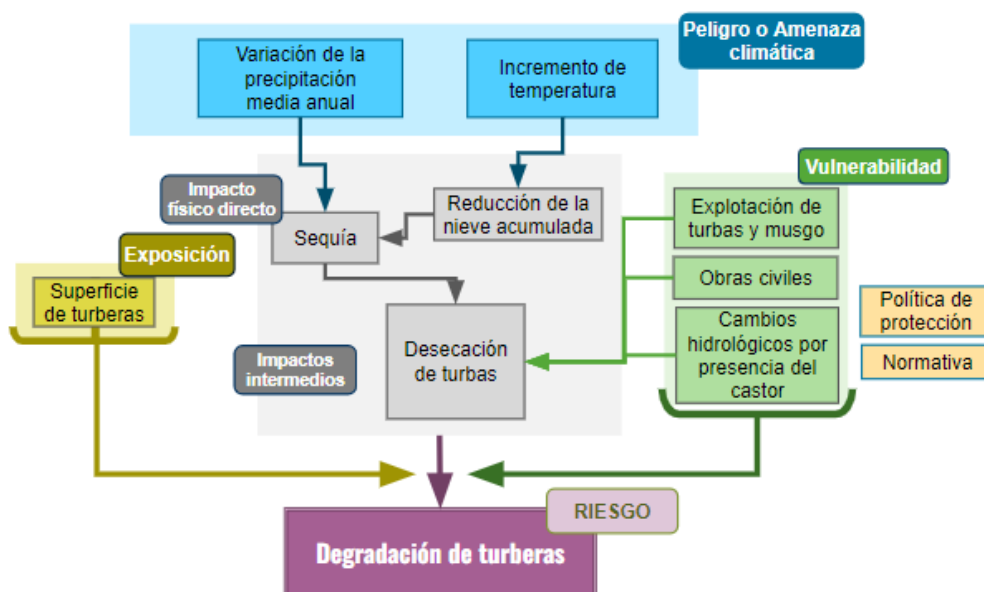
<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Degradación de turberas por déficit hídrico	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p>Las turberas son un tipo de humedal que representan el 19% de la cobertura vegetal de la región y son consideradas como ecosistemas de alto valor económico ambiental, además de ser ecosistemas frágiles a la intervención humana. Diversos autores documentan la dependencia de las turberas a condiciones constantes de velocidades del viento, temperatura y precipitación, por lo que, un ligero cambio de estas variables podría afectar la distribución espacial de estas (Aguirre et al., 2021).</p> <p>Además, otros autores mencionan que dentro de las principales amenazas de tipo antropogénico sobre las turberas en Magallanes está la extracción minera, desarrollo de obras civiles sobre humedales, así como cambios hidrológicos y geomorfológicos por la presencia de la especie invasora del castor (WCS Chile, 2020).</p> <p>Adicionalmente, los asistentes al taller de vulnerabilidad mencionaron la afectación a las turberas que se presenta por explotación de estas para la obtención de combustibles, actividad que incrementa la susceptibilidad de estos ecosistemas ante condiciones de mayor sequía por efecto del cambio climático.</p> <p>Debido a la importancia para la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos asociada a los humedales se detalla la cadena de impacto propuesta para evaluar el riesgo de estos a degradarse debido al déficit hídrico bajo un escenario de cambio climático.</p>	

### Mapas de atributos

<b>4.A Sinopsis de la Amenaza (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Expresa la variación de precipitación (lluvia y nieve) en el periodo de 1980-2010 en milímetros (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros (mm) bajo un escenario de emisiones RCP 8.5, para los meses de Dic-Ene-Feb. El índice de amenaza se estandariza por el método de máximos absolutos.</p> <p>La ecuación es la siguiente:</p> $\text{Cambio } Pp \text{ acum } (\%) = \frac{Pp \text{ acum}_{fut} (mm) - Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}{Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}$	

<b>4.B Sinopsis de la Exposición (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Exposición</b>, se considera la estandarización del indicador de riesgo de degradación de turberas expresada como la superficie de turberas por comuna y se estandariza por logaritmo neperiano:</p> $E_j = \sum_j Superficie\ turberas_{ij}$ <p>Donde: i: Turberas, j: Comuna</p>	
<b>4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Sensibilidad</b>, se evalúa la sensibilidad de las turberas al no estar acogidas dentro de una figura de protección, en este caso, el <i>Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado</i>. Como indicador final de sensibilidad, se considera la estandarización del indicador de % de superficie de turbas por comuna fuera de SNASPE. Se estandariza por el método de máximos absolutos.</p> $= \frac{\% turba\ fuera\ de\ SNASPE}{Superficie\ turba\ fuera\ de\ SNASPE\ por\ comuna} \times 100$	
<b>4.D Sinopsis Riesgo (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>El Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:</p> $Riesgo = Amenaza * Exposición * Sensibilidad$	

### CDI-6: Degradación de turberas por déficit hídrico





## 2.7. CADENA DE IMPACTO 7. AFECTACIÓN A LAS POBLACIONES DE FOCAS POR LA REDUCCIÓN DEL HÁBITAT GLACIAR

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	

<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Afectación a las poblaciones de focas por la reducción del hábitat glaciar	

<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
---------------------------------	-----------------------

En la región, se distinguen tres especies de foca: la foca leopardo *Hydrurga leptonyx*, la foca cangrejera *Lobodon carcinophagus* y la foca de Weddell *Leptonychotes weddellii*. Todas son consideradas como especies pagófilas, es decir, que suelen habitar principalmente entre el hielo denso y las banquias de hielo, según la especie (SERNAPESCA, s.f.b). Por ejemplo, la reproducción de las focas cangrejas depende de la existencia de la banquisa de hielo, que es más sensible al incremento de temperaturas en el océano que las masas de hielo fijo, donde se reproducen las focas de Weddell, debido a la naturaleza estacional y flotante de la banquisa de hielo. (Salas& LaRue, 2021)

La importancia del krill *Euphausia superba* en la alimentación de las focas varía de acuerdo a las especies presentes en la región:

- Foca Cangrejera (*Leptonychotes weddellii*): La importancia del krill (*Euphausia superba*) es considerablemente baja en la dieta de la foca cangrejera de acuerdo con el estudio realizado por Casaux, Baroni & Ramón (2005) con una importancia del 0,2% en la relevancia de la dieta total y del 0,0% en cuánto a importancia por masa consumida, la dieta de la especie está constituida principalmente por peces los cuales representan el 92.4% de la masa total ingerida.
- Foca Leopardo (*Hydrurga leptonyx*): De acuerdo con la información de la institución SERNAPESCA, la foca leopardo se caracteriza por su comportamiento de caza y alimentación de pingüinos, aunque su dieta es muy diversa y cambia con las estaciones, dependiendo de la disponibilidad local de presas. Filtra krill a través de sus dientes, sin embargo, el calentamiento global puede producir la caída de este, el cuál es uno de sus principales alimentos. Esta especie de foca se nutre también de peces, calamares, jibias y pingüinos. Actúa como un depredador crucial para las focas cangrejas jóvenes (*Lobodon carcinophagus*) hasta el final de su primer año de vida, así como para el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*). En ocasiones, se alimenta de cadáveres de ballenas. La mayoría de sus presas son capturadas en el agua.
- Foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*): Se nutre de peces nototénidos, cefalópodos y crustáceos, incluyendo a *Dissostichus* sp., que puede llegar a pesar 54 kilogramos o más. Su búsqueda de alimentos se extiende hasta profundidades de 600 metros, y se caracterizan por ser cazadores sigilosos. El krill es el principal



constituyente de la dieta de las especies cazadas por esta foca, su disminución producto de factores en el aumento de la temperatura global pueden reducir el alimento para la Foca de Weddell, así como para otras especies de focas. (SERNAPESCA, SF).

De acuerdo con los diferentes estudios, su hábitat se vería afectado y tendería a desaparecer debido al incremento de las temperaturas proyectado para la región, lo que dejaría a la especie sin espacios para reproducción y caza. Además, se ha documentado que el cambio climático generará disminuciones en las poblaciones de krill antártico (*Euphausia superba*), especie que constituye la dieta de la foca leopardo (SERNAPESCA, s.f.; Martínez, 2015; Salas & LaRue, 2021).

Considerando la vulnerabilidad de las focas al cambio climático, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta para la cuantificación del riesgo que enfrenta la especie frente a la pérdida de hábitat glaciar.

### Mapas de atributos

#### 4.A Sinopsis de la Amenaza (\*)

3 a 5 líneas de texto

Se define por el cambio de temperatura proyectada bajo el escenario de emisiones RCP 8.5 para el periodo 2040 - 2050, a partir de registros de la temperatura superficial del mar promedio multianual para el periodo histórico 2002- 2009. Se estandariza por el método de máximos absolutos.

La ecuación es la siguiente:

$$\text{Cambio } TSM = TSM_{fut} (^{\circ}C) - TSM_{hist} (^{\circ}C)$$

#### 4.B Sinopsis de la Exposición (\*)

3 a 5 líneas de texto

La exposición se calcula a partir de las **observaciones de la especie**, que indica la cantidad de observaciones en terreno georreferenciados para las especies en las diferentes comunas de la región de acuerdo con la Plataforma GBIF. Se consideran puntos de referencias y se estandariza por máximos absolutos.

$$\text{Total observaciones} = \text{Obs. Foca Weddell} + \text{Obs. Foca leopardo} + \text{Obs. Foca cangrejera}$$

#### 4.C Sinopsis de la Sensibilidad (\*)

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Sensibilidad** se utilizan dos indicadores:

- **Inversa del margen de seguridad climática**, que se refiere a la capacidad de una especie para sobrevivir en un entorno cuyas condiciones varían debido al cambio climático. Estimado como la diferencia entre la temperatura superior reportada en las observaciones de la especie y la temperatura superficial del mar del periodo presente. La inversa de dicho indicador refleja que a menor resultado se es más sensible. La ecuación es la siguiente y se estandariza por el método de deciles.

$$\Delta \text{ Inversa de la Seguridad climática} = \frac{1}{T_{sup} - TSM_{presente}}$$



- **Dependencia del krill antártico**, que Indica el porcentaje en el que el krill constituye la dieta alimenticia de las diferentes especies de foca presentes en la región.

De acuerdo con la revisión bibliográfica se asigna la siguiente puntuación:

- Foca cangrejera, el 100% de su dieta es krill: 1
- Foca leopardo, el 45% de su dieta es krill: 0,75

El **Índice de Sensibilidad** se calcula con el promedio de los resultados de los dos indicadores anteriores, a través de la siguiente ecuación:

$$S = \bar{X} = \frac{\left( \frac{1}{\Delta \text{Seguridad climática}} + \% \text{Promedio de dependencia de krill} \right)}{2}$$

#### 4.D Sinopsis Riesgo (\*)

3 a 5 líneas de texto

- En primer lugar, se calcula el **Índice de Vulnerabilidad** aplicando la siguiente fórmula:  $S-k*(CA)$ . Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.
- El **Índice de Capacidad Adaptativa** se calcula a partir de dos indicadores:
  - **Nicho termal**, como el rango climático definido dentro del cual las especies pueden desarrollarse bajo condiciones normales. Estimado como la diferencia entre los límites termales superior ( $T_{sup}$ ) e inferior ( $T_{inf}$ ) reportados en las observaciones de cada especie. Altos valores de nicho termal indica una alta capacidad adaptativa, por el contrario, bajos valores de nicho termal indican una baja capacidad adaptativa y estandarizado por máximos absolutos.

$$\text{Nicho termal} = T_{sup} - T_{inf}$$

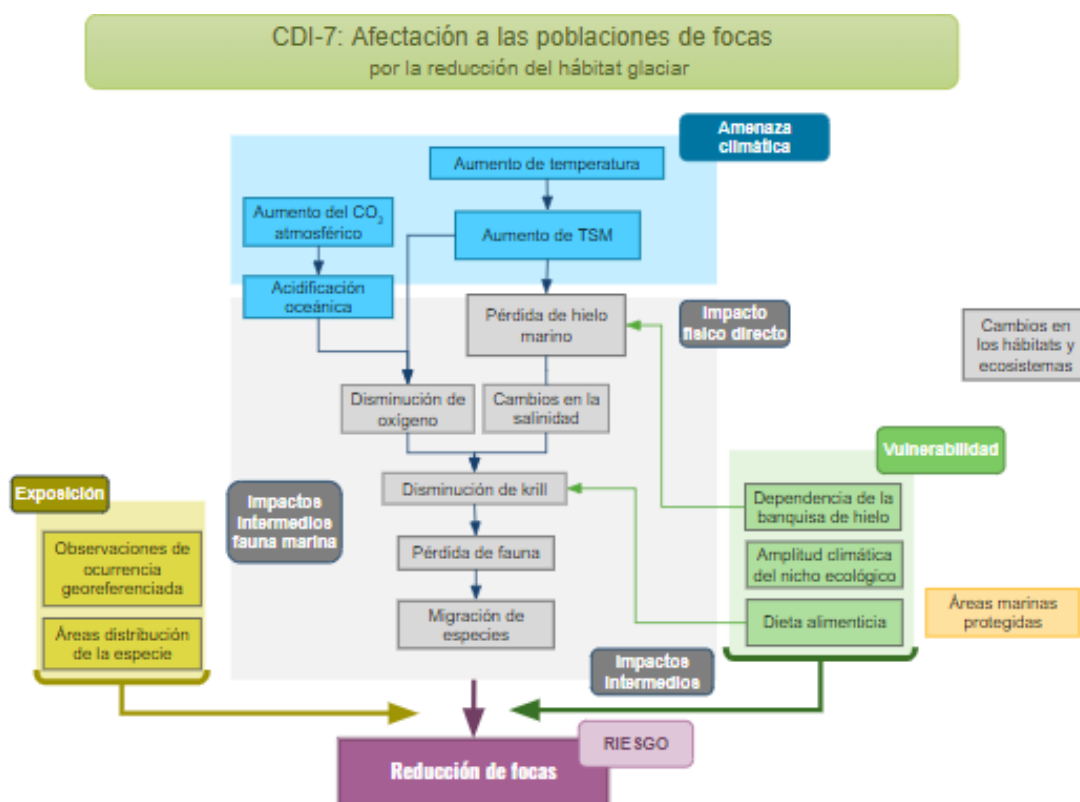
- **Existencia de Áreas Marinas Protegidas (AMP)**, que indica la existencia de áreas marinas protegidas (AMP) y Sitios Prioritarios Estrategia Regional de Biodiversidad (sitio prioritario: Cabo de Hornos) y Sitio Prioritario Ley 19.300 art.11 letra d) (sitios prioritarios: Isla Navarino y Estancia Yendegaia) con alcance en los puntos de exposición de las focas. La consideración del indicador de existencia de AMP en la región no está implícitamente relacionada ni a la existencia de glaciares, ni con la presencia en ellas o no de las diferentes especies de focas. Se considera como capacidad adaptativa puesto que la declaratoria de estas áreas busca reducir las presiones antrópicas generadas sobre los ecosistemas marinos (donde habitan las focas y su alimento), mitigando así la degradación del medio marino.



$$CA_i = \begin{cases} 1 & \text{si existen AMP} \\ 0 & \text{no existen AMP} \end{cases}$$

- El factor k asignado es de 0,2 porque responde a la eficacia de las figuras de protección sobre la conservación de los hábitats de especies marinas como las focas, mitigando perturbaciones de origen antrópico que puedan generar degradación de los ecosistemas, así como la capacidad de la especie a sobrevivir en amplias condiciones térmicas. Sin embargo, la existencia de una figura de protección no es suficiente para mitigar los impactos directos ocasionados por el cambio climático sobre los océanos.
- Finalmente, el **Índice de Riesgo** se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$



## 2.8. CADENA DE IMPACTO 8: AFECTACIÓN A LAS POBLACIONES DE PINGÜINOS POR AUMENTO DE CONDICIONES EXTREMAS

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	





<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Afectación a las poblaciones de pingüinos por aumento de condiciones extremas	

<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
---------------------------------	-----------------------

La variación de las condiciones climáticas, además de otros factores como el turismo y la presencia especies exóticas invasoras como el visón, perros, entre otros, generará cambios en las dinámicas poblacionales del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) y pingüino rey (*Aptenodytes patagonicus*).

De acuerdo con lo documentado, los pingüinos son considerados como los depredadores superiores de toda su cadena trófica, por lo que son individuos relevantes para evidenciar los impactos del cambio climático, sobre todo en el ecosistema subantártico, considerando que la cadena trófica sufre un efecto en cascada debido a la variación de las condiciones climáticas.

Los pingüinos de Magallanes dependen en gran medida de su dieta compuesta por peces como la anchoveta, la sardina del sur y la merluza de tres aletas, así como de la ingestión ocasional de calamares, crustáceos o krill. Sin embargo, el cambio climático está generando perturbaciones en las condiciones oceánicas, como el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM), alteraciones en el pH, acidificación y fluctuaciones en la salinidad, que amenazan directamente a estos recursos hidrobiológicos. Además, esta situación se agrava debido a la presión de la extracción dichas especies lo que podría llevar a la escasez de alimentos para las poblaciones de los pingüinos de Magallanes en la región, lugar donde estas aves eligen establecer sus colonias debido a la disponibilidad de alimento que favorece su reproducción (SERNAPESCA, s.f.c). Como resultado, la supervivencia de la especie se vería afectada por el desplazamiento de las colonias hacia el norte en búsqueda de alimento, lo que dificultaría su adaptación debido a que es una especie muy especialista (Martínez, 2015).

Asimismo, el pingüino rey se encuentra amenazado por el cambio climático debido al desplazamiento de las especies de peces y calamares de las cuales se alimenta hacia zonas más australes en busca de aguas más frías. Esto obliga al pingüino a migrar en busca de nuevos lugares para alimentarse, con la posibilidad de no poder adaptarse, lo que podría resultar en reducciones en su población. Además, se ha documentado que el aumento de la temperatura superficial del mar y del aire generaría importantes degradaciones en el ecosistema donde se ubican las particulares colonias de Tierra del Fuego, afectando a cerca del 21% de las parejas reproductoras presentes en la región (Cristofari et al., 2018).

En vista de la vulnerabilidad de estas especies, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta para la cuantificación del riesgo de pérdida del pingüino magallánico y el pingüino rey por el incremento de la temperatura superficial del mar.

### Mapas de atributos

<b>4.A Sinopsis de la Amenaza (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
Se define por el cambio de temperatura proyectada bajo el escenario de emisiones RCP 8.5 para el periodo 2040 - 2050, a partir de registros de la temperatura superficial del mar	



promedio multianual para el periodo histórico 2002- 2009. Se estandariza por el método de máximos absolutos.

La ecuación es la siguiente:

$$\text{Cambio TSM} = TSM_{fut} (^{\circ}C) - TSM_{hist} (^{\circ}C)$$

#### 4.B Sinopsis de la Exposición (\*)

3 a 5 líneas de texto

La exposición se calcula a partir de las **observaciones de la especie**, que indica la cantidad de observaciones en terreno georreferenciados para las especies en las diferentes comunas de la región. Se estandariza por logaritmo neperiano.

$$\text{Total observaciones} = \text{Obs. Pingüino Magallanes} + \text{Obs. Pingüino rey}$$

#### 4.C Sinopsis de la Sensibilidad (\*)

3 a 5 líneas de texto

La sensibilidad se calcula a partir de la **densidad poblacional**, conceptuado como indicador de presión, se estima que aquellas comunas de mayor densidad poblacional implicarán mayores actividades antropogénicas (i.e., desarrollo de puertos, embarcaciones, contaminación por metales pesados y aguas servidas) lo que podría implicar una presión adicional para la viabilidad de las poblaciones de pingüinos. Se estandariza por máximo absoluto.

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Población censada por comuna}}{\text{Superficie (km}^2\text{) por comuna}}$$

#### 4.D Sinopsis Riesgo (\*)

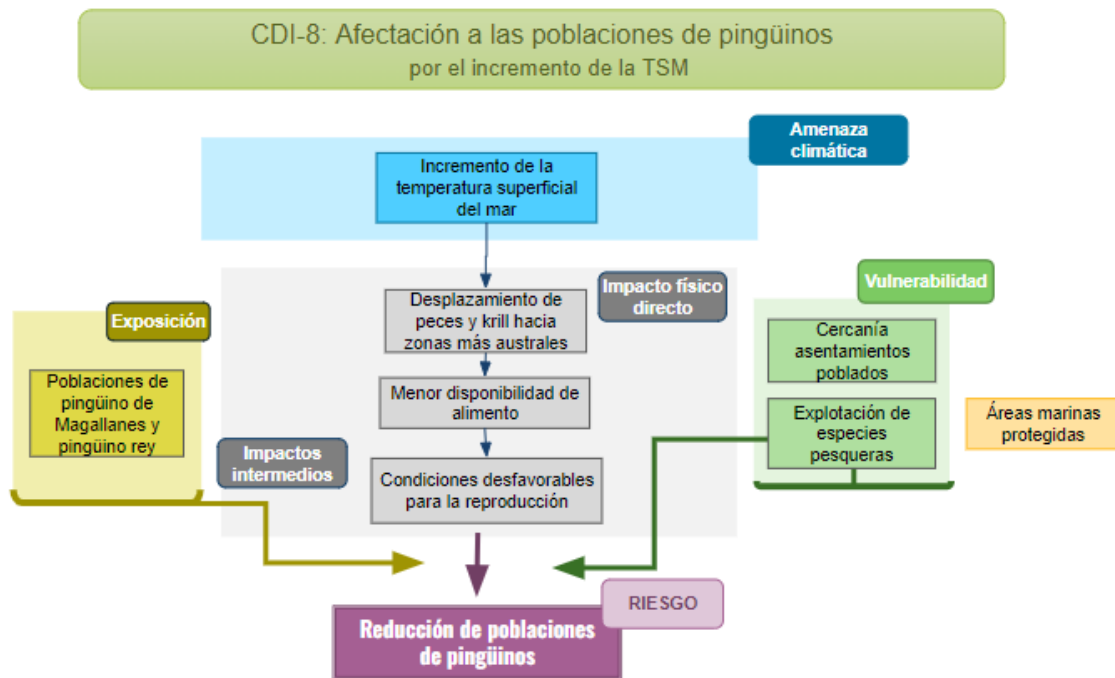
3 a 5 líneas de texto

- En primer lugar, se calcula el **Índice de Vulnerabilidad** aplicando la siguiente fórmula:  $S-k*(CA)$ . Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.
- El **Índice de Capacidad Adaptativa** se calcula a partir del indicador de la **Existencia de Áreas Marinas Protegidas (AMP)**, que indica la existencia de áreas marinas protegidas en cada uno de los puntos de observación de las especies de interés.

$$CA_i = \begin{cases} 1 & \text{si existen AMP} \\ 0 & \text{no existen AMP} \end{cases}$$

- El factor k asignado es de 0,2 porque responde a la eficacia de las figuras de protección sobre la conservación de los hábitats de especies marinas como los pingüinos, mitigando perturbaciones de origen antrópico que puedan generar degradación de los ecosistemas. Sin embargo, la existencia de una figura de protección no es suficiente para mitigar los impactos directos ocasionados por el cambio climático sobre la especie.
- Finalmente, el **Índice de Riesgo** se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$



## 2.9. CADENA DE IMPACTO 9: DEGRADACIÓN DE LOS FIORDOS POR EL RETROCESO GLACIAR

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Biodiversidad y turismo	
<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Degradación de los fiordos por el retroceso glaciar	
<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
<p>Los fiordos son considerados ecosistemas marinos únicos que representan apenas el 1% de la superficie total oceánica del planeta. En Chile, estos ecosistemas se extienden desde Puerto Montt a Cabo de Hornos.</p> <p>Los fiordos son profundos valles marinos formados por la acción del hielo durante las glaciaciones del cuaternario, que se caracterizan por ser elevaciones montañosas, desde las masas de agua, que alcanzan alturas mayores a los 1600 msnm y que crecen cerca de los 200-600 metros de profundidad, albergando una gran biodiversidad que incluye especies de vertebrados e invertebrados marinos como corales de aguas frías que crecen en paredones verticales sumergidos a 200-300 metros de profundidad.</p> <p>Estos ecosistemas marinos dependen de dos factores importantes para su mantenimiento: suficiente disponibilidad de nutrientes y una adecuada penetración de luz. Se estima que, por cuenta del cambio climático, el incremento de la desglaciación, por el incremento de</p>	



temperaturas, favorecerá la presencia de agua cargada de sedimentos que quedarán flotando en la superficie de los fiordos formando una capa densa que impediría la penetración de la luz, afectando la productividad primaria en el ecosistema y generando afectación sobre la biodiversidad actual. Del mismo modo, el incremento de lluvias torrenciales alteraría el caudal de los ríos que alimentan estos ecosistemas, favoreciendo el arrastre de sólidos suspendidos e impidiendo la penetración de luz hacia el interior de los fiordos (Diario UACH, 2010; MMA, 2015c; National Geographic, 2021).

En vista de la singularidad de estos ecosistemas y de la biodiversidad que albergan se detalla la cadena de impacto propuesta para evaluar el riesgo por degradación de fiordos por retroceso glaciar y aumento de precipitación máxima diaria.

### Mapas de atributos

#### 4.A Sinopsis de la Amenaza (\*)

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Amenaza climática** se utilizan dos indicadores:

- **Variación de la temperatura media**, que ofrece el cambio proyectado en la temperatura del aire para el periodo de 2035-2065, respecto al periodo base de 1980 -2010, bajo un escenario de emisiones RCP 8.5.

$$\text{Cambio Temperatura} = T_{media_{fut}} (^{\circ}C) - T_{media_{hist}} (^{\circ}C)$$

- **Variación de la precipitación máxima diaria**, que mide la variación de precipitación máxima diaria en el periodo de 1980-2010 en milímetros (mm) y proyectada al 2035-2065 en milímetros (mm) y bajo un escenario de emisiones RCP 8.5.

$$\text{Cambio Pp max diaria (\%)} = \frac{Pp MD_{fut} (mm) - Pp MD_{hist} (mm)}{Pp MD_{hist} (mm)}$$

El **Índice de Amenaza climática** se calcula a partir de los indicadores anteriores estandarizados de precipitación y viento, como el promedio entre estos y se estandariza por el método del máximo absoluto para obtener el indicador final:

$$S = \bar{X} = \frac{\left( \frac{1}{\Delta Seguridad climática} + \%Promedio de dependencia de krill \right)}{2}$$

#### 4.B Sinopsis de la Exposición (\*)

3 a 5 líneas de texto

La exposición se calcula a partir del indicador **superficie del fiordo** en hectáreas, que indica la cantidad superficie que comprenden los fiordos presentes en la región y se estandariza por el método de máximos absolutos.

#### 4.C Sinopsis de la Sensibilidad (\*)

3 a 5 líneas de texto

Para el cálculo del indicador final del **Índice de Sensibilidad** se utilizan dos indicadores:

- **Tasa de retroceso glaciar**, que mide el porcentaje de disminución de los glaciares presentes en la región mediante la diferencia del área glaciar reportada en los años 2014 a 2022.

$$\text{Cambio área glaciar (\%)} = \frac{\text{Área glaciar}_{\text{fut}} (\text{km}^2) - \text{Área glaciar}_{\text{hist}} (\text{km}^2)}{\text{Área glaciar}_{\text{hist}} (\text{km}^2)}$$

- **Densidad poblacional** como un indicador de presión estimado en aquellas comunas con mayor densidad poblacional lo que implica mayores actividades antropogénicas (i.e., desarrollo de puertos, embarcaciones, contaminación por metales pesados y aguas servidas) con una mayor una presión sobre el ecosistema.

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Población censada por comuna}}{\text{Superficie (km}^2\text{) por comuna}}$$

El **Índice de Sensibilidad** se calcula como el promedio de los indicadores anteriores y se vuelve a estandarizar por el método de máximo absoluto.

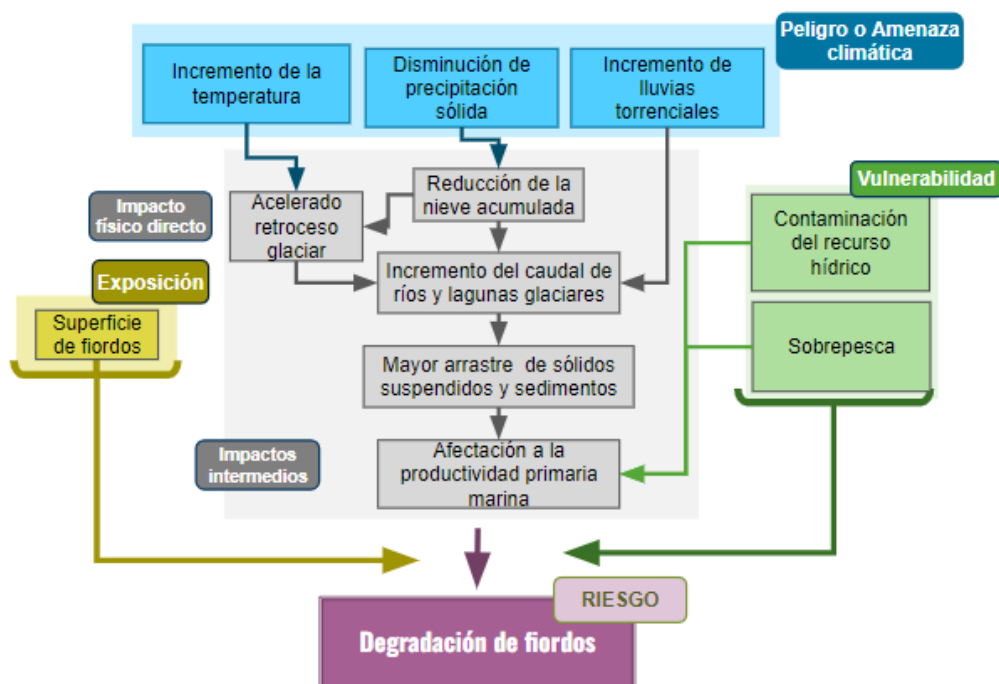
#### 4.D Sinopsis Riesgo (\*)

3 a 5 líneas de texto

El Índice de Riesgo se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Sensibilidad}$$

#### CDI-9: Degradación de fiordos por retroceso glaciar





## 2.10. CADENA DE IMPACTO 10: PÉRDIDA DE CENTOLLA POR EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

### Encabezados de mapa

<b>1. Nombre del Sistema/WP</b>	
Pesca e infraestructura costera	

<b>2. Nombre corto de la cadena de impacto</b>	5 palabras o menos
Pérdida de centolla por el aumento de la temperatura superficial del mar	

<b>3. Sinopsis del mapa (*)</b>	3 a 6 líneas de texto
---------------------------------	-----------------------

De acuerdo con las estadísticas pesqueras del INE, para 2021 el recurso de mayor importancia en el desembarque artesanal de la región fue la centolla con un aporte del 51,5% al total regional, correspondiente a 270 toneladas desembarcadas (INE, 2022).

Autores han documentado que el incremento de dióxido de carbono en el mar, además de aumentar su temperatura superficial, disminuirá la disponibilidad de oxígeno disuelto, por lo que podrían verse afectados los individuos juveniles de la centolla patagónica, puesto que tienen una baja tolerancia a la baja disponibilidad de oxígeno (Cubillos et al. 2021). En otros estudios se ha evidenciado que el aumento de la temperatura superficial del mar influye negativamente en los procesos biológicos de reproducción de los machos, lo que afectaría la dinámica de reproducción de la especie (Palma, 2019).

Por otro lado, en el taller de vulnerabilidad se mencionó que la desglaciación asociada al incremento de temperaturas aumentaría el volumen de agua dulce que ingresa a los océanos, generando cambios en sus propiedades químicas como la salinidad, alterando el hábitat de múltiples recursos bentónicos de especial importancia en la actividad de pesca artesanal de la región. Además, en las entrevistas mencionaron que, en Puerto Natales, existen otras presiones que hacen más vulnerable a la actividad pesquera como la sobreexplotación de los recursos bentónicos, la ausencia de zonas marinas protegidas o la contaminación del océano.

Entendiendo la importancia cultural y económica de la centolla, a continuación, se detalla la cadena de impacto propuesta para la cuantificación de la pérdida de este recurso debido al aumento de la temperatura superficial del mar.

### Mapas de atributos

<b>4.A Sinopsis de la Amenaza (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
---------------------------------------	-----------------------

El **Índice de Amenaza climática** se basa en el indicador de **Variación de la temperatura media**, que ofrece el cambio proyectado en la temperatura del aire para el periodo de 2035-2065, respecto al periodo base de 1980 -2010, bajo un escenario de emisiones RCP 8.5.

$$\text{Cambio Temperatura} = T_{media_{fut}} (^\circ\text{C}) - T_{media_{hist}} (^\circ\text{C})$$



<b>4.B Sinopsis de la Exposición (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>La exposición se calcula a partir del indicador de <b>Desembarque de centollas</b> que representa el riesgo de perder la biomasa de centolla capturada, expresada como el desembarque registrado de centolla por caleta en toneladas.</p>	
<b>4.C Sinopsis de la Sensibilidad (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<p>Para el cálculo del indicador final del <b>Índice de Sensibilidad</b> se utilizan los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Número de pescadores</b>, que indica la presión que existe sobre el recurso hidrobiológico. Es un indicador de dependencia de la pesca artesanal y de su importancia en la caleta, representado como el número de pescadores de centolla por toneladas de desembarque. Se estandariza por máximo absoluto. Entre mayor sea la sensibilidad mayor será la presión sobre el recurso: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Baja sensibilidad <math>\leq 0,2</math></li> <li>◦ Sensibilidad mediana <math>0,2 \leq \text{indicador} \leq 0,5</math></li> <li>◦ Sensibilidad alta o muy alta <math>0,5 \leq \text{indicador} \leq 1</math>.</li> </ul> <math display="block">\text{Nº Pescadores de centolla} = \frac{\text{Pescadores de centolla inscritos en el RPA}}{\text{Toneladas de desembarque}}</math> </li> <li>- <b>Estado de explotación del recurso</b>, que expresa la tendencia del desembarque total por caleta en el período de análisis (últimos 15 años). Tendencia obtenida a partir de la estimación de la pendiente mediante un modelo lineal mixto. Se extrajeron los datos outliers para el cálculo del modelo lineal mediante el método de cuartiles. Para ello se consideró: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Baja sensibilidad <math>[0-0,2]</math> (cuando la pendiente es creciente)</li> <li>◦ Sensibilidad media <math>&lt;0,2-0,5]</math> (cuando la pendiente es cercana a 0)</li> <li>◦ Sensibilidad alta <math>&lt;0,5;1]</math> (cuando la pendiente es negativa)</li> </ul> <p>Se utiliza el método de escalado de datos con mínimos y máximos.</p> </li> <li>- <b>Diversidad de recursos</b>, que corresponde al número de especies que fueron extraídas por caleta en el período de análisis y se estandariza por el método de deciles.</li> </ul> <p>El <b>Índice de Sensibilidad</b> se calcula como el promedio de los indicadores anteriores.</p>	
<b>4.D Sinopsis Riesgo (*)</b>	3 a 5 líneas de texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar, se calcula el <b>Índice de Vulnerabilidad</b> aplicando la siguiente fórmula: <math>S-k*(CA)</math>. Finalmente, se estandariza el índice por el método de máximos absolutos.</li> <li>- El <b>Índice de Capacidad Adaptativa</b> se calcula a partir los siguientes indicadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Presencia de obras de abrigo</b>, que refleja la adaptación de la caleta mediante</li> </ul> </li> </ul>	





obras de infraestructura para mejorar la seguridad en las operaciones de embarque y desembarque (las caletas típicamente se emplazan en lugares que ofrecen un abrigo natural con las condiciones históricas de oleaje y la necesidad de estas infraestructuras de abrigo nuevo responde a las nuevas condiciones del clima de oleaje propiciadas por el cambio climático). Se asigna la siguiente calificación dependiendo de la existencia de obras de abrigo en las caletas:

$$CA_j^1 = \begin{cases} 0 & \text{si la caleta } j \text{ posee obras de abrigo} \\ 1 & \text{si no posee obras de abrigo} \end{cases}$$

Donde  $j$  representa una caleta.

- **Presencia de Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos AMERB**, que es un indicador de su capacidad de gestión ya que requieren formar organizaciones para poder solicitar una y establecer reglas de organización propias. Además de la existencia de AMERB, es relevante el estado de su gestión, de forma de procurar la conservación de los ecosistemas marinos de los cuales depende la pesca. Una aproximación para medir esto corresponde al tiempo que tiene el área de manejo, ya que mientras mayor sea este, más consolidada estaría su gestión. El cálculo del índice se realiza promediando los indicadores de existencia de AMERB (  $CA_j^1$  ) y el tiempo de desarrollo de AMERB (  $CA_j^2$  ), calculado según el promedio del tiempo transcurrido desde la resolución del Plan de Manejo (en años):

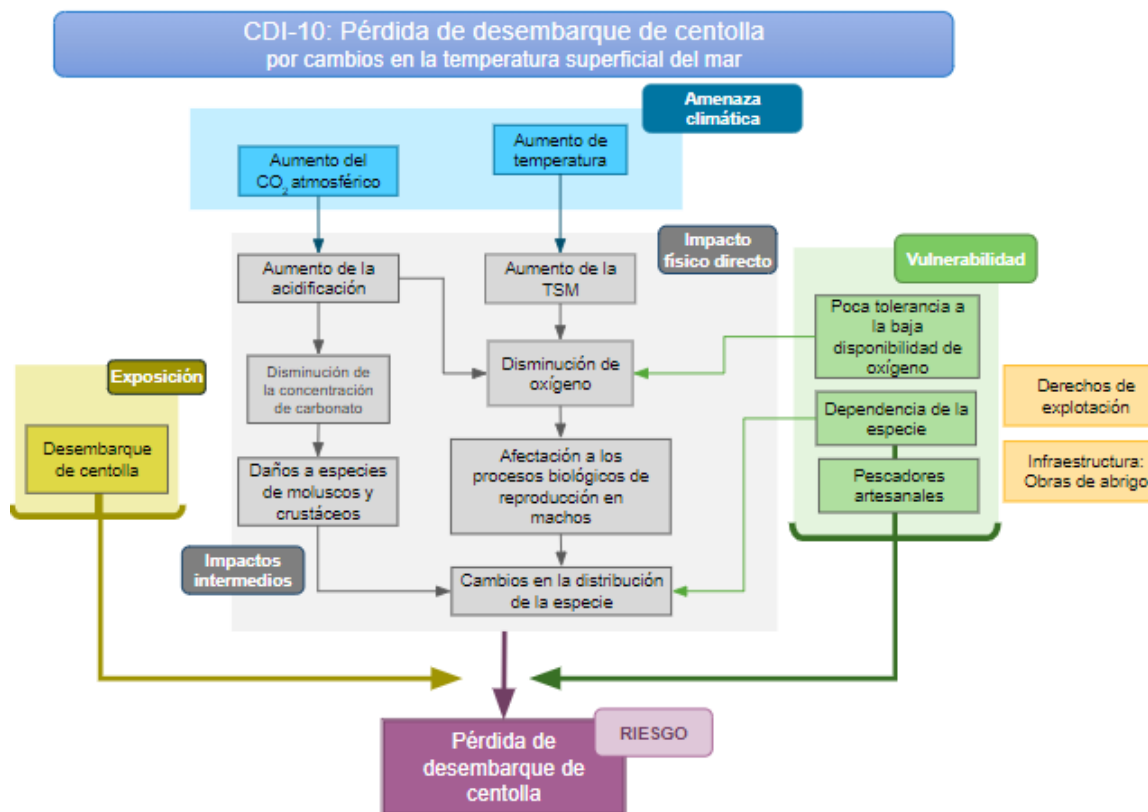
$$CA_j^2 = \begin{cases} 1 & \text{si existen AMERB} \\ 0 & \text{no existen AMERB} \end{cases}$$

$$CA_j^2 = \begin{cases} \frac{1}{\text{tiempo AMERB}_j[\text{años}]} & \text{si la caleta } j \text{ posee AMERB desde hace 15 años} \\ \frac{15}{0} & \text{si posee AMERB menos de 15 años} \\ 0 & \text{si no posee AMERB} \end{cases}$$

- Para el cálculo final del **Índice de capacidad adaptativa** se promedian los dos indicadores considerados y posteriormente se multiplican por el factor  $k = 0.2$ , teniendo en cuenta que los indicadores considerados solo tienen una capacidad media de disminuir el riesgo, ya que no se considera el tipo de obras de abrigo, al ser solo un indicador binario, y el tiempo de implementación de las AMERB es solo una aproximación al nivel de gestión de estas.
- Finalmente, el **Índice de Riesgo** se calcula como resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$





### 3. METODOLOGÍAS DE ESTANDARIZACIÓN

#### 3.1. MÁXIMO ABSOLUTO

Estandarización utilizada para diversos indicadores de las cadenas de impacto, la cual estandariza entre un valor de 0 a 1 de acuerdo con el máximo valor dado.

*Ecuación 1. Método de estandarización de máximo absoluto*

$$\text{índice}(x) = \frac{x}{\text{máx}(x)}, 0 \leq \text{índice}(x) \leq 1$$

Donde x es el dato por estandarizar y máx(x) es el conjunto de datos a estandarizar.

#### 3.2. MÍNIMO ABSOLUTO

Estandarización utilizada para algunos indicadores de las cadenas de impacto, la cual estandariza los datos entre un valor de 0 a 1 de acuerdo con el mínimo valor dado.

*Ecuación 2. Método de estandarización de mínimo absoluto*

$$\text{índice}(x) = \frac{\text{mín}(x)}{x}, 0 \leq \text{índice}(x) \leq 1$$



Donde  $x$  es el dato por estandarizar y  $\min(x)$  es el conjunto de datos a estandarizar.

### 3.3. ESCALADO DE DATOS CON MÍNIMOS Y MÁXIMOS

Utilizado para el indicador de la tendencia y diversidad de la cadena de desembarque de centolla. Esta estandarización permite estandarizar los datos mediante rangos previamente establecidos a través de la siguiente fórmula:

*Ecuación 3. Método de estandarización de mínimos y máximos*

$$X' = a + \frac{(X - X_{\min})(b - a)}{X_{\max} - X_{\min}}$$

Donde  $a$  es el valor mínimo del conjunto de datos,  $b$  el valor máximo del conjunto de datos,  $X_{\min}$  el mínimo del rango establecido para la estandarización y  $X_{\max}$  el máximo del rango establecido para la estandarización.

### 3.4. LOGARITMO NEPERIANO

Estandarización utilizada para algunos indicadores de las cadenas de impacto en las que el conjunto de datos a estandarizar presenta grandes variaciones entre sí.

*Ecuación 4. Método de estandarización del logaritmo neperiano*

$$\text{Índice de } (x) = \frac{\ln x}{\ln(\max(x))}$$

Donde  $x$  es el dato por estandarizar y  $\max(x)$  es el conjunto de datos a estandarizar.



## BIBLIOGRAFÍA

---

24 horas Chile. (2017). Se cierran circuitos de montaña en Torres del Paine por lluvias. Disponible en: <https://www.24horas.cl/nacional/se-cierran-circuitos-de-montana-en-torres-del-paine-por-lluvias-2323705>

Agüero, M. (2018). Efecto de la temperatura en la fisiología del Ostión Patagónico (*Zygochlamys patagónica*, King y Broderip, 1832), frente a un futuro escenario de cambio climático. Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/fca282e/doc/fca282e.pdf>

Aguirre, F., Squeo, F. A., López, D., D., R., Buma, B., Carvajal, D., Jaña, R., Casassa, G., & Rozzi, R. (2021). Gradientes Climáticos y su alta influencia en los ecosistemas terrestres de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 49. <https://doi.org/10.22352/aip202149012>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2019). La normativa que regula las concesiones de la salmonicultura. Disponible en: [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio%2F10221%2F27279%2F2%2FBCN la normativa que regula las concesiones de salmonicultura final.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio%2F10221%2F27279%2F2%2FBCN%20la%20normativa%20que%20regula%20las%20concesiones%20de%20salmonicultura%20final.pdf)

Boersma, P. D., & Rebstock, G. A. (2014). Climate Change Increases Reproductive Failure in Magellanic Penguins. *PLoS ONE*, 9(1), e85602. doi:10.1371/journal.pone.0085602

CONAF. (2021). Estadística año 2020 (ene-dic) visitantes unidades del SNASPE y otras unidades administradas por CONAF pero que no pertenecen al SNASPE. Disponible en: <https://www.conaf.cl/parques-nacionales/visitantes/estadisticas-de-visitacion/>

CONAF. (2022). Resumen Regional Ocurrencia (Número) y Daño (Superficie Afectada) por Incendios Forestales 1977 – 2022. Estadísticas históricas. Disponible en: <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

Cristofari, R. Liu, X. Bonadonna, F. Cherel, Y. Pistorius, P. Le Maho, Y. Raybaud, V. Stenseth, N. Le Bohec, C. Trucchi, E. (2018). Climate-driven range shifts of the king penguin in a fragmented ecosystem. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0084-2>

Cubillos Santander, L., Norambuena Cleveland, R., Soto Benavides, D., Jacques Coper, M., Simon Rodgers, J., & Carmona Montenegro, M. A. (2021). Manual de capacitación en adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura en Chile. FAO. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/33105>

Diario UACH. (2010). La zona de los fiordos en Chile. Ciencias. Disponible en: <https://diario.uach.cl/la-zona-de-los-fiordos-en-chile/>

Domínguez, D. Vega, D. (2015). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Punta Arenas: Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 33. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3576>

Fernández García, C. M. (2021). Cambios del área del glaciar Grey, Parque Nacional Torres del Paine, y su estudio a través de la climatología y la dendrocronología. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/186656>



Generadoras de Chile. (2022). Generación eléctrica en Chile. Disponible en: [http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile#:~:text=Sistema%20de%20Magallanes%20\(SEM\)%3A,y%2010%2C0%25%20e%2C3%B3lica](http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile#:~:text=Sistema%20de%20Magallanes%20(SEM)%3A,y%2010%2C0%25%20e%2C3%B3lica)

GIZ y EURAC 2016. *El Libro de la Vulnerabilidad Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. Bonn: GIZ.

GIZ y EURAC 2017. *Suplemento de Riesgo del Libro de la Vulnerabilidad. Guía sobre cómo aplicar el enfoque del Libro de la Vulnerabilidad con el nuevo concepto de riesgo climático del IE5 del IPCC*. Bonn: GIZ.

GORE Magallanes. (2020). Estrategia Regional de Desarrollo de Magallanes y Antártica Chilena. Disponible en: <https://www.goremagallanes.cl/sitioweb/documentos/ERD%20Magallanes2020.pdf>

Grech, A. Zaviezo, T. Simonetti-Grech, G. (2020). Manual de ciencia ciudadana para la biodiversidad de Magallanes. Kauyeken. Disponible en: <https://www.kauyeken.cl/post/manual-ciencia-ciudadana-para-la-biodiversidad-en-magallanes>

INE. (2022). Boletín de Pesca Región de Magallanes y la Antártica Chilena, Edición No 132. Disponible en: [https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-xii/estadisticas/pesca/boletines/2021/pes\\_dic\\_2021-\(3-0\).pdf?sfvrsn=edcb7c5c\\_4](https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-xii/estadisticas/pesca/boletines/2021/pes_dic_2021-(3-0).pdf?sfvrsn=edcb7c5c_4)

INFOR. (2023). Catastro de productos forestales no madereros del bosque nativo. Ministerio de Agricultura. Disponible en línea en: <http://www.pfnm.cl/catastro/catastopfnm.htm>

INIA.(2018). Calafate: En transición de “maleza” a superfruta. Revista Redagráfica 56. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/62932/NR41394.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto de Fomento Pesquero. (2019). El desafío de fortalecer la investigación para el desarrollo sustentable de la pesca en la región de Magallanes y la Antártica Chilena. Biblioteca del Senado.

Kol, H. (2020). Estado de la salmonicultura intensiva en la región de Magallanes. Programa Marino CODEFF. Disponible en: [https://aida-america.org/sites/default/files/featured\\_pubs/estado\\_de\\_la\\_salmonicultura\\_intensiva\\_en\\_magallanes\\_chile\\_18-01-25.pdf](https://aida-america.org/sites/default/files/featured_pubs/estado_de_la_salmonicultura_intensiva_en_magallanes_chile_18-01-25.pdf)

La Prensa Austral. (2023). Nieve obliga al cierre temporal del Parque Nacional Torres del Paine. <https://laprensaaustral.cl/2023/07/22/nieve-obliga-al-cierre-temporal-del-parque-nacional-torres-del-paine/>

Martínez, M. (2015). El krill, piedra angular del ecosistema marino antártico. Universidad de Magallanes. Disponible en: <http://www.umag.cl/gaiaantartica/?wpdmact=process&did=MTQ3LmhvdGxpbnms=>

Martínez, R. (2021). Ostión del Sur especie de linaje genético único. El Magallanes. Ciencias. Disponible en: <http://www.umag.cl/vcm/wp-content/uploads/2021/05/Reportaje->



[osti%C3%B3n-del-sur.pdf](#)

Mendoza, M. (2006). Los efectos del cambio climático en la agricultura chilena. Chile Riego, (27): 13-19, 2006. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/12971>

Meza, F. (2017). Estimación de costos asociados a la seguridad hídrica en la agricultura como medida de adaptación al cambio climático en Chile: Un estudio en el contexto del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/41783>

Minagri. (2023). Comité de emergencias del agro resuelve cierre del Parque Nacional Torres del Paine. Disponible en: <https://www.conaf.cl/comite-de-emergencias-del-agro-resuelve-cierre-del-parque-nacional-torres-del-paine/>

MMA. (2015a). Diagnóstico Estado y tendencias de la biodiversidad: Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Disponible en: <https://biblioteca.cehum.org/bitstream/CEHUM2018/1699/1/Salinas.%20Diagn%C3%B3stico%20del%20estado%20y%20tendencia%20de%20la%20biodiversidad%2C%20Regi%C3%B3n%20de%20Magallanes%20y%20de%20la%20Ant%C3%A1rtica%20Chilena.pdf>

MMA. (2015b). Seremi del Medio Ambiente de Magallanes destaca la importancia de los humedales en conmemoración mundial de su día. Noticias. Disponible en: <https://mma.gob.cl/seremi-del-medio-ambiente-de-magallanes-destaca-la-importancia-de-los-humedales-en-conmemoracion-mundial-de-su-dia/>

MMA. (2015c). Fiordos chilenos capturan 13% del carbono orgánico del país. Noticias. Disponible en: <https://mma.gob.cl/fiordos-chilenos-capturan-13-del-carbono-organico-del-pais/>

MMA. (2018). Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022. Disponible en: [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/11/Plan\\_humedales\\_Baja\\_confrase\\_VERSION-DEFINITIVA.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/11/Plan_humedales_Baja_confrase_VERSION-DEFINITIVA.pdf)

Montiel, A. (2019). Magallanes, Región de Humedales. Anales Instituto de la Patagonia. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2019000100005>

Mora-Soto, A., Aguirre, C., Iriarte, J. L., Palacios, M., Macaya, E. C., & Macias-Fauria, M. (2022). A song of wind and ice: Increased frequency of marine cold-spells in southwestern Patagonia and their possible effects on giant kelp forests. Journal of Geophysical Research: Oceans, 127, e2021JC017801. <https://doi.org/10.1029/2021JC017801>

National Geographic. (2021). Lo que ocultan los fiordos de la Patagonia. Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-ocultan-fiordos-patagonia\\_16848](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-ocultan-fiordos-patagonia_16848)

ODEPA. (2023). Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Disponible en: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/8968/Magallanes.pdf?sequence=28&isAllowed=y>

Palma, L. (2019). Cambio climático podría afectar la reproducción de la centolla. Diario UACH. Disponible en: <https://diario.uach.cl/cambio-climatico-podria-afectar-la-reproduccion-de-la-centolla/>

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2020). Los Castores en Chile: una especie



invasora que ha causado grandes daños. Facultad de Ciencias Biológicas. Disponible en: <https://biologia.uc.cl/los-castores-en-chile-una-especie-invasora-que-ha-causado-grandes-danos/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20proyecto%20GEF%20Castor,nativo%20invasoras%20por%20el%20castor.>

Salas, L. LaRue, M. (2021). Ice matters: Life-history strategies of two Antarctic seals dictate climate change eventualities in the Weddell Sea. Global Change Biology. <https://doi.org/10.1111/gcb.15828>

SERNAPESCA. (s.f.a). Acuicultura de pequeña escala APE. Disponible en: <http://www.sernapesca.cl/tramites-formularios/acuicultura-de-pequena-escala-ape>

SERNAPESCA. (s.f.b). Foca leopardo. Disponible en: [http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/importacion/rescateyconservacion/fichasespecies\\_conservacion/pinnipedos/focaleopardo.pdf](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/importacion/rescateyconservacion/fichasespecies_conservacion/pinnipedos/focaleopardo.pdf)

SERNAPESCA. (s.f.c). Pingüino de Magallanes. Disponible en: [http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/importacion/rescateyconservacion/fichasespecies\\_conservacion/pinguinos/pinguinodemagallanes.pdf](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/importacion/rescateyconservacion/fichasespecies_conservacion/pinguinos/pinguinodemagallanes.pdf)

SERNATUR. (2014). Plan de acción regional de Magallanes y la antártica chilena sector turismo 2014-2018. Disponible en: <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2018/10/Plan-de-Accio%CC%81n-Magallanes.pdf>

Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos. (s.f). Bosques de Chile – Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Disponible en: <https://simef.minagri.gob.cl/herramientas/informacion-de-bosques-de-chile/pdf/12>

Subturismo. (2019). Anuario de turismo 2018. Disponible en: <https://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2015/10/Anuario-de-Turismo-2018.pdf>

WCS Chile (2020). Diseño de una hoja de ruta para la conservación y gestión sustentable de turberas de Chile. Informe final. Disponible en: <https://humedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/02/Hoja-Ruta-Turberas-VF2.pdf>

WCS Chile, (2021). Bosques submarinos de la Patagonia se mantienen intactos hace 200 años a pesar de la crisis climática global. Noticias. Disponible en: <https://chile.wcs.org/Nosotros/Noticias/ID/16453/Bosques-submarinos-de-la-Patagonia-se-mantienen-intactos-hace-200-anos-a-pegar-de-la-tesis-climatica-global.aspx>



Financiado por  
la Unión Europea



**FIIAPP**  
COOPERACIÓN ESPAÑOLA

