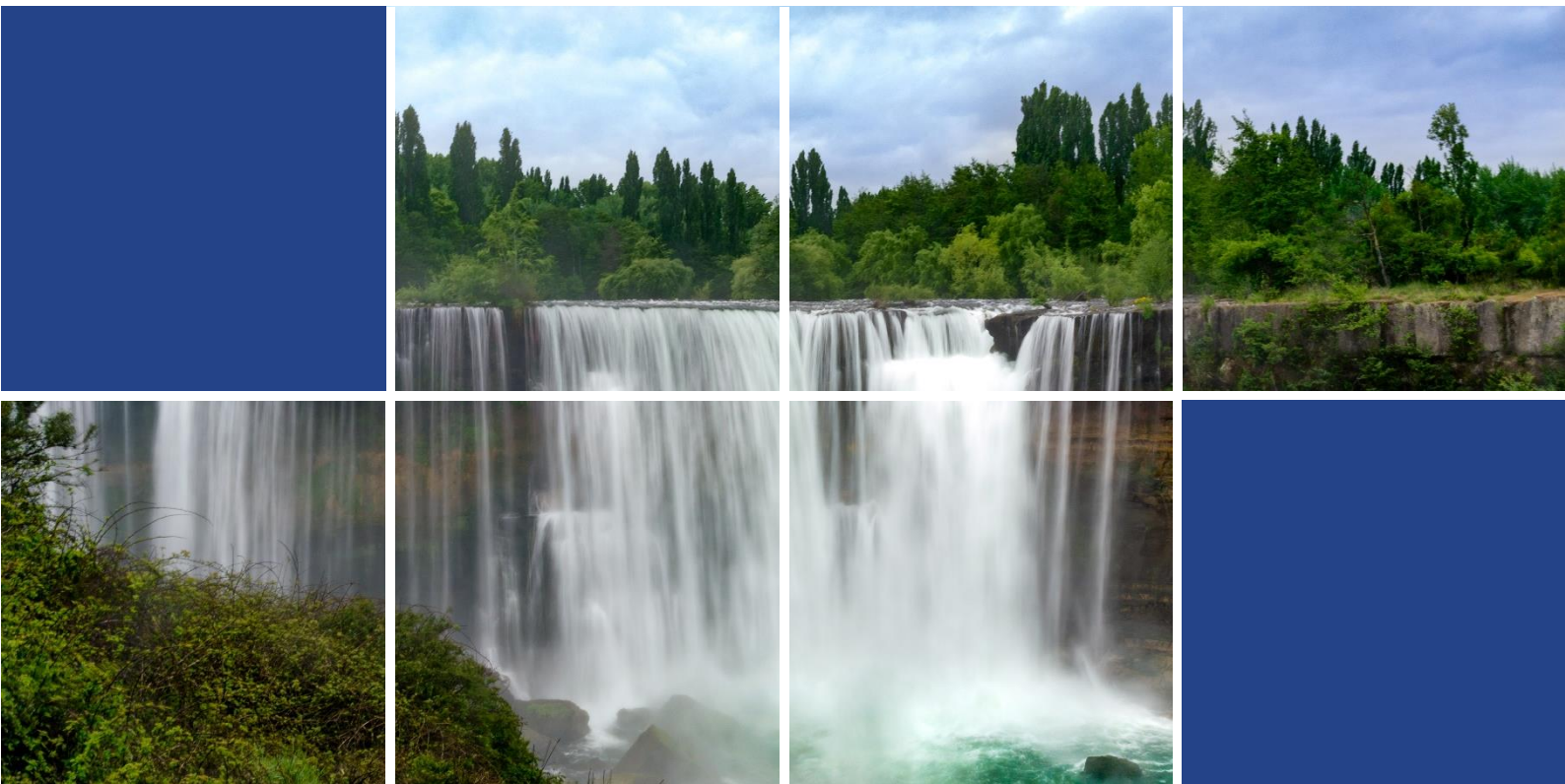




Proceso participativo para la evaluación del riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Informe final



Elaborado para:



Consultoría:

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal.

Cliente:

Ministerio del Medio Ambiente (MMA)

Dirección: San Martín 73, Santiago

Teléfono: +56 2 2573 5800

<https://mma.gob.cl/>

Elaborado por:

DEUMAN

Dirección: Av. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

Teléfono: +56 2 32247478

www.deuman.com

Dato de contacto:

Kathiana Aznarán

Correo: kaznaran@deuman.com

Lugar y fecha de presentación:

Santiago, 03 de julio del 2023.

Índice

Índice.....	2
Índice de figuras	4
Índice de tablas.....	5
1. Introducción.....	6
2. Talleres participativos.....	7
2.1. Aspectos generales.....	7
2.1.1. Metodología propuesta: Dinámicas de trabajo.....	7
2.1.2. Priorización de sectores.....	9
2.2. Resultados.....	10
2.2.1. Región del Biobío.....	12
2.2.1.1. Sector poblaciones y bienestar humano.....	12
2.2.1.2. Sector pesca e infraestructura costera.....	12
2.2.1.3. Sector silvoagropecuario.....	13
2.2.1.4. Sector turismo y biodiversidad.....	14
2.2.2. Comuna de Coronel.....	14
2.2.2.1. Sector poblaciones y bienestar humano.....	14
2.2.2.2. Sector pesca e infraestructura costera.....	15
2.2.2.3. Sector silvoagropecuario.....	15
2.2.2.4. Sector turismo y biodiversidad.....	15
3. Análisis de resultados del taller.....	17
3.1. Validación de riesgos existentes.....	17
3.1.1. Poblaciones y bienestar humano.....	17
3.1.2. Pesca e infraestructura portuaria.....	19
3.1.3. Silvoagropecuario.....	20
3.1.4. Turismo y biodiversidad.....	21
3.2. Identificación de nuevas cadenas de impacto y brechas de información.....	22
3.2.1. Poblaciones y bienestar humano.....	23
3.2.2. Pesca e infraestructura portuaria.....	23
3.2.3. Silvoagropecuario.....	25
3.2.4. Turismo y biodiversidad.....	26
4. Evaluación de cadenas de impacto.....	28
4.1. Selección de cadenas de impacto.....	28
4.2. Metodología para el cálculo del riesgo.....	29
4.2.1. Definición de la cadena de impacto.....	29
4.2.2. Cálculo del riesgo climático.....	30
4.3. Fichas técnicas de cálculo.....	31

4.3.1.	Sector pesca e infraestructura costera	31
4.3.1.1.	CDI 1. Pérdida de recursos hidrobiológicos.....	31
4.3.1.2.	CDI 2. Afectación a la recolección de orilla.....	35
4.3.2.	Sector turismo y biodiversidad.....	37
4.3.2.1.	CDI 3. Degradación de humedales.....	37
4.3.2.2.	CDI 4. Pérdida de atractivo turístico por desglaciación.....	39
4.4.	Matriz de riesgo.....	42
4.5.	Brechas de información.....	45
4.6.	Objetivos de adaptación.....	49
5.	Conclusiones.....	53
Anexos.....		54
Anexo 1.	Evidencias talleres participativos.....	54
Anexo 2.	Metodología de estandarización	54
Anexo 3.	Metadata de cálculo de riesgo realizado.....	55
Referencias bibliográficas		56

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de la Dinámica 1 (izquierda) y Dinámica 2 (derecha)	8
Figura 2. Mesas de trabajo propuestas.....	9
Figura 3. Asistentes a los talleres participativos desarrollados en la región del Biobío	10
Figura 4. Problemáticas priorizadas para el sector poblaciones y bienestar humano – Región de Biobío	12
Figura 5. Problemáticas priorizadas para el sector pesca e infraestructura costera – Región de Biobío	13
Figura 6. Problemáticas priorizadas para el sector silvoagropecuario – Región del Biobío.....	13
Figura 7. Problemáticas priorizadas para el sector turismo y biodiversidad – Región del Biobío	14
Figura 8. Problemáticas priorizadas para el sector poblaciones y bienestar humano – Comuna de Coronel	15
Figura 9. Problemáticas priorizadas para el sector pesca e infraestructura costera – Comuna de Coronel	15
Figura 10. Problemáticas priorizadas para el sector silvoagropecuario – Comuna de Coronel.....	15
Figura 11. Problemáticas priorizadas para el sector turismo y biodiversidad – Comuna de Coronel...	16
Figura 13. Definición de cadena de impacto.....	29
Figura 13. Pasos claves para la construcción de una cadena de impacto viable.....	30

Índice de tablas

Tabla 1. Talleres participativos desarrollados en la región de Biobío	7
Tabla 2. Sectores previamente priorizados y su relación con las mesas de trabajo propuestas	9
Tabla 3. Problemática 1 – Poblaciones y bienestar humano	17
Tabla 4. Problemática 2 – Poblaciones y bienestar humano	18
Tabla 5. Problemática 3 – Poblaciones y bienestar humano	18
Tabla 6. Problemática 4 – Poblaciones y bienestar humano	19
Tabla 7. Problemática 1 – Pesca e infraestructura costera	19
Tabla 8. Problemática 2 – Pesca e infraestructura costera	20
Tabla 9. Problemática 1 – Silvoagropecuario	21
Tabla 10. Problemática 1 – Turismo y biodiversidad	21
Tabla 11. Problemática 2 – Turismo y Biodiversidad	22
Tabla 12. Problemática nueva 1 – Poblaciones y bienestar humano	23
Tabla 13. Problemática nueva 2 – Poblaciones y bienestar humano	23
Tabla 14. Problemática nueva 1 – Pesca e infraestructura costera	24
Tabla 15. Problemática nueva 2 – Pesca e infraestructura costera	24
Tabla 16. Problemática nueva 3 – Pesca e infraestructura costera	24
Tabla 17. Problemática nueva 1 – Silvoagropecuario	25
Tabla 18. Problemática nueva 2– Silvoagropecuario	25
Tabla 19. Problemática nueva 2 – Turismo y biodiversidad	26
Tabla 20. Problemática nueva 3 – Turismo y biodiversidad	26
Tabla 21. Selección de cadena de impacto	28
Tabla 22. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Pérdida de recursos hidrobiológicos	31
Tabla 23. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Afectación a la recolección de orilla	35
Tabla 24. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Degradación de humedales	37
Tabla 25. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Pérdida de atractivo turístico por desglaciación	39
Tabla 26. Matriz de riesgo de CDI calculadas	42
Tabla 27. Matriz de riesgo de CDI estandarizadas de Arclim	43
Tabla 28. Brechas de información de las CDI calculadas	45
Tabla 29. Brechas de información de CDI no calculadas	46
Tabla 30. Medidas de adaptación para la CDI	49

1. Introducción

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Chile es un país de alta vulnerabilidad al cambio climático ya que cuenta con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciados por la CMNUCC: áreas de borde costero de baja altura, áreas áridas, semiáridas y de bosques, susceptibilidad a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos como las cordilleras de la costa y de los andes. Sumado a la anterior se encuentra la fuerte dependencia que tienen las principales actividades socioeconómicas del país al clima y a la disponibilidad del recurso hídrico.

En cuanto a la región del Biobío, se ha identificado que las amenazas climáticas con mayor probabilidad de ocurrencia y que se verán intensificadas por cuenta del cambio climático en el territorio regional, y en especial en Gran Concepción, serán las inundaciones, eventos de remoción en masa como aluviones, deslizamientos y flujos de detritos y mareas altas y oleajes fuertes.

Por lo anterior, desde el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) se vienen adelantado esfuerzos para impulsar la evaluación de la vulnerabilidad y riesgos al cambio climático en la región con el fin fortalecer y acelerar los procesos de adaptación, como ha sido el caso del reciente estudio llevado a cabo para la comuna de Coronel “Vulnerabilidad climática regional y opciones de mitigación y adaptación con énfasis en el borde costero: Caso de estudio comuna Coronel”.

En este contexto, el Ministerio del Medio Ambiente tiene como objetivo evaluar el riesgo climático para la región del Biobío y en particular para la comuna de Coronel mediante el desarrollo de procesos participativos con la comunidad. Por ello, dentro del marco del proyecto “Proceso participativo para la evaluación del riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de las nuevas cadenas de impacto a escala comunal” se llevaron a cabo 6 talleres participativos en la región de Biobío con el fin de identificar desde la perspectiva de las comunidades, los riesgos climáticos que los afectan y determinar los componentes de las cadenas de impacto para realizar la evaluación o cálculo de dichos riesgos.

El presente documento representa el informe final de la consultoría, en el cual se muestran los resultados y procesamiento de lo obtenido durante el desarrollo de los talleres participativos para el cálculos del riesgo.

2. Talleres participativos

2.1. Aspectos generales

Del 25 de abril al 11 de mayo se realizaron 6 talleres en la región del Biobío que tuvieron por objeto evaluar el riesgo climático para la región del Biobío y en particular para la comuna de coronel, a través de un proceso participativo con la comunidad. En la Tabla 1, se detalla información sobre cada uno de los talleres desarrollados.

Tabla 1. Talleres participativos desarrollados en la región de Biobío

Actividad	Fecha	Horario	Comuna	Lugar
Comité Regional de Cambio Climático	25/04/23	10:30 a.m.	Concepción	Auditorio de la Sede de la Universidad de las Américas, Av. Chacabuco 539, Concepción
Público en general para la provincia de Concepción	25/04/23	2:30 p.m.	Concepción	Auditorio de IRADE, Chacabuco 278, Concepción.
Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) de Coronel	27/04/23	9:30 p.m.	Coronel	Bannen #70 séptimo piso, Edificio Consistorial, municipalidad de Coronel.
Público en general Coronel	27/04/23	3:00 p.m.	Coronel	Basterrechea 599, Lo Rojas, Coronel.
Público en general para la provincia de Biobío	28/04/23	10:00 a.m.	Los Ángeles	Delegación Presidencial Provincial de Biobío en Caupolicán N° 410, Los Ángeles
Público en general para la provincia de Arauco	11/05/2023	10:00 a.m.	Taller virtual	Plataforma Zoom ¹

Fuente: Elaboración propia.

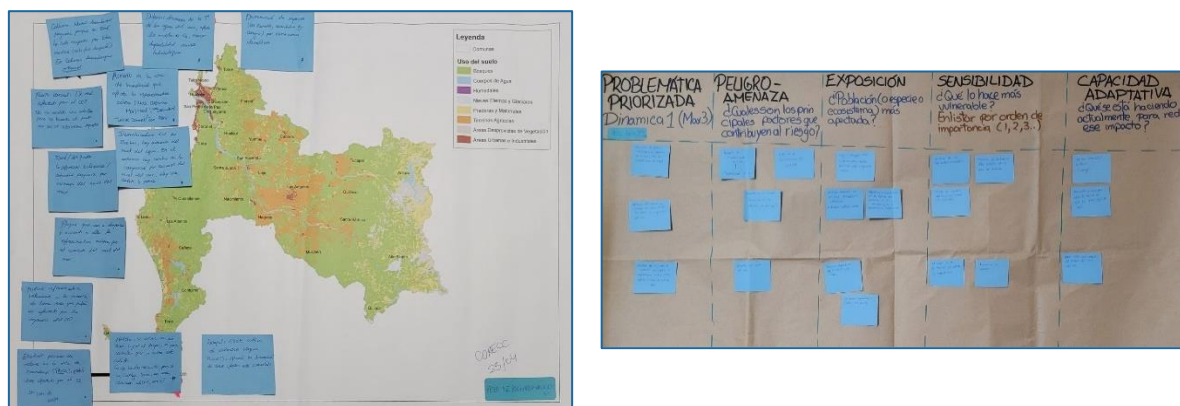
2.1.1. Metodología propuesta: Dinámicas de trabajo

Para el desarrollo de las dinámicas de trabajos los participantes fueron agrupados en 4 mesas de trabajo correspondientes a las siguientes temáticas o sectores: silvoagropecuario; pesca e infraestructura costera; turismo y biodiversidad; y poblaciones y bienestar humano.

Para la primera dinámica los participantes de cada mesa discutieron sobre las principales problemáticas relacionadas al cambio climático que se han evidenciado en la región y que han impactado en el sector/temática en la que participaban. Las problemáticas identificadas debían ser anotadas en post it y dispuestas en el lugar geográfico asociado en los mapas temáticos que se entregaron a cada mesa. Finalmente, en esta actividad los participantes eligieron entre 3 y 4 problemáticas que consideraron de mayor importancia en la región.

¹ Para el caso de la provincia de Arauco, durante la logística de los eventos se convocó a taller presencial que tendría lugar el miércoles 27 de abril en horas de la tarde en el Auditorio del Centro Cultural de Arauco. Sin embargo, al evento asistieron solo 6 personas y por falta de quórum se decidió reprogramar el taller. Este finalmente, se realizó el jueves 11 de mayo mediante la plataforma zoom para favorecer la participación de un mayor público de la provincia.

Figura 1. Ejemplo de la Dinámica 1 (izquierda) y Dinámica 2 (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, para el desarrollo de la segunda dinámica, las problemáticas priorizadas previamente fueron copiadas y colocadas en la primera columna del papelote con el que cada mesa contaba. Para cada problemática los participantes definieron cada uno de los componentes de la cadena de impacto (Peligro, exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa). Cada componente identificado para las cadenas debía ser anotado en post it y organizado en las columnas correspondientes en el papelote.

Box 1. Preguntas guía para la definición de problemáticas y cadenas de impacto

Para facilitar la definición de las problemáticas, los moderadores de cada mesa plantearon las siguientes preguntas a los participantes:

- ¿Cómo se ha visto afectado el sector al cambio climático?, por ejemplo, el aumento de marejadas ha producido el cierre del puerto que afecta a la pesca.
- ¿Qué problemas enfrenta actualmente la región/ provincia/ comuna en relación con los cambios en la variación del clima?, por ejemplo, inundaciones constantes por aumento de precipitaciones en la comuna de Coronel.
- ¿Qué eventos climáticos e impactos han presenciado en los últimos años que antes no ocurrían y cómo esto ha impactado en el sector analizado?
- ¿Han aumentado enfermedades (o muertes), pérdidas económicas, de biodiversidad, de ecosistemas, producto de un evento climático?, por ejemplo, pérdidas económicas en el sector turismo por la pérdida del atractivo turístico en zonas glaciarias.

Luego, para la segunda dinámica, los moderadores plantearon las siguientes preguntas, que facilitaron la definición de cada uno de los componentes de las cadenas:

- **Peligro climático:** ¿Cuáles han sido las señales climáticas evidenciadas en la región?
- **Exposición:** ¿Qué se ve o verá afectado (puede ser personas, fauna, flora, ecosistemas, lugares, infraestructura)?
- **Sensibilidad:** ¿Qué lo hace susceptible o vulnerable a diferencia de otros? Por ejemplo, atributos físicos (material de construcción de casas, tipo de suelo en campos agrícolas), atributos sociales, económicos y culturales (estructura de edad o de ingresos).
- **Capacidad adaptativa:** ¿Cuáles son las acciones o medidas que se vienen adelantando para reducir los impactos del cambio climático determinados previamente? Incluyendo avances tecnológicos, educación/conocimiento, institucionales y/o económicos.

2.1.2. Priorización de sectores

Para la designación de sectores con los cuales se formarán las mesas de trabajo en los talleres, se utilizaron los resultados obtenidos en la consultoría técnica de *Estudio de Vulnerabilidad Climática Regional y de las opciones de mitigación y adaptación con énfasis en el borde costero: “Caso de estudio Comuna de Coronel”*. Esta priorización identificó como sectores prioritarios en base al tamaño de la actividad, potencial de desarrollo futuro, producto interno bruto (PIB) y el nivel del riesgo:

Como resultado se priorizaron sectores productivos a nivel regional y para la comuna de Coronel (ver Tabla 2). Sin embargo, para fines de la actual consultoría y de generar mesas de trabajo en los talleres se modificaron los nombres de los sectores con el fin de obtener mayor alcance, así como de responder a los planes sectoriales de adaptación al cambio climático (PS Adaptación).

En ese sentido, se propuso unir los sectores en 4 mesas de trabajo, como se indica en la Figura 2.

Figura 2. Mesas de trabajo propuestas

Sector pesca e infraestructura costera	Poblaciones y bienestar humano	Sector silvoagropecuario	Turismo y biodiversidad
<ul style="list-style-type: none"> Sector pesca priorizado para la comuna de Coronel. Se agrega el factor de infraestructura costera por estar asociado a toda la región el litoral marítimo / costero. Responde al PS Adaptación del sector pesca y acuicultura, así como infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> En referencia al sector priorizado salud y bienestar, como de vivienda y construcción. En respuesta al sector PS Adaptación de ciudades y salud. 	<ul style="list-style-type: none"> Relacionado al sector forestal priorizado a nivel regional y comuna de Coronel. A este se añade sector agricultura y ganadería, en respuesta al PS Adaptación silvoagropecuario. 	<ul style="list-style-type: none"> Se añade el factor biodiversidad por la importancia en el sector turismo. Responde al PS Adaptación para la biodiversidad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Sectores previamente priorizados y su relación con las mesas de trabajo propuestas

	Sector priorizado	Descripción (*)	Mesa de trabajo
Nivel región	Turismo	Por el riesgo climático a la pérdida de flora y fauna. Relevancia del turismo de naturaleza y litoral.	Turismo y biodiversidad
	Forestal	Aporte económico (representación del 5% del PBI regional) y 60% del PIB forestal nacional. Mayor tamaño de la actividad por la superficie cultivada (plantaciones y bosque nativo). Nivel de riesgo alto a incendios forestal y pérdida de verdor en plantaciones.	Silvoagropecuario
	Salud y bienestar	Aporte del 17% PIB regional (categoría “servicios personales”). Representa un riesgo alto relacionado a la seguridad hídrica doméstica rural y urbana, los efectos por olas de calor e islas de calor urbanas.	Poblaciones y bienestar humano
	Vivienda y construcción	Aporte del 19% PIB regional, el cual incluye construcción y servicios de vivienda e inmobiliarios. Representa un riesgo alto en los anegamientos en asentamientos costeros e inundaciones.	Poblaciones y bienestar humano
Nivel comuna Coronel	Turismo	Un alto nivel de riesgo por la pérdida de flora y fauna por la variación de precipitación y temperatura. Presenta atractivos turísticos importantes como valles, humedales, balnearios e insulares.	Turismo y biodiversidad
	Manufactura	Presenta el parque industrial en el borde costero amenazados por el aumento del nivel del mar y marejadas. Relacionado al sector forestal (industria de	Silvoagropecuario

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

	Sector priorizado	Descripción (*)	Mesa de trabajo
		pulpa de madera y celulosa) y pesquero (empresas de astillado).	Pesca e infraestructura costera
	Pesca	La comuna presentó para el 2020 más del 50% de desembarques de recursos hidrobiológicos de la región. Presenta actividad pesquera artesanal e industrial.	Pesca e infraestructura costera
	Forestal	El 70% del territorio comunal presenta recursos forestales (65% plantaciones de pino y eucalipto). Potencial para la preservación de especies nativas.	Silvoagropecuario

Nota: (*) Descripción de los resultados de priorización del Estudio de Vulnerabilidad referenciado.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del Estudio de Vulnerabilidad Climática Regional y de las opciones de mitigación y adaptación con énfasis en el borde costero: "Caso de estudio Comuna de Coronel".

2.2. Resultados

En base a los resultados de los talleres realizados en la región, se presentan las problemáticas identificadas por las mesas de trabajo y los componentes de las cadenas de impacto (peligro, exposición, vulnerabilidad), resultados que han sido modificados para el cumplimiento de las definiciones respectivas de dichos componentes. A continuación, en la figura 3, se evidencian los grupos de trabajo de los eventos y la organización en mesas sectoriales en los que se organizaron a los asistentes para el desarrollo de las dinámicas.

Figura 3. Asistentes a los talleres participativos desarrollados en la región del Biobío



Taller con el CRAS de Coronel - Plenaria



Taller en la Comuna de Coronel - Plenaria



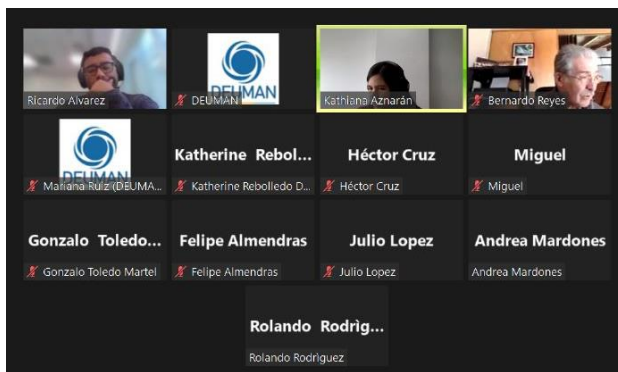
Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Taller en la Provincia de Concepción – Mesa de pesca e infraestructura pesquera

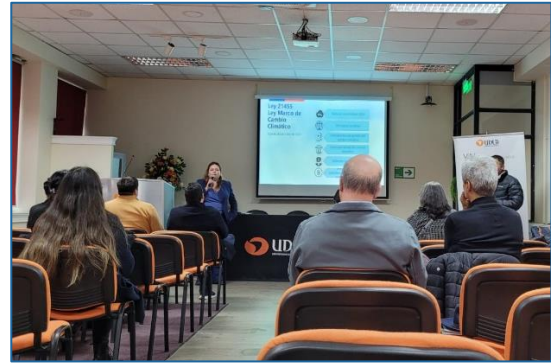


Taller en la Provincia de Biobío – Plenaria

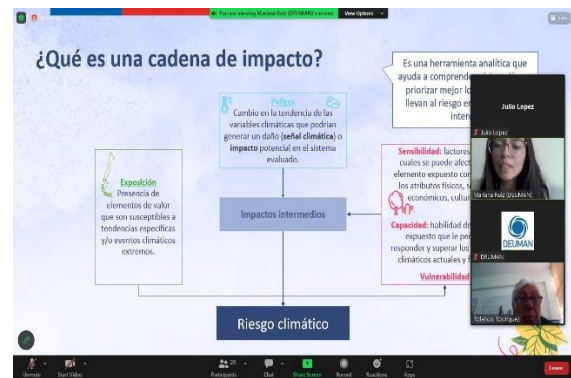


Taller en la Provincia de Arauco – Plenaria

Taller en la Provincia de Concepción – Mesa de Turismo y Biodiversidad



Taller con el CORECC – Plenaria



Taller en la Provincia de Arauco – Plenaria

2.2.1. Región del Biobío

De acuerdo con la información recopilada en los procesos participativos, para la región fueron identificadas varias problemáticas para cada uno de los sectores o mesas temáticas, que se detallan a continuación.

2.2.1.1. Sector poblaciones y bienestar humano

Se identificaron diferentes problemáticas asociadas al cambio climático, de las cuales, se llegaron a priorizar las siguientes:

Figura 4. Problemáticas priorizadas para el sector poblaciones y bienestar humano – Región de Biobío

1. Aumentos de inundaciones por marejadas que afectan a las zonas costeras como en Tomé y Dichato (CORECC)
2. Inundaciones cada vez más potentes porque los humedales están afectados (Región)
3. Crisis hídrica en el sector rural en la depresión intermedia (Región)
4. Islas de calor urbano (Prov. Concepción)
5. Impacto en la infraestructura residencial/ sector por el aumento de lluvias más intensas. (Prov. Concepción)
6. Incendios forestales (aumento) (Prov. Concepción)
7. Aumento de consumo eléctrico por islas de calor – menos temperaturas invernales (Prov. Biobío)
8. Pérdida de agua en las napas subterráneas, que se exacerba por pérdida de cobertura forestal, que ayuda a la permeabilización del agua por baja precipitación promedio anual (Prov. Arauco)
9. Disminución en el caudal de agua afecta a servicios ambientales como servicios de tratamiento de agua, crítico para los APR (más afectados), agua disponible para la población (Prov. Arauco)
10. Riesgo a la salud de las poblaciones por disminución de la disponibilidad hídrica (Prov. Arauco)
11. Isla frente a Lebu que podría verse afectado por el aumento del nivel del mar y porque no tienen facilidad de disponibilidad hídrica. También afectada por seguridad alimentaria (Prov. Arauco)

2.2.1.2. Sector pesca e infraestructura costera

A partir de las problemáticas identificadas en las mesas participativas del sector, mediante común acuerdo de los participantes, se llegaron a priorizar las siguientes problemáticas:

Figura 5. Problemáticas priorizadas para el sector pesca e infraestructura costera – Región de Biobío

1. Disminución de recursos hidrobiológicos por cambio en las condiciones del mar

- Impactos en la caleta de Dichato (Región)
- Aumento de temperaturas de la superficie del mar que generan cambios en la distribución de los recursos pesqueros (reineta, jaiba - zona costera, algas y mariscos, otros). En el Puerto de Arauco se ha visto menos recursos marinos y más varazones. Aumento en la frecuencia de fenómenos de marea roja por el aumento temperatura del mar que afecta la disponibilidad de recursos marinos (Prov. Arauco)

2. Afectación del estuario por aumento del nivel del mar que afecta la composición del mismo (Región)

3. Aumento de la cota de inundación que afecta la infraestructura costera

- Afectación de caletas y caseríos costeros por aumento del nivel mar y oleajes (Prov. Arauco)
- Aumento de la cota de inundación afecta a las vías, caletas y otras infraestructuras (Región)

4. Acidificación que genera pérdida ecológica y riesgo de seguridad alimentaria (Prov. Concepción)

5. Riesgo al tránsito de embarcaciones por la presencia de barras costeras debido a la disminución del caudal en la desembocadura de ríos

- Barras de los ríos están cerrando la salida al mar por la crisis hídrica generando inseguridad de la navegación y de la obtención de recursos para subsistir en la desembocadura del río Biobío y Lebu (Prov. Concepción)
- Salida de las embarcaciones menores de Lebu hacia el mar están sujetas a la alta marea. Cuando hay bajas mareas existen barras (Prov. Arauco)

6. Afectación de la recolección costera (algas, almejas) por el aumento del nivel del mar (Prov. Arauco)

7. En el Puerto de Arauco se ha visto menos recursos marinos y más varazones (Prov. Arauco)

8. Riesgo al tránsito de embarcaciones por el aumento de marejadas anormales (de mar adentro) afectando a la infraestructura costera (Prov. Concepción)

2.2.1.3. Sector silvoagropecuario

A continuación, se presentan las problemáticas que fueron priorizadas mediante consenso general, como resultado del proceso participativo desarrollado por las mesas del sector silvoagropecuario.

Figura 6. Problemáticas priorizadas para el sector silvoagropecuario – Región del Biobío

1. Afectación de los incendios forestales

- Incremento de conflictividad de los incendios rurales que impactan al sector silvoagropecuario (cultivos y alimento de animales) (Región)
- Incendios forestales (Laja y Nacimiento) con mayor frecuencia y magnitud por aumento de T° pero también por la presencia de combustibles vegetales (monocultivos altos) (Cordón Santa Juana) (Prov. Biobío)
- Aumento de incendios forestales producto de sequías y aumento de temperatura, así como la fragmentación del bosque nativo (Prov. Concepción)
- Aumento de sequías (que genera combustible vegetal) aumentando la magnitud de los incendios forestales afectando a los pequeños y medianos propietarios que viven cerca al bosque, incluyendo a las cooperativas de PFM (Prov. Arauco)

2. Déficit hídrico y sequías

- Cambios en los patrones de precipitaciones generando sequías que afectan al rendimiento de los cultivos (Región)
- Déficit hídrico en Yumbel hace que no exista diversidad de tipo de cultivos (extraen agua de Cabreros) (Prov. Biobío)
- Afectación del riego de cultivos por falta de disponibilidad hídrica (Prov. Biobío)
- Sequía trae problemas para especies (como el roble y bosque esclerófilo) (Prov. Biobío)

3. Precipitación extrema que genera erosión de suelo afectando a la productividad agrícola (Región y Prov. Concepción)

4. Aparición de nuevas plagas

- Las plantaciones forestales generan más plagas (gusano foliador "Hormiscodes ananoma") (Prov. Concepción)
- Aumento de plagas por aumento de temperaturas (Región)

5. Cambios en la productividad (aumento) de especies por disponibilidad de CO₂ e incremento de temperaturas (Prov. Arauco)

2.2.1.4. Sector turismo y biodiversidad

De acuerdo con lo discutido en las mesas participativas de los sectores turismo y biodiversidad, se identificaron múltiples problemáticas que se evidencian tanto a nivel regional, como en las provincias puntualmente. Las problemáticas priorizadas mediante consenso general de las mesas de trabajo se detallan a continuación.

Figura 7. Problemáticas priorizadas para el sector turismo y biodiversidad – Región del Biobío

1. Afectación de especies por el aumento de temperaturas

- Bosques nativos fragmentados por incremento de temperaturas, como la Araucanía, y afectación a su biodiversidad como hongos y zorros (Prov. Arauco)
- Pérdida de especies en el corredor biológico Parque Nacional Laja (Prov. Biobío)
- Pérdida de hábitat por el aumento de temperaturas (Prov. Concepción)

2. Pérdidas de biodiversidad por la intensificación de incendios forestales

- Aumento del desplazamiento y pérdida de la biodiversidad por el incremento de incendios forestales (Prov. Biobío)
- Materia combustible (pasturas secas, plantaciones forestales) exacerbando la expansión y magnitud de los incendios forestales afectando a la biodiversidad (Prov. Arauco)

3. Afectación de la disponibilidad hídrica y pérdida de la belleza paisajística por el aumento de sequías y aumento de la desglaciación (Prov. Biobío)

4. Pérdida de biodiversidad por disminución de precipitaciones

- La producción de papa afectada porque proliferan gusanos por falta de disponibilidad agua (Productividad de baja escala). Sensibilidad por el tipo de cultivo (Prov. Arauco)
- Déficit hídrico intensificado por el uso intensivo del recurso (Región)
- Pérdida de servicios ecosistémicos por disminución de precipitaciones (Prov. Concepción)

5. Pérdida de la biodiversidad marina (Prov. Concepción)

6. Afectación del turismo de paisaje por intensificación de incendios

- Afectación del turismo de paisaje porque las carreteras están cortadas, mayores incendios. En Contulmo el servicio de turismo ha manifestado la baja de demanda turística (Parque Nahuelbuta) (Prov. Arauco)

7. Afectación al turismo por disponibilidad hídrica

- Afectación de disponibilidad de changle (tipo de hongo) que afecta al turismo cultural por disponibilidad hídrica - Cañete
- Producción de papa afectada también afecta al turismo "gastronómico" afecta la identidad de la comuna (turismo cultural)- Cañete (Prov. Arauco)

2.2.2. Comuna de Coronel

De acuerdo con la información recopilada en los 2 procesos participativos desarrollado en la comuna, para Coronel, se identificaron varias problemáticas en cada uno de los sectores o mesas temáticas, que se detallan a continuación.

2.2.2.1. Sector poblaciones y bienestar humano

De acuerdo con lo discutido en las mesas participativas del sector poblaciones y bienestar humano, se identificaron diferentes problemáticas asociadas al cambio climático. Del total de problemáticas propuestas, mediante consenso general en cada taller se llegaron a priorizar las siguientes problemáticas:

Figura 8. Problemáticas priorizadas para el sector poblaciones y bienestar humano – Comuna de Coronel

1. Aumento de sequías que incrementa la inseguridad hídrica
2. Aumento de lluvias torrenciales en invierno que genera inundaciones en calles (canaletas sin mantenimiento)
3. Aumento del nivel del mar, trombas, oleajes fuertes generan anegamiento de casas costeras
4. Aumento de temperatura que afecta el confort térmico (más tiempo de verano)
5. Intensificación de incendios forestales por el aumento de temperaturas

2.2.2.2. Sector pesca e infraestructura costera

A partir de las problemáticas identificadas en las mesas participativas del sector, mediante común acuerdo de los participantes, se llegaron a priorizar las siguientes problemáticas:

Figura 9. Problemáticas priorizadas para el sector pesca e infraestructura costera – Comuna de Coronel

1. Erosión del borde costero (Playa Escuadrón) que afecta el cordón dunario y en incremento de marejadas afecta a la infraestructura y actividades productivas
2. Aumento del nivel del mar e incremento de marejadas que afecta a las embarcaciones
3. Aumento de la temperatura
 - Genera cambios en la vedas (dinámicas naturales) restringiendo la disponibilidad del recurso pesquero
 - Incremento de temperatura genera pérdida y movimiento de especies pesqueras
4. Incremento de marejadas, disminución de oxígeno, cambios de salinidad afecta a la pesca de orilla (congrío, mariscos, merluza)

2.2.2.3. Sector silvoagropecuario

A continuación, se presentan las problemáticas que fueron priorizadas mediante consenso general, como resultado del proceso participativo desarrollado por las mesas del sector silvoagropecuario.

Figura 10. Problemáticas priorizadas para el sector silvoagropecuario – Comuna de Coronel

1. Aumento de precipitaciones extremas que incrementan la erosión del suelo, degradándolo y volviéndolo incultivable
2. Aumento de incendios forestales producto de sequías y aumento de la temperatura, así como la fragmentación del bosque nativo

2.2.2.4. Sector turismo y biodiversidad

A partir de lo discutido en las mesas participativas de los sectores turismo y biodiversidad, se identificaron múltiples problemáticas que se evidencian tanto a nivel regional, como en las provincias puntualmente. Las problemáticas priorizadas mediante consenso general de las mesas de trabajo se detallan a continuación.

Figura 11. Problemáticas priorizadas para el sector turismo y biodiversidad – Comuna de Coronel

1. Déficit hídrico que afecta la existencia /tamaño de humedales, exacerbado por la intervención de los humedales (Calabozo, Maule)

2. Pérdida de turismo tipo playa por marejadas, pero también por la gran cantidad de industria en el borde costero (Playa Blanca) (También pérdida de tamaño/playa)

3. Pérdida de biodiversidad de especies asociadas a los humedales (coipo) porque se secan o intervienen humedales (aves, ranas)

3. Análisis de resultados del taller

A partir de la información recopilada en las dos dinámicas participativas realizadas en los talleres, a continuación, se detallan las principales cadenas de impacto priorizadas con sus componentes.

Cabe señalar que los resultados presentados a continuación han pasado por un proceso de revisión y sensibilidad. En ese sentido, reúne la información obtenida en talleres con la sociedad civil en los diferentes territorios luego haber sido analizada y verificada. Por ejemplo, se omiten temáticas no relacionadas al cambio climático y se ordenan los indicadores de peligro, exposición y vulnerabilidad de acuerdo con sus definiciones.

3.1. Validación de riesgos existentes

En primer lugar, se validan las problemáticas (cadenas de impacto) y riesgos ya calculados por la Plataforma de Riesgo Climático (ARCLim). Se presenta a continuación para cada uno de los sectores las problemáticas, su relación con las cadenas de impactos del ARCLim, la propuesta de indicadores de la región y el alcance donde se abordaron dichas problemáticas.

3.1.1. Poblaciones y bienestar humano

De acuerdo con los resultados obtenidos en las mesas participativas del sector, se conformaron 4 cadenas de impacto que responden a las problemáticas priorizadas para la región en relación con la temática de **poblaciones y bienestar humano**.

Con relación a la primera problemática, se identifica que el aumento de temperaturas en la región intensificará las olas de calor, lo cual tendrá efectos en la salud humana, siendo más vulnerables aquellos grupos poblacionales de mayor sensibilidad como adultos mayores. A continuación, se detalla cada uno de los componentes de la cadena de impacto asociada a la problemática mencionado, como resultado de lo discutido en las mesas.

Tabla 3. Problemática 1 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto	Efectos en la salud humana por el aumento de olas de calor				
Validación del riesgo en ARCLIM	Efecto olas de calor en salud humana				
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance	
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura • Olas de calor • Isla de calor urbano 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad poblacional • Factores socioeconómicos • Rangos de edad (adultos mayores más vulnerables) • Tipo de vivienda • Ordenamiento territorial y arbolado urbano 	<ul style="list-style-type: none"> • CONAF: Proyectos de áreas verdes • Limpieza de matorrales • Planes de reconstrucción 	Provincia de Concepción y comuna de Coronel	

Otra de las problemáticas identificadas, se relaciona con el incremento de las lluvias torrenciales, sobre todo en épocas de invierno, lo cual está intensificando los eventos de inundación en las zonas urbanas, generando impactos en la infraestructura residencial y pérdidas a la población.

Tabla 4. Problemática 2 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto	Inundaciones por lluvias			
Validación del riesgo en ARCLIM	Inundaciones en zonas urbanas (por desborde de colectores) que considera cambios en las precipitaciones extremas.			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> Incremento de precipitación máxima diaria 	<ul style="list-style-type: none"> Sector residencial Infraestructura vial Caletas de la región Transporte Comercio local 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de infraestructura Poca planificación urbana Localización de los asentamientos Asentamientos irregulares (tomas) Calles antiguas (pendiente, diseño de las calles, sistema agua lluvia) no pensando en el aumento de población 	<ul style="list-style-type: none"> Información y visibilizarían Sistemas de Alertas Tempranas Planes operativos frente a respuestas de desastres Mantenimiento de canaletas y alcantarillado 	Provincia de Concepción y comuna de Coronel

Por otro lado, el aumento de marejadas y el nivel del mar también está generando eventos de inundaciones en las zonas costeras, afectando a los asentamientos del borde costero como en la comuna de Coronel.

Tabla 5. Problemática 3 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto	Inundaciones por marejadas – anegamiento en asentamientos costeros			
Validación del riesgo en ARCLIM	Anegamiento de asentamientos costeros (por desborde de colectores) que considera cambios en la cota de inundación por aumento del nivel del mar y de marejadas			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> Aumento de nivel del mar Incremento de marejadas, trombas, oleajes fuertes 	<ul style="list-style-type: none"> Asentamientos costeros 	<ul style="list-style-type: none"> Cercanía de asentamientos al borde costero Suelos menos permeables por pavimentación en las calles Dependencia de la actividad económica y humana con el borde costero 	<ul style="list-style-type: none"> Creación de bordes costeros y obras que protejan a las poblaciones 	Comuna de coronel

La seguridad hídrica doméstica es otra de las problemáticas validadas en los talleres, por la disminución de precipitaciones promedio anual que altera la disponibilidad hídrica en la región, generando condiciones de inseguridad hídrica para las poblaciones tanto urbanas como rurales. Se

identificó que la disminución de precipitaciones ocasiona la desecación de fuentes de agua potable como pozos subterráneos y otras captaciones.

Tabla 6. Problemática 4 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto	Seguridad hídrica urbana y rural				
Validación del riesgo en ARCLIM	Seguridad hídrica doméstica urbana y Seguridad hídrica doméstica rural que considera la variación en la incidencia de sequías meteorológicas.				
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance	
<ul style="list-style-type: none"> Disminución de las precipitaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Pozos subterráneos y captaciones Poblaciones urbanas Poblaciones rurales Servicios de Agua Potable Rural (APR) y zonas aisladas 	<ul style="list-style-type: none"> Elemento vital para consumo y producción Dependencia de la población rural del recurso hídrico según su estilo de vida y económico Altura del nivel freático (agua subterránea) Falta de planificación territorial Grupos poblacionales más vulnerables (Mujeres y niños) Pocas fuentes de captación Sectores sin cobertura de servicio de agua potable 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de tecnologías para la reutilización del recurso hídrico Fortalecimiento de la planificación territorial Recurrir a otras fuentes de abastecimiento de agua Cambio en el modelo de desarrollo económico Reciclaje de aguas lluvias 	Provincia de Arauco y comuna de Coronel	

3.1.2. Pesca e infraestructura portuaria

La recopilación de la información levantada en las mesas participativas del sector permitió conformar 2 cadenas de impacto que responden a las principales problemáticas identificadas para la región.

En primer lugar, se validó la pérdida de recursos hidrobiológicos por cambios en las condiciones del mar. En específico, la población determinó que los cambios en la precipitación, temperatura y cambios en la salinidad y concentración de CO₂ en los océanos afectan el ciclo reproductivo y el hábitat de las especies. De no adaptarse al cambio de condiciones, las especies desaparecerán, generando pérdidas en el desembarque pesquero y, por consiguiente, la actividad de pesca artesanal en la región.

Tabla 7. Problemática 1 – Pesca e infraestructura costera

Cadena de impacto	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos				
Validación del riesgo en ARCLIM	Pérdida de desembarques de recursos hidrobiológicos (peces, algas e invertebrados) considerando variaciones de precipitación y temperatura.				
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance	
<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la temperatura superficial del mar 	<ul style="list-style-type: none"> Recursos hidrobiológicos que incluyen 	<ul style="list-style-type: none"> Condición de vida (Aerobio/anaerobio) 	<ul style="list-style-type: none"> Reconversión de sistemas productivos 	Región, provincia de Concepción,	

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del O₂ disuelto • Alteración de las condiciones de salinidad • Acidificación del mar 	<p>Erizos, cholgas (<i>Aulacomya atra</i>), locos, crustáceos, algas, especies bentónicas, peces (sardina, anchoveta, corvina) y otras especies temporales que llegan a reproducirse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pescadores artesanales • Caletas de la región 	<ul style="list-style-type: none"> • Condición de hábitat o nicho ecológico de la especie en particular • Tipología del ecosistema • Morfología/ geografía del fondo marino • Ubicación • Contaminación en el mar por las actividades • Rango salida de los pescadores • Tipo de embarcación (boteros y lanchas menores) • Tipo de actividad pesquera: Orilleros, buzos, mariscadores y algueros 	<p>(Acuicultura, sistemas artificiales)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo • Implementación de tecnologías • Tener vedas dinámicas de mayor flexibilidad 	<p>comuna de coronel</p>
---	---	--	---	--------------------------

Adicionalmente, los participantes identificaron que el incremento del nivel del mar y de las marejadas genera afectaciones sobre las embarcaciones pesqueras perjudicando a los pescadores artesanales ubicados en la comuna de Coronel.

Tabla 8. Problemática 2 – Pesca e infraestructura costera

Cadena de impacto	Afectación de embarcaciones por aumento del nivel del mar y e incremento de marejadas			
Validación del riesgo en ARCLIM	Aumento del downtime en caletas de pescadores que considera los cambios en el régimen del oleaje			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del nivel del mar • Aumento de marejadas (intensidad y frecuencia) 	<ul style="list-style-type: none"> • Embarcaciones de pescadores • Pescadores artesanales • Caletas de la región • Borde costero 	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedad de las embarcaciones • Tipo/tamaño de las embarcaciones dónde las pequeñas son más vulnerables • Ubicación de la infraestructura costera • Ubicación • Pesca artesanal (más sensible a pesca industrial) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de alertas tempranas 	<p>Comuna de Coronel</p>

3.1.3. Silvoagropecuario

A partir de los resultados obtenidos de los procesos participativos realizados, se conformó una cadena de impacto para el sector silvoagropecuario.

Los participantes identificaron como problemática que, los cambios en los patrones de precipitaciones ponen en riesgo la disponibilidad hídrica para el riego de los cultivos, afectando su rendimiento (ej:

cultivos de maíz, tomate, otros). Por otro lado, identificaron que, el déficit hídrico en la comuna de Yumbel no permite la diversidad de cultivos (actualmente captan agua en la comuna de Cabreros).

Tabla 9. Problemática 1 – Silvoagropecuario

Cadena de impacto	Afectación al rendimiento de los cultivos y actividades pecuarias por el cambio de patrones de precipitación			
Validación del riesgo en ARCLIM	Cambio de productividad cultivos			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la precipitación promedio anual Aumento de sequías 	<ul style="list-style-type: none"> Agricultores Cultivos (frutales, vitivinícolas, leguminosas, cereales) 	<ul style="list-style-type: none"> Agricultura familiar rural Aparición de nuevas plagas Requerimiento hídrico de cultivos Menor oferta o disponibilidad hídrica de "reemplazo", ej. Yumbel trae de Cabrero Cambio de uso de suelo Cambio de propiedad Tamaño de superficie 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento genético de especies adaptadas a situaciones de menor precipitación (sequía) Programas de riego tecnificado Programas para el mejoramiento de cultivos. Ej: papa en Cañete, Los Álamos Aumento de productividad Asistencia técnica para cultivos en condiciones de disminución de precipitación e incremento de temperatura Programa y técnica de cosecha e infiltración de agua Agua (APR) donde el gobierno se otorga agua o hay programas de INDAP 	<ul style="list-style-type: none"> Regional Provincia de Biobío Comuna de Coronel

3.1.4. Turismo y biodiversidad

Para la mesa de turismo y biodiversidad se conformaron 2 cadenas de impacto para las problemáticas priorizadas por los participantes.

Como problemática en el sector, se identificó que existe riesgo de pérdida de hábitat por el aumento de sequías y aumento de desglaciación que pone en riesgo la pérdida de corredores biológicos (ej. Parque Nacional Leja) y especies de fauna y flora. Adicionalmente, en las mesas participativas se comentó que existen especies de fauna nativa que son más vulnerables como el pudú, puma, ballena, chungungo (gato de mar), monito del monte, matuasto (lagarto), huemul, cóndor y zorro culpeo. Mientras que entre las especies de flora se encuentra el maitén del Chubut y chaura.

Tabla 10. Problemática 1 – Turismo y biodiversidad

Cadena de impacto	Pérdida de biodiversidad por cambios de precipitación y temperatura
--------------------------	---

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Validación del riesgo en ARCLIM	Perdida de fauna y flora por cambios de precipitación Perdida de fauna y flora por cambios de temperatura			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de precipitaciones • Aumento de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Bosques esclerófilos • Fauna nativa • Flora nativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja capacidad de resiliencia • Alta resiliencia del recurso hídrico • Disponibilidad de alimento y nutrientes • Especies invasoras • Degradación del ecosistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenamiento territorial • Recuperación de hierbas medicinales mediante el intercambio de semillas en Alto Biobío • Red de Restauradores (Fundación El Árbol y GORE) • Educación ambiental y fortalecimiento de capacidades a las comunidades • Mesas de fiscalización ambiental y gestión de áreas naturales 	Regional Provincia de Biobío Provincia de Concepción

Por otro lado, se identificó que el aumento de las temperaturas y de la velocidad de los vientos genera condiciones que favorecen la intensificación y propagación de incendios forestales, afectando con su paso considerables de bosques nativos y la biodiversidad que estos albergan. Esta afectación se relaciona a la degradación de atractivos turísticos de tipo natural, lo que además de afectar a la biodiversidad, ocasiona impactos económicos en el sector turístico.

Tabla 11. Problemática 2 – Turismo y Biodiversidad

Cadena de impacto	Pérdida de atractivo turístico natural por incendios forestales			
Validación del riesgo en ARCLIM	Pérdida de atractivo turístico por incendios forestales que considera el incremento en las olas de calor.			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura • Aumento de la velocidad de viento 	<ul style="list-style-type: none"> • Sector turismo • Hectáreas de bosque nativo • Especies de fauna y flora 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de material combustible vegetal (plantas forestales son más fáciles de propagar que uno nativo) • Ubicación • Fragmentación de hábitat 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de Comunidad preparada de CONAF 	Regional Provincia de Biobío

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Identificación de nuevas cadenas de impacto y brechas de información

En segundo lugar, con las otras problemáticas identificadas se conformó una serie de cadenas de impacto que no han sido previamente calculadas por el Atlas de Riesgo Climático (ARCLIM).

3.2.1. Poblaciones y bienestar humano

De acuerdo con la información levantada, se identifica que el incremento de temperaturas genera condiciones que favorecen la intensificación de incendios forestales que afectan los asentamientos humanos tanto urbanos como rurales. Por esto, para la problemática se propone la siguiente cadena de impacto:

Tabla 12. Problemática nueva 1 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto		Incendios urbanos y rurales		
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperaturas • Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas forestales • Asentamientos rurales • Sistema humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de plantaciones forestales • Cercanía a monocultivos forestales • Pendientes • Caminos/senderos • Cercanía a zona de interfaz (Comunidades) <ul style="list-style-type: none"> -Ubicación vivienda -Infraestructura crítica 	Franjas de barreras vivas	Provincia Concepción y Comuna Coronel

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la provincia de Biobío se identificó que el aumento del consumo eléctrico genera una saturación en el sistema eléctrico debido al aumento de temperaturas. Por ejemplo, este incremento de temperaturas intensificará el uso de electrodomésticos de refrigeración y acondicionamiento para mantener condiciones de confort térmico. Para lo anterior, se propone la siguiente nueva cadena de impacto:

Tabla 13. Problemática nueva 2 – Poblaciones y bienestar humano

Cadena de impacto		Saturación del sistema eléctrico por cambios en la temperatura		
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperaturas • Incremento de las olas de calor 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de suministro o uso • Población 	<ul style="list-style-type: none"> • Saturación del sistema eléctrico • Eventos pasados de corte del sistema o baja frecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción autónoma de energía • Mejoramiento de aislación térmica en viviendas • Utilización de energías renovables 	Provincia Biobío

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Pesca e infraestructura portuaria

De acuerdo con la información recopilada, para el sector se identificó que el aumento de marejadas incrementa fenómenos de surgencia costera, dónde las aguas más profundas del océano ascienden a

la superficie desplazando especies que suelen habitar en las orillas y reemplazándolas por especies que habitan en zonas profundas, lo que podría afectar o favorecer las actividades de pesca artesanal en la comuna de Coronel. Por lo anterior, para la problemática mencionada se propone la siguiente cadena de impacto:

Tabla 14. Problemática nueva 1 – Pesca e infraestructura costera

Cadena de impacto	Pérdida del desembarque de la pesquería artesanal por cambios en el régimen de surgencia			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de marejadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pescadores artesanales e industria pesquera • Especies 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de embarcación 	-	Comuna de Coronel

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, también se identificó que el aumento del nivel del mar generar disminución costera, disminuyendo el área disponible para realizar determinadas actividades de pesca artesanal también en la comuna de Coronel. Por ello, se propone la siguiente nueva cadena de impacto:

Tabla 15. Problemática nueva 2 – Pesca e infraestructura costera

Cadena de impacto	Afectación a la zona de pesca por erosión costera			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del nivel del mar • Aumento de marejadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pescadores artesanales 	<ul style="list-style-type: none"> • Algueras y recolectores de orillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto del borde costero Coronel – Lo Rojas que se trabajó con municipios y empresas • Actividades de limpieza o emparejamiento de bordes 	Comuna de Coronel

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se identificó que la disminución de precipitación genera la reducción de caudales en la desembocadura del río Lebú, ocasionando el surgimiento y cerramiento de las barras de los ríos. Esto, pone en riesgo la seguridad de navegación y la obtención de recursos para subsistir afectando la seguridad alimentaria y calidad de vida de los pescadores y de la población. Por lo anterior, para esta problemática se propone la siguiente cadena de impacto:

Tabla 16. Problemática nueva 3 – Pesca e infraestructura costera

Cadena de impacto	Riesgo en la navegación por las barras costeras			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de sequías por la disminución de la disponibilidad hídrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Desembocadura de los ríos • Pescadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Pescadores artesanales (indicadores socioeconómicos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar institucionalidad y gobernanza (propuesta de medida) -> Los municipios deben de tener un 	Provincia de Concepción Provincia de Arauco

			encargado de borde de costero	
--	--	--	----------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Silvoagropecuario

Para este sector, se identificó como una de las problemáticas la afectación de los incendios forestales al sector. El incremento de la frecuencia y magnitud de los incendios forestales afectan a los cultivos y pastizales (alimentos de animales). Este incremento se ve intensificado además en las zonas donde existe una mayor carga de combustible vegetal, plantaciones de monocultivo sobre todo los de mayor altura como el pino y eucalipto) y la fragmentación del bosque nativo. Por ejemplo, las comunas de Laja y Nacimiento.

Además, como consecuencias de este impacto, la pérdida de la cobertura vegetal por los incendios, dejan al suelo desnudo y vulnerable al aumento de precipitaciones extremas, lo cual aumenta la erosión de suelo. En vista de ello, se propone la siguiente nueva cadena de impacto:

Tabla 17. Problemática nueva 1 – Silvoagropecuario

Cadena de impacto	Afectación al sector agropecuario por aumento de incendio forestales			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de las temperaturas (principalmente periodo estival) • Aumento en la velocidad del viento • Disminución de la precipitación y sequía • Disminución humedad ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Población rural y agricultores • Cultivos (ej. hortalizas) • Ganado • Plantaciones forestales • Algunas cooperativas de PFNM 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura familiar y rural • Dependencia económica de pequeños productores y recolectores • Aumento de la densidad población, dado por el desplazamiento a las segundas viviendas en zona rural sin conocimiento de los riesgos habituales • Fragmentación del bosque nativo y degradación del suelo • Carga de combustible (monocultivo). • Tendidos eléctricos sin mantenimiento contribuyen a generación de incendios • PFNM → Piña, castaño 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación ambiental: Prevención de incendios forestales en la interfaz urbano-rural • Programa de restauración y recuperación de bosques • Sistema de alertas tempranas basadas en predicción condiciones meteorológicas • Nacimiento -> Fomento de rotación de cultivos (evita monocultivo) • Protección de flora y fauna 	<ul style="list-style-type: none"> Regional Provincia de Concepción Provincia de Biobío Comuna de Coronel

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se identificó que la sequía trae problemas para algunas especies como del roble y los bosques esclerófilos. Además, estas condiciones favorecen el crecimiento de plagas como el gusano foliador *Hormiscode anamoma* que afecta árboles, cultivos agrícolas y especies forestales.

Tabla 18. Problemática nueva 2– Silvoagropecuario

Cadena de impacto	Aparición de nuevas plagas por el aumento de temperatura y las sequías
-------------------	--

Respaldo bibliográfico		Debido al incremento de temperatura, el recrudescimiento de las sequías y la falta de caída de nieve habría un aumento en las plagas que afectarían a las plantaciones forestales ² , por ejemplo: las Araucarias en Biobío. Al respecto, aún se están realizando investigaciones para determinar qué otros factores podrían estar afectando a las plantaciones forestales y cómo se relacionan con la presencia de patógenos. ³ .		
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura • Sequías (baja precipitación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultores • Cultivos agrícolas y especies forestales • Especies arbóreas (bosque nativo: robles, esclerófilos y boldo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores socioeconómicos • Tipo de ecosistema (el seco es más vulnerable) • Sensibilidad de la especie frente a las plagas • Existencia o liberación de controladores biológicos se hace en predios pequeños • Monocultivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Detección temprana de la plaga • Tecnología Drones liberan pesticidas /químicos (lo realizan las grandes forestales) 	Regional Provincia de Biobío

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Turismo y biodiversidad

Para el sector turismo y biodiversidad, en primer lugar, se identificó que la desglaciación también genera pérdida de belleza paisajística clave para el sector turismo, por ejemplo, en zonas glaciares como las ubicadas en la comuna de Antuco. En vista de ello, se propone la siguiente cadena de impacto:

Tabla 19. Problemática nueva 2 – Turismo y biodiversidad

Cadena de impacto		Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones		
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de precipitaciones sólidas (nieve) • Aumento de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Puestos de trabajo del sector turismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia del sector 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación ambiental con foco en cambio climático • Inversión para la recuperación de áreas 	Provincia de Biobío

Fuente: Elaboración propia.

Otra de las problemáticas identificadas relacionadas al cambio climático es la afectación a los humedales y tamaño de estos por la variación en el régimen de precipitación (déficit hídrico). Esta afectación impacta a su vez en las especies que alberga como el coipo, pato yeco, carpas, aves y ranas.

Entre los humedales expuestos se encuentra el Calabozo, Maule y La Posada, además de algunos esteros. La pérdida de humedales a su vez impacta a la población aledaña y dependiente de esta, como el sector turismo por el avistamiento de aves y los pescadores que guardan sus embarcaciones.

Tabla 20. Problemática nueva 3 – Turismo y biodiversidad

Cadena de impacto		Pérdida de humedales urbanos		
-------------------	--	------------------------------	--	--

² <https://www.paiscircular.cl/biodiversidad/araucarias-en-peligro/>

³ https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/06_BOSQUESNATIVOS_PLANTACIONESFORESTALES.pdf

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Respaldo bibliográfico	La ONG Corporación CIEM Aconcagua realizó una investigación en la que identificó que las estaciones meteorológicas cercanas al humedal el Calabozo han registrado una tendencia a la disminución de la precipitación media mensual durante las últimas 3 décadas. Asimismo, a pesar de esto, también se han registrado inundaciones de mayor intensidad que no habían sido observadas en los últimos años. ⁴			
Peligro	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Alcance
<ul style="list-style-type: none">• Aumento de precipitaciones máximas que generan inundaciones• Aumento de temperatura• Disminución de precipitaciones que genera sequía	<ul style="list-style-type: none">• Humedales• Esteros• Biodiversidad• Personas dependientes del humedal	<ul style="list-style-type: none">• Ubicación• Intervención• Endemismo de especies	<ul style="list-style-type: none">• Ley de Humedales Urbanos• Plan de Gestión de Ordenamiento Territorial• Valorización del ecosistema• Recuperación del ecosistema (PRAS) en el Estero Manco• Sistema de protección de humedales (ej. Maule está protegido).	Provincia de Concepción Comuna de Coronel

Fuente: Elaboración propia.

⁴ <https://pras.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/08/11-Accion-Informe-Final-CIEM-Aconcagua-Humedal-Calabozo.pdf>

4. Evaluación de cadenas de impacto

4.1. Selección de cadenas de impacto

En base a los resultados de los impactos identificados en los procesos participativos se identificaron 6 cadenas de impactos (CDI) para el sector poblaciones y bienestar humano, 4 CDI para el sector pesca e infraestructura costera, 3 CDI para el sector silvoagropecuario y 4 CDI para el sector turismo y biodiversidad.

De las 17 CDI propuestas 9 se encuentran calculadas en la Plataforma de Riesgo Climático (Arclim). En ese sentido, se estandarizó los resultados de riesgo climático para las comunas de la región Biobío con el fin de obtener un nuevo resultado de riesgo a nivel regional. Por otro lado, las nuevas CDI fueron conceptualizadas y calculadas en relación a la información existente.

Tabla 21. Selección de cadena de impacto

Sector	CDI	¿Calculada en Arclim?	Comentario
Poblaciones y bienestar humano	Inundaciones por lluvia	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Inundaciones por anegamiento en asentamientos costeros	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Seguridad hídrica urbana y rural	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Incendios urbanos y rurales	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Saturación del sistema eléctrico por cambios en la temperatura	No	Conceptualización de la cadena de impacto
	Efectos en la salud humana por olas de calor	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
Pesca e infraestructura costera	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos	Arclim	La CDI es recalculada para cada una de las especies.
	Afectación a la zona de pesca por erosión costera	No	Conceptualización de la cadena
	Riesgo en la navegación por las barras costeras	No	Conceptualización de la cadena
Silvoagropecuario	Afectación al rendimiento de los cultivos y actividades pecuarias por el cambio de patrones de precipitación	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Afectación Productos forestales no maderables (PFNM) por aumento de incendio forestales	No	Conceptualización de la cadena
	Aparición de nuevas plagas por el aumento de temperatura y las sequías	No	Conceptualización de la cadena
Turismo y biodiversidad	Pérdida de biodiversidad por cambios de precipitación y temperatura	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Pérdida de atractivo turístico natural por incendios forestales	Arclim	Se estandariza el riesgo climático a nivel regional.
	Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones	No	Conceptualización de la cadena

Sector	CDI	¿Calculada en Arclim?	Comentario
	Degradación de humedales por déficit hídrico	No	Conceptualización de la cadena

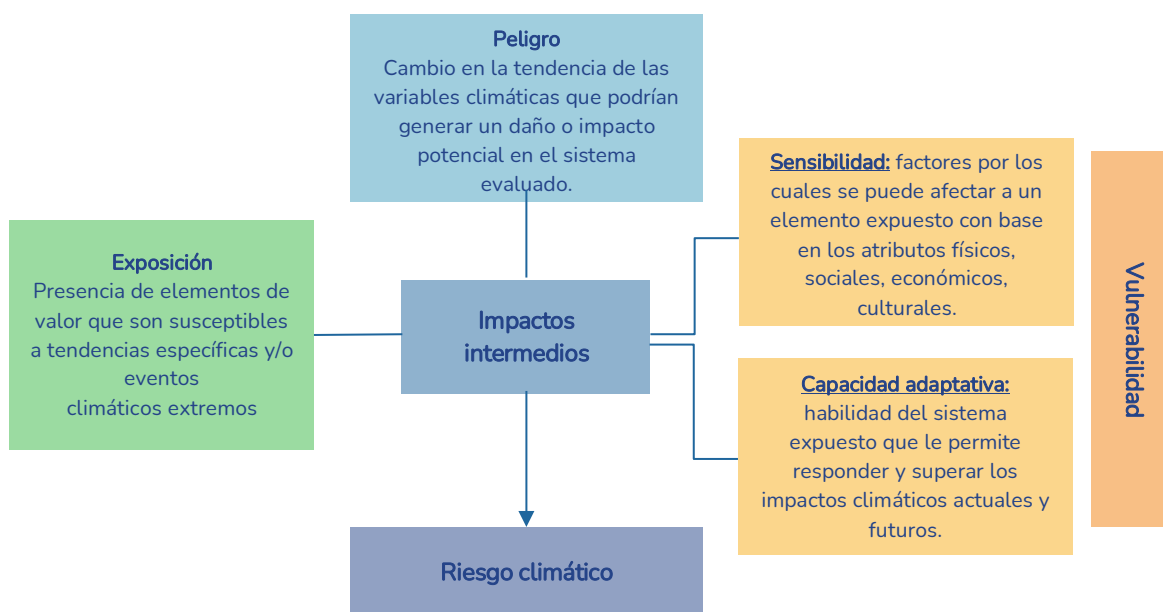
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Metodología para el cálculo del riesgo

4.2.1. Definición de la cadena de impacto

Las cadenas de impacto son una herramienta que ayudan a comprender, sistematizar y ponderar los factores que llevan a un determinado nivel de riesgo, a través del análisis de los componentes en términos de amenaza o peligro, exposición y vulnerabilidad.

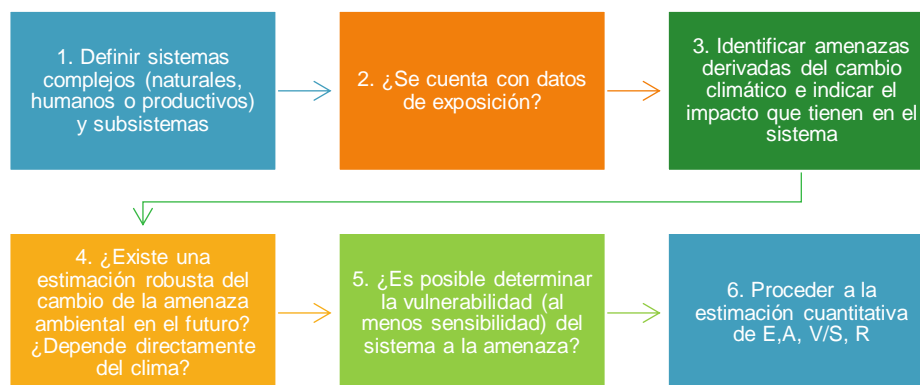
Figura 12. Definición de cadena de impacto



Fuente: Elaboración propia en base a GIZ y EURAC (2017)[1].

El componente de peligro incluye los factores relacionados con la señal climática (lluvia intensa) y el impacto físico directo (inundación). El componente de vulnerabilidad consiste en factores de sensibilidad y capacidad adaptativa y de respuesta. Mientras que el componente de exposición está compuesto por uno o más factores de exposición. Según los pasos metodológicos presentados por la metodología del Atlas de Riesgo Climático para desarrollar las cadenas de impacto son los siguientes:

Figura 13. Pasos claves para la construcción de una cadena de impacto viable



Fuente: Elaboración propia en base al Atlas de Riesgo Climático (MMA, 2019) [2].

4.2.2. Cálculo del riesgo climático

Para la estimación del riesgo se consideró la multiplicación de sus componentes, lo cual refleja la proporcionalidad que existe entre el riesgo y sus variables. Cabe señalar que la vulnerabilidad comprende de los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa.

Ecuación 1. Cálculo del riesgo climático

$$R = A \times E \times V$$

$$R = A \times E \times S \times (k \times CA), \text{ donde } 0 \leq k \leq 1$$

Fuente: MMA (2020) [2].

Donde:

R : riesgo, A : amenaza, E : exposición, V : vulnerabilidad, S : sensibilidad y CA ; capacidad adaptativa, k : factor k

$k = 0$, representa la situación extrema en que el riesgo es independiente de la capacidad adaptativa

$k = 1$, representa la situación opuesta en que la capacidad adaptativa podría disminuir el riesgo a 0.

4.3. Fichas técnicas de cálculo

4.3.1. Sector pesca e infraestructura costera

4.3.1.1. CDI 1. Pérdida de recursos hidrobiológicos

De acuerdo con la nómina de especies del Anuario de Pesca y Acuicultura de Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), a nivel nacional se recolectan 3 grandes grupos de especies hidrobiológicas que incluyen peces, algas e invertebrados. Por lo cual, la cadena de impacto de “Pérdida de recurso hidrobiológicos” será calculada para cada una de estas especies, bajo una metodología estándar propuesta para la Plataforma de Riesgo Climático para el sector pesca costera [3].

Tabla 22. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Pérdida de recursos hidrobiológicos

Cadena de impacto:		Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos		
Justificación de la cadena seleccionada				
<p>Aunque para 2022 la pesca representó cerca del 1,26% del PBI regional [4], la actividad de la pesca artesanal de la región del Biobío es de carácter esencial a nivel nacional, ya que junto a la región de Los Lagos son las más productivas, registrando la mayor cantidad de desembarque [5], embarcaciones y pescadores del país, razón por la que la cadena ha sido seleccionada para el cálculo de riesgo.</p> <p>El cambio en las variables físicas genera impactos en los óptimos fisiológicos de las especies generando desecación, incremento de enfermedades, cambios en los ciclos de reproducción y por ende de veda, entre otros. El aumento de la temperatura del aire genera el incremento de surgencia costera.</p> <p>Por otro lado, la reducción de precipitación significaría en un menor ingreso de nutrientes de origen superficial a la zona costera, cambios en corrientes y en circulación costera, provocando un desbalance en ecosistema estuarinos, importantes hábitats reproductivos.</p>				
Amenaza (A)				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Variación de la precipitación acumulada (Pp acum)	Cambio proyectado en la precipitación para el año 2050 bajo un escenario RCP 8.5 ⁵ ($Pp\ acum_{fut}$), respecto al periodo base 2002-2012 ($Pp\ acum_{hist}$).	$Cambio\ pp\ (mm) = Pp\ acum_{fut}\ (mm) - Pp\ acum_{hist}\ (mm)$	Decil	Base digital del clima [6]
Variación de la temperatura (T)	Cambio proyectado en la temperatura del aire para el año 2050 bajo un escenario	$Cambio\ T(^{\circ}C) = T_{fut}\ (^{\circ}C) - T_{hist}\ (^{\circ}C)$	Decil	Base digital del clima [6]

⁵ Ensemble (promedio ponderado) de 17 modelos de circulación general de la atmósfera (CGM) generados considerando la trayectoria de concentración de GEI RCP 8.5 para el año 2050.

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Cadena de impacto:				
	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos			
	RCP 8.5 (T_{fut}), respecto al periodo base 2002-2012 (T_{hist}).			
Índice de amenaza	Una vez estandarizados los indicadores de precipitación y temperatura, se estima el promedio entre estos para obtener el indicador final. $A = \frac{A_1 + A_2}{2}$			
Exposición (E)				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Indicador de exposición de desembarque de algas	Este índice representa el riesgo de perder la biomasa capturada expresada como el desembarque registrado de algas por caleta en toneladas. En específico se identificó 20 especies de algas como parte del desembarque de algas a nivel nacional.	Suma de toneladas de cada una de las especies correspondientes a algas. $D_{algas}(Ton) = Especie(Ton)_1 + Especie(Ton)_2 \dots Especie(Ton)_{20}$	Decil	Estadísticas SERNAPESCA 2022
Indicador de exposición de desembarque de invertebrados	Este índice representa el riesgo de perder la biomasa capturada expresada como el desembarque registrado de invertebrados por caleta en toneladas. De acuerdo con la nómina de especies invertebradas recolectadas se incluyen moluscos, crustáceos, equinodermos, tunicados y cnidarios.	Suma de toneladas de cada una de las especies correspondientes a invertebrados. $D_{invertebrados} = Moluscos(Ton) + Crustáceos(Ton) + Equinodermos(Ton) + Tunicados(Ton) + Cnidarios(Ton)$	Decil	Estadísticas SERNAPESCA 2022
Indicador de exposición de desembarque de peces	Este índice representa el riesgo de perder la biomasa capturada expresada como el desembarque registrado de invertebrados por caleta en toneladas. De acuerdo con la nómina de especies de peces se extraen 80 especies destacando en Biobío la anchoveta, el jurel y la sardina.	Suma de toneladas de cada una de las especies correspondientes a peces. $D_{peces}(Ton) = Especie(Ton)_1 + Especie(Ton)_2 \dots Especie(Ton)_{80}$	Decil	Estadísticas SERNAPESCA 2022
Sensibilidad				

Cadena de impacto:		Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos		
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Número de pescadores	Indicador de 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 por toneladas de desembarque.	$N^{\circ} \text{ Pescadores} = \frac{\text{Pescadores inscritos en el RPA}}{\text{Toneladas de desembarque}}$ <p>-Para el riesgo por pérdida desembarque de algas se consideró solo la categoría de recolectores de orilla, algueros o buzos apnea inscritos en el RPA</p> <p>-Para el riesgo por pérdida de desembarque de peces se consideró solo la categoría de pescadores inscritos en el RPA</p> <p>-Para el riesgo por pérdida de desembarque de invertebrados se consideraron todas las categorías inscritas en el RPA</p>	Decil	Registro de Pescadores Artesanales (RPA) 2022
Estado de explotación del recurso	Expresa la tendencia del desembarque total por caleta en el período de análisis (últimos 14 años).	<p>Tendencia obtenida a partir de la estimación de la pendiente mediante un modelo lineal mixto. Para ello se consideró:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se extrajeron los datos outliers para el cálculo del modelo lineal mediante el método de cuartiles. <p>-Baja sensibilidad [0-0,2] (cuando la pendiente es creciente)</p> <p>-Sensibilidad media <0,2-0,5] (cuando la pendiente es cercana a 0)</p> <p>-Sensibilidad alta <0,5;1] (cuando la pendiente es negativa)</p>	Escalado de datos con mínimos y máximos	Estadísticas SERNAPESCA 2022
Diversidad de recursos	Corresponde al número de especies que fueron extraídas por caleta en el período de análisis	Número de especies extraídas por caleta, estandarizado por el método de deciles.	Decil	Estadísticas SERNAPESCA 2022
Concentración del desembarque	El indicador mide el grado de concentración del conjunto de productores participantes en un mercado determinado, a fin de conocer si tales productores se encuentran o no atomizados y, por lo tanto, si se presenta o no comportamiento competitivo.	<p>El Índice Herfindahl-Hirschman (IHH), se calcula sumando los cuadrados de la participación porcentual de cada recurso (algas, peces e invertebrados) en el desembarque total de cada caleta. Esto, se expresa mediante la siguiente ecuación:</p> $IHH = \sum_{i=1}^N S_i^2; i = 1,2 \dots n$ <p>Donde: IHH= Índice de Herfindahl-Hirschman, N es la cantidad de productores que componen la actividad económica y S_i^2 es la proporción del mercado de los productores al cuadrado.</p>	Decil	Estadísticas SERNAPESCA 2022

Cadena de impacto:	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos			
Índice de sensibilidad	Para el cálculo del indicador final, se promedian los resultados de los cuatro indicadores anteriores: $S = \frac{1}{4} (S_1 + S_2 + S_3 + S_4)$			
Capacidad adaptativa				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Presencia de obras de abrigo	Refleja la adaptación de la caleta mediante 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 a una caleta.		Informe obtenido de Arclim
Presencia de Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos AMERB	La existencia de AMERB 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 tiempo de desarrollo de AMERB (CA_j^2), calculado según el promedio del tiempo transcurrido desde la resolución del Plan de Manejo (en años). $CA_j^2 \begin{cases} 1 & \text{si la caleta } j \text{ posee AMERB desde hace 15 años} \\ \frac{\text{tiempo AMERB}_j[\text{años}]}{15} & \text{si posee AMERB menos de 15 años} \\ 0 & \text{si no posee AMERB} \end{cases}$		Estadísticas SERNAPESCA 2022

Cadena de impacto:	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones fisicoquímicas de los océanos
Índice de capacidad adaptativa	<p>Para el cálculo final de capacidad adaptativa se promedian los dos indicadores considerados y posteriormente se multiplican por el factor $k = 0.5$, 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.</p> $CA = \frac{(CA_j^1 + CA_j^2)}{2}$

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. CDI 2. Afectación a la recolección de orilla

Tabla 23. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Afectación a la recolección de orilla

Cadena de impacto:	Afectación a la pesca de orilla por el aumento de la cota de inundación			
Justificación de la cadena seleccionada				
<p>De acuerdo con la información suministrada por SERNAPESCA, en la última actualización del Registro Pesquero Artesanal 2022, los recolectores de orilla representaron el segundo grupo con mayor cantidad de trabajadores dedicados a la actividad, después de los pescadores artesanales, con cerca de 24.000 personas ocupadas en la recolección de especies de orilla.</p> <p>El aumento de la cota de inundación, intensificará impactos tales como la erosión y consecuente desaparición del borde costero, lugar donde los recolectores realizan su actividad. Por lo anterior, es relevante estimar el nivel de riesgo que presentará la pesca de orilla.</p>				
Amenaza (A)				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Variación de la cota de inundación	Cambio proyectado en la precipitación para el año 2050 bajo un escenario RCP 8.5 ⁶ ($Pp_{acum_{fut}}$), respecto al periodo base 2002-2012 ($Pp_{acum_{hist}}$).	$\begin{aligned} & \text{Cambio cota de inundación (m)} \\ & = Cota_{inund_{fut}} (m) - Cota_{inund_{hist}} (m) \end{aligned}$	Decil	Determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile (MMA, 2019)

⁶ Ensemble (promedio ponderado) de 17 modelos de circulación general de la atmósfera (CGM) generados considerando la trayectoria de concentración de GEI RCP 8.5 para el año 2050.

Cadena de impacto:		Afectación a la pesca de orilla por el aumento de la cota de inundación		
Índice de amenaza		Considera el resultado del indicador de variación de la cota de inundación.		
Exposición (E)				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Recolectores de orilla	Refleja el total de trabajadores dedicados a la actividad de recolección de especies en cada caleta de la región.	Total de pescadores artesanales reportados dentro de la categoría de recolectores de orilla, alqueros o buzos apnea en el Registro Pesquero Artesanal, estandarizado por el método de decil.	Decil	Registro de Pescadores Artesanales (RPA) 2022
Sensibilidad ⁷				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Pobreza multidimensional	Proporción de población comunal en situación de pobreza multidimensional de acuerdo con la información del CASEN.	$\text{Proporción población en situación de pobreza} = \frac{\text{Total personas en condición de pobreza por comuna}}{\text{Total habitantes por comuna}}$	Decil	Encuesta CASEN 2017 [7]
Población adultos mayores	Proporción de población comunal de adultos mayores a partir de los 65 años	$\text{Proporción población de adultos mayores} = \frac{\text{Total adultos < 65 años por comuna}}{\text{Total habitantes por comuna}}$	Decil	Censo de Población y Vivienda 2017 [8]
Hogares con población dependiente liderados por una mujer	Proporción de hogares con población dependiente liderados por una mujer en relación con el total de hogares con jefatura mujer	$\text{Proporción hogares dependientes} = \frac{\text{Total hogares dependientes liderados por mujer por comuna}}{\text{Total hogares con jefatura mujer por comuna}}$	Decil	Censo de Población y Vivienda 2017 [8]
Población indígena	Proporción de población comunal que se consideran parte de una población indígena	$\text{Proporción población indígena} = \frac{\text{Total población indígena por comuna}}{\text{Total habitantes por comuna}}$	Decil	Censo de Población y Vivienda 2017 [8]

⁷ Considera un proxy de la sensibilidad social de la población de recolectores de orilla considerando la proporción de población de cada comuna donde se encuentran ubicadas las caletas de estudio.

Cadena de impacto:	Afectación a la pesca de orilla por el aumento de la cota de inundación			
Porcentaje de población con educación básica completa o inferior	Proporción de población que ha alcanzado el nivel de educación básica completa a nivel comunal	$\text{Porcentaje de población con educación básica} = \frac{\text{Total personas con nivel de educación básico alcanzado por comuna}}{\text{Total habitantes por comuna}}$	Decil	Encuesta CASEN 2017 [7]
Índice de sensibilidad	Para el cálculo del indicador final, se promedian los resultados de los cuatro indicadores anteriores:			
	$S = \frac{1}{5} (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5)$			

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Sector turismo y biodiversidad

4.3.2.1. CDI 3. Degradación de humedales

Tabla 24. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Degradación de humedales

Cadena de impacto:	Degradación de humedales por déficit hídrico			
Justificación de la cadena seleccionada				
Los humedales son ecosistemas estratégicos que prestan servicios tales como la purificación del aire, regulación hídrica y almacenamiento y provisión de agua, claves para aliviar presiones por déficit hídrico en periodos de sequía. Sin embargo, estos ecosistemas se caracterizan por ser especialmente frágiles ante perturbaciones en el entorno incluidos cambios en las variables climáticas como son la temperatura y la precipitación [9]. Es por ello que, sumado a las presiones antrópicas que suelen sufrir, en condiciones de cambio climático, su vulnerabilidad será mayor, razón por la que la cadena ha sido seleccionada para la estimación de su nivel de riesgo en la región.				
Amenaza				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Precipitación acumulada (Pp acum)	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) y bajo un escenario de emisiones RCP 8.5.	$\text{Cambio } Pp \text{ acum } (\%) = \frac{Pp \text{ acum}_{fut} (mm) - Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}{Pp \text{ acum}_{hist} (mm)}$	Decil	Explorador de Amenazas Climáticas (ARClím) [10]
Índice de amenaza	Se considera el resultado de estandarización del indicador precipitación acumulada.			

Cadena de impacto: Degradación de humedales por déficit hídrico				
Exposición				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Área de humedales	Este índice representa el riesgo de degradación de humedales expresada como la superficie de humedales por comuna.	$E_j = \sum_j Superficie\ humedal_{ij}$ Donde: i: Humedal, j: Comuna	$E_j = \frac{\ln E_j}{\ln(\max(E))}$	Inventario de Humedales (SIMBIO)[11] Inventario de Humedales urbanos[12]
Índice de exposición	Se considera el resultado de estandarización del indicador área de humedales.			
Sensibilidad				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Tipo de humedales	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: $Tipo\ humedal \begin{cases} Continentales & Altamente\ sensibles\ (1) \\ Artificiales & Medianamente\ (0,5) \\ Costero\ marino & Baja\ sensibilidad\ (0,2) \end{cases}$		Inventario de Humedales (SIMBIO)[11] Inventario de Humedales urbanos[12]
Ubicación del humedal	Evalúa la probabilidad de la fragmentación del humedal[13] y de otros impactos antropogénicos, tal como su contaminación, siendo representada como la cercanía a la población urbana o rural.	$Tipo\ humedal \begin{cases} Urbano & Mayor\ presión(1) \\ Rural & Media\ presión\ (0,5) \\ Fuera\ del\ límite\ urbano & Baja\ presión\ (0,2) \end{cases}$		Inventario de Humedales (SIMBIO)[11] Inventario de Humedales urbanos[12]
Índice de sensibilidad	En primer lugar, se obtuvo el índice de sensibilidad de cada humedal (i) mediante: $S_i = \frac{Indice\ de\ Tipo\ Humedal_i + Indice\ Ubicación_i}{2}$ Finalmente se obtiene el índice para cada comuna (j) con la fórmula: $S_j = \frac{\sum S_{ij}}{Número\ de\ humedales\ en\ la\ comuna}$ Cabe mencionar que el número de humedales solo considera a aquellos humedales que proporciona un dato numérico.			

Cadena de impacto:		Degradación de humedales por déficit hídrico		
Capacidad adaptativa				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Figura de protección	Se identifican cuales de los humedales presentan una figura de protección de Declaración de humedales urbanos, Humedales RAMSAR	$CA_{i=} \begin{cases} 1 & \text{si el humedal i tiene figura de protección} \\ 0 & \text{no tiene figura de protección} \end{cases}$		Inventario de Humedales urbanos[12]
Índice de capacidad adaptativa	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. Se considera que las figuras de protección por sí solo no basta para asegurar el resguardo de los humedales.			

4.3.2.2. CDI 4. Pérdida de atractivo turístico por desglaciación

Tabla 25. Ficha técnica de cálculo de la CDI – Pérdida de atractivo turístico por desglaciación

Cadena de impacto:		Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones para las comunas de Antuco, Alto Biobío y Santa Bárbara		
Justificación de la cadena seleccionada				
Investigaciones han documentado la disminución de los cascos glaciares presentes en las cimas de volcanes y montañas en la región del Biobío, como se ha registrado, por ejemplo, para el estratovolcán Sierra Velluda [14]. La desaparición de las masas glaciares traerá impactos sobre el sector turístico pues el flujo de visitantes disminuirá al desaparecer actividades como el trekking, esquí y observación del paisaje que suelen estar asociadas a destinos turísticos con áreas glaciares, como es el caso del Parque Nacional Laguna del Laja. Este impacto, generará, además, afectación a la economía regional y familiar de aquellos trabajadores dependientes de las actividades mencionadas. Por ello, es relevante estimar el nivel de riesgo que presentarán los atractivos turísticos de la región que cuentan con áreas glaciares.				
Amenaza				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Porcentaje de disminución de la nieve acumulada	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.	$\text{Cambio nieve acum (\%)} = \frac{\text{Nieve acum}_{fut} (\text{mm}) - \text{Nieve acum}_{hist} (\text{mm})}{\text{Nieve acum}_{hist} (\text{mm})}$	Máximo absoluto	Explorador de Amenazas Climáticas [10]
Índice de amenaza	Se considera el resultado de estandarización del indicador de disminución de nieve acumulada.			

Cadena de impacto:	Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones para las comunas de Antuco, Alto Biobío y Santa Bárbara			
Exposición				
Indicador	Descripción	Cálculo	Estandarización	Fuente
Ventas de empresas del sector Turismo en las comunas vinculadas.	Se contabilizan las ACT de interés turístico, es decir: alojamiento turístico, actividades de provisión de alimentos y bebidas, actividades de agencias de viajes y de otros servicios de reservas	$\sum \text{Ventas en UF de las ACT alojamiento turístico, actividades de provisión de alimentos y bebidas, actividades de agencias de viajes y de otros servicios de reservas}$	Máximo absoluto	Estadísticas de empresa [15]
Porcentaje de superficie comunal asociada a áreas glaciares de interés turístico	Considera la superficie glaciaria asociada a atractivos turísticos por comuna con respecto al área total de la comuna	$\text{Porcentaje superficie glaciaria comunal} = \frac{\text{Área glaciaria 2022 por comuna}}{\text{Área total de la comuna}} * 100$	Máximo absoluto	Inventario público de glaciares 2022 [16]
Índice de exposición	Para el cálculo del indicador final, se promedian los resultados de los dos indicadores anteriores:			
$E = \frac{1}{2}(E_1 + E_2)$				
Sensibilidad				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Fuerza de trabajo de sector Turismo por Comuna	Expresa la dependencia del empleo comunal con la industria del turismo considerando el número de trabajadores dependientes informados, según comuna y actividades (ACT)	$\sum \text{Trabajadores dependientes de las ACT alojamiento turístico, actividades de provisión de alimentos y bebidas, actividades de agencias de viajes y de otros servicios de reservas}$	Máximo absoluto	Estadísticas de empresa [15]
Diversidad de oferta turística	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	$\text{Diversidad del sector} = \text{Número de atractivos turístico diferentes a sitios de naturaleza de nevados y volcanes glaciares}$	Máximo absoluto	Atractivos turísticos [17]

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Cadena de impacto:		Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones para las comunas de Antuco, Alto Biobío y Santa Bárbara		
	diversidad de la oferta y dependencia respecto de dicha categoría de atractivo			
Retroceso glaciar	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.	$\text{Cambio área glaciar (\%)} = \frac{\text{Área glaciar}_{fut} (mm) - \text{Área glaciar}_{hist} (mm)}{\text{Área glaciar}_{hist} (mm)}$	Máximo absoluto	Inventario público de glaciares 2014 [18], 2022 [16]
Índice de sensibilidad	Para el cálculo del indicador final, se promedian los resultados de los dos indicadores anteriores:			
	$S = \frac{1}{3} (S_1 + S_2 + S_3)$			
Capacidad adaptativa				
Indicador	Justificación	Cálculo	Estandarización	Fuente
Existencia de planes de desarrollo de turismo comunales	Expresa la existencia de planes o estrategias de turismo adoptados en las comunas de la región.	$CA \begin{cases} 0 & \text{si la comuna no posee Plan de Desarrollo Turístico} \\ 1 & \text{si la comuna posee Plan de Desarrollo Turístico} \end{cases}$	Máximo absoluto	Páginas web de las Municipalidades
Índice de capacidad adaptativa	Se considera el resultado de estandarización del indicador de existencia de planes de desarrollo turístico			

4.5. Brechas de información

A partir del ejercicio de la estimación del riesgo para cada una de las cadenas seleccionadas, a continuación, se presentan las principales brechas de información que resultan importantes para levantar, con el fin de obtener una mejor estimación del índice de riesgo. Adicionalmente, en la Tabla 29 se detallan los componentes de aquellas cadenas propuestas que no pudieron ser calculadas por escasez de información.

Tabla 28. Brechas de información de las CDI calculadas

Sector	Cadena	Brecha	Propuesta de acciones
Pesca e infraestructura costera	Pérdida de recursos hidrobiológicos	Para los indicadores de sensibilidad del riesgo de desembarque de algas y del riesgo de desembarque de invertebrados, es necesario contar con un registro separado para algueros y para recolectores de invertebrados para la correcta estimación del indicador. Esto teniendo en cuenta que, como proxy, se utilizaron las categorías establecidas por SERNAPESCA en el Registro Pesquero Artesanal en las que no se da cuenta del total de pescadores desagregado por recurso pesquero para algas e invertebrados.	Recolectar y procesar información en el Registro Pesquero Artesanal de manera desagregada por recurso pesquero.
	Afectación a la recolección de orilla	Para la adecuada estimación de la sensibilidad es necesario contar con el total de recolectores de orilla registrados para cada una de las caletas de la región. Esto, considerando que para la cadena calculada se utilizó como proxy las categorías establecidas de en Registro Pesque Artesanal donde para la clasificación considerada, además de los recolectores de orilla, registra buzos apnea y algueros.	Recolectar y procesar información en el Registro Pesquero Artesanal de manera desagregada por tipo de recolección.
Turismo y biodiversidad	Pérdida de atractivo turístico por desglaciación	Como indicador de exposición resulta relevante incluir el total de población flotante turística para cada una de las comunas. Si bien el INE cuenta con esta información para la región, esta no se encuentra desagrada para las comunas consideradas en la cadena de impacto, por lo que no se consideró en la estimación de la exposición.	Recolectar y procesar la información de las encuestas de demanda turística del INE de manera desagregada por comuna.

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Tabla 29. Brechas de información de CDI no calculadas

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Sector	Cadena	Amenaza	Exposición	Vulnerabilidad	Brecha
Silvoagropecuario	Pérdida de recolección de PFM en bosques nativos por aumento de incendio forestales	Variación de la distribución de la especie Nalca <i>Gunnera tinctoria</i> disponible en el mapa de especies del Atlas de Riesgo Climático ARCLim (MMA, 2020)	Recolectores y recolectoras de Nalca "nalqueras y nalqueros" por comuna	<ul style="list-style-type: none"> -Proporción de población comunal en situación de pobreza multidimensional en relación al total de población comunal -Porcentaje de población de adultos mayores (> o igual 65 años) -Proporción de población comunal que se consideran parte de una población indígena -Porcentaje de población con educación básica completa o inferior -Dependencia de nalqueras y nalqueros de la especie -Diversidad de recolección de PFM 	A la fecha, no se cuenta con una encuesta de recolectores de Nalca por comuna y por región para Biobío, que dé cuenta del total de recolectores y de la dependencia de la especie en la actividad de recolección de PFM. Aunque existen avances como el catastro de recolectores y recolectoras de PFM desarrollado por INFOR en 2019 para las regiones de Biobío y Ñuble [19], es necesario contar con información desagregada a nivel regional y por comuna para la adecuada estimación de los indicadores mencionados.
	Aparición de nuevas plagas por el aumento de temperatura y las sequías	Aumento de la temperatura media anual y de la frecuencia de sequías disponible en el explorador de amenazas del Atlas de Riesgo Climático ARCLim (MMA, 2020)	Especies forestales vulnerables a la aparición de plagas	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la especie forestal - Sensibilidad de la especie forestal frente a la plaga 	A la fecha hace falta estudios específicos que puedan identificar que tipo de plagas están afectando las especies arbóreas y su relación con el cambio climático.
Pesca artesanal	Riesgo en la navegación por las barras costeras	Reducción de caudales en las desembocaduras de los ríos	Pescadores o botes en caleta que salen de desembocaduras de ríos	Superficie ocupada por las barras costeras sobre la superficie total del río Materialidad de la embarcación	Es necesario levantar un inventario mediante encuestas o censos que permita detallar información sobre el número de embarcaciones que parten desde las principales desembocaduras de ríos en la región, así como levantar otras investigaciones sobre el impacto del cambio climático sobre la superficie de las barras en la región.

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Sector	Cadena	Amenaza	Exposición	Vulnerabilidad	Brecha
Poblaciones y bienestar humano	Saturación del sistema eléctrico por cambios en la temperatura	Aumento en el consumo de energía por el aumento de la temperatura sobre los 30°C	Población total por comuna	<ul style="list-style-type: none">-Capacidad de la red de suministro eléctrico por comuna-Proporción de población comunal en situación de pobreza multidimensional en relación al total de población comunal-Porcentaje de población de adultos mayores (> o igual 65 años)-Proporción de población comunal que se consideran parte de una población indígena-Porcentaje de población con educación básica completa o inferior-Número de viviendas que cuentan con autoabastecimiento energético mediante paneles solares como indicador de la capacidad adaptativa	Es necesario estimar a nivel comunal la capacidad máxima que tienen las redes de distribución eléctrica con el fin de establecer el límite que podría generar la saturación o sobrecargar del sistema eléctrico por cuenta del incremento en el consumo.

4.6. Objetivos de adaptación

Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se presentan medidas enfocadas en disminuir y mitigar los riesgos identificados para cada sector económico de la región.

Tabla 30. Medidas de adaptación para la CDI

Sector	Riesgo asociado	Medida	Indicador	Alcance	Descripción
Poblaciones y bienestar humano	Inundaciones por lluvia	Mejoramiento de infraestructura crítica ante el aumento de precipitaciones considerando infraestructura híbrida	Número de obras de infraestructura verde por comuna	Comunal	Incluye la implementación de obras tales como techos verdes, bio-retenedores, humedales artificiales y sistemas urbanos de drenajes sostenibles en aquellas zonas de mayor vulnerabilidad a eventos de inundación en las comunas.
		Desarrollar estudios de la capacidad de la red de saneamiento urbana	Número de comunas para las que se ha desarrollado estudio de la red de saneamiento urbano/ total de comunas de la región	Comunal	Desarrollo de investigaciones que evalúen la capacidad de la red de saneamiento urbana bajo escenario climático que permitan identificar posibles mejoras y zonas de intervención.
	Inundaciones por anegamiento en asentamientos costeros	Implementación de Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones, y anegamientos en bordes costeros vulnerables al cambio climático.	Número de eventos alertados por el SAT y con efectividad de respuesta.	Regional	Operación de sistemas que detecten con anticipación parámetros climáticos que ayuden en la prevención de inundaciones y anegamientos.
		Seguridad hídrica urbana y rural	Fortalecimiento de instrumentos de planificación territorial que considere el crecimiento poblacional y las locaciones de asentamientos humanos/viviendas con el fin de favorecer la seguridad hídrica	Número de comunas que han integrado dentro de sus instrumentos un eje de gestión del recurso hídrico en relación al cambio climático/ Total de comunas	Comunal

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Sector	Riesgo asociado	Medida	Indicador	Alcance	Descripción
	Incendios urbanos y rurales	Implementar acciones del Programa “Comunidades Preparadas frente a los Incendios Forestales” de CONAF	Número de capacitaciones sobre preparación de incendios impartidas por comuna	Comunal	Implementar a nivel comunal acciones enfocadas en la preparación y mitigación de incendios en zonas rurales y urbanos enmarcadas bajo el programa de Comunidades Preparadas frente a los Incendios de CONAF: -Capacitaciones y sensibilización en dinámica de preparación y respuesta a incendios -Fortalecimiento de viviendas contra incendios forestales,
	Saturación del sistema eléctrico por cambios en la temperatura	Fomentar la adopción de sistemas de aire acondicionado y refrigeración de mayor eficiencia energética	Reducción del consumo energético asociado a equipos de acondicionamiento	Comunal	Fomentar en la comunidad el recambio o instalación de sistemas de aire acondicionado y refrigeración de alta eficiencia energética para prevenir el incremento de consumos energéticos y la sobrecarga de las redes de distribución.
	Efectos en la salud humana por olas de calor	Gestión de la prevención de las olas de calor y sus efectos a la población, mediante la instalación de una red de monitoreo y capacitación de prácticas saludables a la población vulnerable ante la exposición a temperaturas extremas provocadas por efectos del cambio climático	Número de sensibilizaciones impartidas a nivel comunal sobre acciones saludables ante olas de calor	Comunal	Instalación de una red de monitoreo de olas de calor como método de prevención. Educación de acciones saludables a la comunidad vulnerable a exposición a temperaturas extremas.
Pesca artesanal	Pérdida de recursos hidrobiológicos (algas, moluscos, especies bentónicas y peces) por cambios en las condiciones físicoquímicas de los océanos	Apoyar la implementación de Planes de Manejo en las diferentes caletas de la región	Número de planes de manejo de caletas en proceso de formulación /Total de caletas por comuna	Caletas	Apoyar la formulación e implementación de Planes de manejo de la actividad pesquera en las caletas de la región con el fin de mitigar las presiones asociadas a la extracción de los recursos y favorezca la sustentabilidad de la actividad. Para ello, de acuerdo con el Plan de Adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura ⁸ deberán incluirse programas que refuercen la reducción del descarte y la pesca incidental, así como la ejecución de buenas prácticas pesqueras.
		Generar mesas técnicas para el establecimiento de nuevas temporadas y	Mesa técnica por especie	Caletas	Como respuesta del cambio en las condiciones del mar, los ciclos de vida de las especies pueden verse afectados, por lo que es importante desarrollar investigaciones que

⁸ <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Plan-Pesca-y-Acuicultura-CMS.pdf>

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Sector	Riesgo asociado	Medida	Indicador	Alcance	Descripción
		áreas de veda, así como la identificación de nuevas áreas de pesca y especies hidrobiológicas			determinen nuevas temporadas y áreas de veda con el fin de proteger a las especies en sus ciclos de vida clave y favorecer el uso sustentable del recurso pesquero. Además, de la identificación de nuevas especies que puedan llegar a las áreas de pesca e identificar nuevas áreas de captura en las que puedan ubicarse las especies tras una redistribución de estas por cuenta del cambio de las condiciones del mar.
	Afectación a la pesca de orilla por el aumento de la cota de inundación	Implementar estrategias para la protección y recuperación del borde costero	Número de obras implementadas para la recuperación ambiental del borde costero	Comuna	Llevar a cabo obras para mitigar la degradación del borde costero por la erosión asociada al aumento de la cota de inundación, además de actividades de restauración y conservación de hábitat de especies de orilla como marismas, lagunas costeras y fiordos.
Turismo y biodiversidad	Pérdida de atractivo turístico por desglaciaciones para las comunas de Antuco, Alto Biobío y Santa Bárbara	Medir y monitorear la cantidad de nieve y glaciares, para gestionar las actividades deportivas invernales	Cantidad de nieve acumulada por glaciar	Comunas con área glaciar	Impulsar el uso eficiente y sustentable del recurso nieve operando centros cuando no exista un déficit y considerando así todas las actividades productivas, además de actualizar periódicamente la disponibilidad total de nieve. Generar métricas de la cantidad de nieve y hielo en glaciares.
	Pérdida de atractivo turístico natural por incendios forestales	Elaboración de planes de gestión de incendios forestales para garantizar la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas	Número de comunas que cuentan planes de gestión de incendios forestales	Comunas	El plan de gestión deberá incluir acciones específicas tales como sistemas de alerta temprana, brigadas de la gestión de riesgo, modificar la estructura del paisaje para impedir la propagación de fuego, realizar cortes de recuperación de árboles potenciales a propagar incendios, entre otros.
	Pérdida de biodiversidad por cambios de precipitación y temperatura	Promoción de la creación de espacios para conservar y proteger a las especies de fauna amenazadas por el cambio climático; y aumentar la protección en espacios existentes	Número de áreas con alguna categoría de protección en la comuna	Comunas	Implementación de territorios para conservar y resguardar especies de fauna con mayor capacidad adaptativa, por ejemplo, la protección en los bordes de las áreas de distribución (buffer), protección de humedales en las zonas costeras.
	Pérdida de biodiversidad por cambios de precipitación y temperatura	Implementar programas para conservar y proteger a las especies de flora y fauna amenazadas por el cambio climático	Monto anual de presupuesto destinado a proyectos de conservación y protección de la biodiversidad	Regional	Realización de carteras de proyectos para conservación y protección de especies de fauna con el fin de velar por el cuidado de las especies de flora y ecosistemas vulnerables al cambio climático

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal

Sector	Riesgo asociado	Medida	Indicador	Alcance	Descripción
	Degradación de humedales por déficit hídrico	Implementación de programas de recuperación y conservación de humedales	Número de acciones de restauración y recuperación de humedales implementadas	Comunas	Trabajo conjunto con las comunidades para el desarrollo de actividades de conservación, restauración ecológica como siembras de especies nativas, recuperación de los espejos de agua, o eliminación de presiones para la restauración pasiva.
Silvoagropecuario	Afectación al rendimiento de los cultivos y actividades pecuarias por el cambio de patrones de precipitación	Apoyar la implementación de programas de agricultura resiliente	Número de capacitaciones sobre agricultura resiliente impartidos en la comuna	Comuna	Apoyar el desarrollo de programas y capacitaciones a los pequeños y medianos agricultores enfocadas en la agricultura resiliente abarcando: Provisión de especies mejoradas y resistentes a condiciones de estrés hídrico, cosecha de agua y eficiencia del riego.
	Afectación Productos forestales no maderables (PFNM) por aumento de incendio forestales	Implementar programas de repoblamiento de especie ex situ en la región	Número de individuos reproducidos exitosamente en los bancos y liberados con éxito en campo	Regional	Los programas de conservación ex situ tienen por objeto el mantenimiento de poblaciones amenazadas asegurando a largo plazo la propagación de las especies y pueden incluir bancos de germoplasma donde se conservan especies para su posterior liberación en campo, estos pueden incluir jardines botánicos, viveros o herbarios.
	Aparición de nuevas plagas por el aumento de temperatura y las sequías	Desarrollo de investigaciones e implementación de biocontroladores	Número de investigaciones desarrolladas sobre biocontroladores por especie	Regional	El uso de biocontroladores representa una alternativa al uso de agrotóxicos para el control de plagas, estos pueden incluir microorganismos o el uso de parasitoides que se desarrollan en su estado larvario en otros artrópodos a los cuales terminan matando. Sin embargo, es importante llevar a cabo investigaciones que determinen según la especie afectada y la plaga, aquellos biocontroladores que sean adecuados para el control.

5. Conclusiones

El proceso participativo desarrollado en la región de Biobío permitió identificar 17 cadenas de impacto, dentro de las cuales se identificó a 8 como nuevas, mientras que las otras 9 cadenas ya existen en el ARClím, para las cuales se realizó un recálculo del riesgo que permitiera estandarizar el mismo a nivel regional.

De las 8 nuevas cadenas de impacto identificadas, 4 de estas pudieron ser calculadas, pues se disponía de datos suficientes para realizar las estimaciones correspondientes, mientras que las otras 4 no pudieron ser calculadas debido principalmente a falta de información específica en la región, falta de información a nivel comunal, entre otros factores.

A nivel regional se identificó que el sector con mayor riesgo en la región es el sector asociado a las poblaciones y bienestar humano, pues las proyecciones climáticas apuntan a un incremento de la inseguridad hídrica (urbana y rural), así como un incremento en los efectos adversos en la salud por las olas de calor, observándose que este impacto será más significativo en la provincia de Biobío. Por otro lado, también hay un riesgo considerable que afectará a las poblaciones producto del aumento de inundaciones (por lluvias, anegamiento costero) e incendios urbanos y rurales.

Respecto a los sectores productivos característicos de la región (pesca, turismo, silvoagropecuario), se identifica que la pesca es el sector de menor nivel de riesgo presentando niveles muy bajos de riesgo en relación al desembarque de los principales recursos explotados en la región (algas, peces e invertebrados), explicado principalmente porque la amenaza tenderá a disminuir en el tiempo. En relación al sector turismo se identifican algunas comunas con riesgo medio y alto por pérdida de atractivos turísticos como consecuencia de la desglaciación e incendios forestales, como son Santa Bárbara y Concepción, respectivamente. Finalmente, se identifica que algunos rubros agrícolas presentan niveles de riesgo significativos como son los cultivos de maíz y manzano rojo, especialmente en las comunas de la provincia de Biobío.

En base al análisis de riesgo realizado en la consultoría, se proponen algunas medidas de adaptación para reducir la exposición y/o disminuir la vulnerabilidad. Se sugiere que el análisis realizado durante la consultoría, así como la propuesta de medidas de adaptación sea profundizado durante el desarrollo de instrumentos de gestión climática como los Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC).

Anexos

Anexo 1. Evidencias talleres participativos

El anexo correspondiente a los talleres participativos se encuentra en los enlaces indicados en la tabla siguiente:

	Descripción	Disponible en
Logística del taller	Documentos de preparación para los talleres presenciales, que incluyen la metodología desarrollada, las bases de datos de los invitados y las invitaciones enviadas para cada evento realizado.	[Enlace] [Enlace]
Presentaciones proyectadas	Incluye cada una de las presentaciones expuestas en cada uno de los eventos realizado.	[Enlace] [Enlace]
Resultados del taller participativo	Incluye evidencias fotográficas de la información recopilada en los mapas y papelógrafos utilizados en las dinámicas participativas de cada evento.	[Enlace] [Enlace]

Anexo 2. Metodología de estandarización

A. Decil

$$D_1 = \frac{1 * n}{10}$$

Donde n es el número de datos del conjunto y D_1 es el número ordinal que es el decil 1 del conjunto de datos. Luego para calcular el valor estandarizado se siguen las siguientes condiciones:

$$\text{Si } \left(\frac{x}{D_1} \geq 1 \right) \text{ --- } x' = 1$$

$$\text{Si } \left(\frac{x}{D_1} < 1 \right) \text{ --- } x' = \frac{x}{D_1}$$

Donde x' es el valor estandarizado, x el valor original y D_1 el decil 1.

B. Máximo absoluto

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

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

C. Escalado de datos con mínimos y máximos

Permite estandarizar los datos mediante rangos previamente establecidos a través de la siguiente fórmula:

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

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.

Anexo 3. Metadata de cálculo de riesgo realizado

Las nuevas cadenas de impacto calculadas, las cuales se explican a detalle en la sección 4.2.2, se encuentran en la siguiente [carpeta Drive](#).

Referencias bibliográficas

- [1] GIZ and EURCA, “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,” 2017. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ_Risk-Supplement_Spanish.pdf
- [2] Ministerio del Medio Ambiente, “Atlas de Riesgo Climático para Chile,” 2020. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/03/Informe_ARCLIM_Consolidado.pdf
- [3] L. Cubillos, D. Soto, A. Hernández, and R. Norambuena, “Informe Proyecto ARClím: Pesca Costera,” Concepción, 2020.
- [4] ODEPA, *Ficha técnica Región del Biobío*, (2023). Accessed: Jun. 30, 2023. [Online Video]. Available: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/handle/20.500.12650/8963>
- [5] SUBPESCA, “Panorama de la pesca artesanal.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-article-645.html>
- [6] Ministerio del Medio Ambiente, “Base digital del Clima,” 2016. <http://basedigitaldelclima.mma.gob.cl/study/one> (accessed Jun. 30, 2023).
- [7] Ministerio de Desarrollo Social y Familia Chile, “Encuesta CASEN 2017,” 2017. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/informacion-social/encuesta-casen-2017>
- [8] Instituto Nacional de Estadística, “Censo de Población y Vivienda 2017,” 2017, Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: [https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda#:~:text=El%20C3%BAltimo%20censo%20de%20poblaci%C3%B3n,51%2C1%25\)%2C%20mujeres.](https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda#:~:text=El%20C3%BAltimo%20censo%20de%20poblaci%C3%B3n,51%2C1%25)%2C%20mujeres.)
- [9] Ministerio del Medio Ambiente, *Día Mundial de los Humedales: Seremi del Medio Ambiente insta a cuidar y no provocar degradación en estos frágiles ecosistemas*. 2021. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://mma.gob.cl/dia-mundial-de-los-humedales-seremi-del-medio-ambiente-insta-a-cuidar-y-no-provocar-degradacion-en-estos-fragiles-ecosistemas/>
- [10] Ministerio del Medio Ambiente, “Explorador de amenazas ARClím,” 2020. <https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/> (accessed Jun. 30, 2023).
- [11] SIMBIO, “Inventario Nacional de humedales.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://simbio.mma.gob.cl/Humedales>
- [12] Ministerio del Medio Ambiente, “Inventario Nacional de Humedales Urbanos,” 2020. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/inventario-humadales/>
- [13] BCN, “Humedales urbanos.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/79038/1/277282.pdf>

- [14] R. Perez, “Detección de cambios espaciales y temporales mediante técnicas de teledetección en la cobertura del glaciar Sierra Velluda, región del Biobío, Chile,” Universidad de Alcalá, 2020. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10017/50899>
- [15] Servicio de Impuestos Interno, “Estadísticas ,” 2019. https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html (accessed Jun. 30, 2023).
- [16] Ministerio de Obras Públicas, “Inventario público de glaciares 2022,” 2022. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.ide.cl/index.php/medio-ambiente/item/1665-glaciares>
- [17] SERNATUR, “Catastro de atractivos turísticos 2020,” 2020. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.ide.cl/index.php/medio-ambiente/item/1627-atractivos-turisticos>
- [18] Ministerio de Obras Públicas, “Inventario público de glaciares 2014,” 2014, Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://snia.mop.gob.cl/repositorioidga/handle/20.500.13000/125854>
- [19] INFOR, “Catastro de Recolectoras y Recolectores de Productos Forestales no Maderables en las regiones de Biobío y Ñuble,” 2019. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/29142/Catastro-Recolectores-PFNM-Regiones-Biobio-Nuble.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Informe final

Proceso participativo para la evaluación de riesgo frente al cambio climático en la región del Biobío y de nuevas cadenas de impacto a escala comunal
