



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Universidad de Concepción



EULACHILE

CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (PRODUCTO 9) DEL PROYECTO:

Recoger, levantar y sistematizar insumos para elaborar el Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Región del Biobío

Junio 2024

1.	PRESENTACIÓN Y CONSIDERACIONES	3
2.	DISEÑO METODOLÓGICO	4
3.	DESCRIPCION DEL SISTEMA CLIMÁTICO REGIONAL	6
3.1.	<i>Análisis climático del sistema regional del Biobío</i>	6
3.1.1.	Análisis climatológico histórico	7
3.1.2.	Sistema Hídrico.....	8
3.1.3.	Ecosistemas Marinos, Terrestres y Biodiversidad	9
3.1.4.	Especificidades regionales	10
4.	ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DE AMENAZAS CLIMÁTICAS PARA LA REGIÓN DEL BIOBÍO.....	12
4.1.	<i>Principales hallazgos de la proyección climática para la región del Biobío</i>	12
4.2.1.	Proyección climática a nivel territorial	14
4.2.2.	Efecto de proyecciones climáticas sobre amenazas multifactoriales.....	37
5.	CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN DEL BIOBÍO	42
5.1.	<i>Conceptos claves</i>	42
5.2.	<i>Aspectos metodológicos</i>	43
5.3.	<i>Identificación de las amenazas</i>	44
5.3.1.	De la revisión documental	44
5.3.2.	De la revisión detallada de ARClím	44
5.3.3.	De los talleres participativos	45
5.3.4.	Definición de amenazas climática.....	48
5.4.	<i>Identificación de la Exposición</i>	51
5.5.	<i>Definición de sectores regionales vulnerables al cambio climático</i>	53



5.5.1. Fundamentos.....	53
5.5.2. Conceptualización de sectores priorizados	55
5.5.3. Energía	55
5.5.4. Silvoagropecuario.....	57
5.5.5. Pesca y Acuicultura.....	59
5.5.6. Recursos Hídricos.....	60
5.5.7. Ciudades.....	61
5.5.8. Biodiversidad	62
5.5.9. Borde costero	63
5.6.0. Infraestructura y Transporte.....	64
6. CADENAS DE IMPACTOS: RIESGO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO.....	66
6.1 Características de las cadenas de impacto	66
6.2 Metadatos y datos	71



1. PRESENTACIÓN Y CONSIDERACIONES

Este documento contiene el producto 9: **“Caracterización de la vulnerabilidad al cambio climático”**. Su construcción se basa en la sistematización de los productos 7 “Contexto social, económico y ambiental relacionado al cambio climático”; 8. “Análisis de instrumentos de gestión del cambio climático”; 10 “Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero” y; los talleres participativos.

Algunas consideraciones de este documento son los siguientes:

- La **caracterización del clima de la región** (descripción del sistema climático regional) se entregó en el producto 7 (sección 4 “Contexto natural”) y es complementado en este producto con las **proyecciones climáticas futuras** para la región en base a información proveniente de ARCLIM.
- En el producto 7 se describió el sistema físico (como equivalente a contexto climático), especificando clima, sistemas hídricos (incluye usos del agua y restricciones) y amenazas socio naturales (incluyendo eventos meteorológicos extremos, inundaciones, remociones en masa e incendios forestales)
- El análisis de las proyecciones de amenaza climáticas regionales, se configura de la siguiente manera: primero, se especifican las principales amenazas basadas en las proyecciones climáticas futuras de la región del Biobío. Luego de ello se presentan cartografías para indicar su distribución espacial, realizando combinaciones de amenazas (primarias) para representar amenazas multifactoriales (o secundarias).
- Los **principales impactos presentes y futuros del cambio climático sobre los ecosistemas, asentamientos humanos y sectores económicos de la región**, que incluyen la caracterización del contexto social, natural y económico a nivel regional se encuentran realizado en el **producto 7** para la situación histórica y presente, con algunas reflexiones acerca de la situación futura. En particular, dentro del contexto social se especifica a) Demografía: crecimiento poblacional, densidad y distribución por sexo, b) Caracterización sociocultural: pueblos originarios), c) Caracterización socioeconómica: pobreza e ingresos autónomos y d) Bienestar social: acceso a servicios básicos y condiciones de viviendas. Luego, en el contexto natural, además de la descripción del sistema físico previamente señalado, se incluye a) Ecosistemas: terrestres, marinos, b) Especies amenazadas, c) Áreas protegidas, y d) Usos del territorio (cambios uso del suelo, detalle comunal). Finalmente, en el contexto económico, se describe: a) Indicadores económicos, b) Caracterización laboral, c) Exportaciones y d) Análisis de los principales sectores económicos: agropecuario, forestal, pesca, industrial (acero, metalmecánica, química, turismo), energía. Del mismo modo, se recogen aspectos del **producto 8** para una mejor caracterización de los desafíos de cada sector en el contexto del cambio climático.
- La **caracterización de la vulnerabilidad y riesgo al cambio climático para la Región del Biobío** se realiza utilizando un enfoque integrador que combina el análisis documental desarrollado en los productos 7 y 8, la perspectiva y experiencia de los actores locales, a través de talleres participativos, y una consulta a mesa de expertos interna formada por los profesionales del equipo



PARCC. Con ello se identifican los principales impactos presentes y riesgos futuros del cambio climático en la región.

- Dado lo anterior, lo que se integra en este producto es un análisis de amenazas y sectores que podrían ser impactados en el futuro a través de cadenas de impacto. Para ello primero se realizó una revisión de las cadenas de impacto disponibles en ARCLim, y más adelante, una elaboración de nuevas cadenas de impacto.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

Para la realización de este producto se utilizó un enfoque metodológico mixto. Esta "hibridación" entre lo cuantitativo y lo cualitativo facilita las miradas "complementarias" sobre la caracterización de la vulnerabilidad de la región del Biobío frente al cambio climático. Como veremos después, se utiliza una triangulación entre métodos que consiste en combinar técnicas de investigación no similares al medir una misma unidad de análisis. Con ello se pretende paliar las limitaciones de cada técnica, contrarrestándolas con las potencialidades de las otras (figura 1). De esta forma, la triangulación entre técnicas convierte en un vehículo para la validación cruzada, cuando se alcanzan los mismos resultados con métodos distintos, pero que apuntan a la misma dimensión del problema de investigación (CeaD'Ancona, 1999¹). Especialmente por el alto grado de dependencia existentes entre los impactos potenciales que las amenazas climáticas producirán en los diferentes sectores relevantes de la región.

Desde lo cualitativo se desarrollaron tres talleres participativos (dos con la sociedad civil y uno con el CORECC). El primer taller ciudadano se trabajó en base a "mesa de diálogo", donde los participantes abordaron la "Revisión Amenazas y Exposición al Cambio Climático" y la "Evaluación de la Vulnerabilidad y detección de Necesidades" (Anexo 4). Siguiendo este mismo enfoque, el taller CORECC se centró en generar información sobre el contexto de cambio climático, relacionado a las Amenazas y Debilidades de la región frente a esta problemática. Los principales hallazgos de las jornadas participativas permiten fundamentar los sectores de la región relevantes y afectados por el cambio climático como también priorizar/validar las amenazas y construir colaborativamente la proyección de impacto. Además, se usa la técnica de análisis documental para revisar información científica que permitió determinar la caracterización del sistema climático regional.

El enfoque cuantitativo se ejecutó a través del uso de datos proveniente de la dirección meteorológica de Chile para el período 1980-2010, construyendo una matriz en Excel para tabular la información y configurar el análisis climático histórico. La caracterización de las proyecciones climáticas futuras (escenario RCP 8.5) se basa en los datos disponibles en la plataforma Atlas de riesgo climático (ARCLIM)². Para ello se descargaron los datos, procesados con estadística descriptiva y representados espacialmente. La base de datos es posible encontrarla en formato de tabla y raster; mientras que la definición de cada índice es posible visualizarla por categoría, código, nombre, descripción, unidades y delta³. Estas proyecciones fueron complementadas con información cualitativa proveniente de cuatro talleres participativos (dos con la sociedad

¹ CeaD'Ancona, M. A. (1999). *La metodología cuantitativa: estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: Síntesis.

² <https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/>

³ https://arclim.mma.gob.cl/climate/ci_table



civil y dos con el CORECC), donde se valoraron algunas amenazas climáticas como más relevantes, y el trabajo experto interno.

Posteriormente se desarrolla la identificación de las amenazas climáticas, la exposición y la vulnerabilidad de los diversos sectores frente al cambio climático. El desarrollo metodológico de este punto se detalla en el apartado 5 de este informe y es la base para la elaboración de las cadenas de impacto, proceso que se inició con una revisión documental de cadenas disponibles en ARClím, y un análisis de expertos (equipo EULA PARCC), que identificó un conjunto de variables que se podrían integrar.

ETAPA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATO	EVIDENCIA
1. Contextualización del sistema climático regional	Análisis documental	Resumen ejecutivo del sistema climático regional
2. Análisis de las proyecciones de amenazas climáticas regionales	Análisis de datos Arclim	Caracterización de las amenazas climáticas
3. Caracterización de la vulnerabilidad	Análisis documental Revisión base datos Arclim Talleres participativos Mesa de expertos	Listado de Amenazas Climáticas Identificación y priorización de sectores Identificación de exposición e Impactos de potenciales del CC por sectores
4. Construcción de cadenas de impacto	Mesa de expertos	Listado de Cadenas de Impacto

Figura 1. Síntesis de estructura metodológica. Fuente. Elaboración propia.



3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CLIMÁTICO REGIONAL

3.1. Análisis climático del sistema regional del Biobío

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC⁴), el sistema climático es un sistema altamente complejo, que consta principalmente de cinco componentes y de la interacción que se genera entre ellos: la atmósfera, la hidrosfera, la criósfera, la litosfera y la biosfera. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y debido a forzamientos externos como erupciones volcánicas, variaciones solares y forzamientos antropogénicos, como la composición cambiante de la atmósfera y el cambio de uso de la tierra

Para proporcionar una comprensión integral del contexto climático local y sus implicancias para la vulnerabilidad de la región frente al cambio climático se utilizarán los siguientes elementos del sistema climático regional:

- Análisis climático histórico
- Sistema hídrico
- Ecosistema marino
- Ecosistemas y biodiversidad
- Especificidades regionales

Esta información fue elaborada en función de los resultados que entrega la plataforma del Ministerio de Medio Ambiente de Chile denominada Atlas de Riesgos climáticos (ARClím) cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de mapas de riesgos relacionados con el cambio climático empleando un marco conceptual común y una base de datos consistente siguiendo la guía del Quinto Reporte (AR5) del grupo de trabajo II del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (WGII-IPCC).

Esta plataforma proporciona información sobre 45 amenazas climáticas presentes en Chile obtenidas a partir del cambio que experimentara las variables climáticas entre el pasado reciente (1980-2010) y el futuro medio (2035-2065). El clima en ambos periodos es obtenido por simulaciones climáticas; en el caso del pasado reciente se ha verificado que las simulaciones reproduzcan el clima observado; mientras que el clima futuro no es una predicción sino una proyección basada en un escenario de intensas emisiones de gases con efecto invernadero (RCP8.5).

Los datos son accesibles en la sección de la plataforma denominada "Explorador de amenazas climáticas" que permite visualizar de manera geográfica y además permite descargar dicha información. Así, los datos para evaluar estas amenazas climáticas se obtuvieron a partir de los resultados de 25 Modelos Generales de Circulación (modelos climáticos globales) para un periodo de 100 años (1970 a 2070), con un intervalo de tiempo diario. Dado que estos modelos globales no tienen una resolución espacial suficientemente fina para representar correctamente los patrones espaciales de las variables atmosféricas de interés, se aplicaron técnicas de reducción de escala del tipo estadístico para generar una base de datos de alta resolución (5x5 km² para Chile).

⁴ IPCC (2014) Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA (eds) IPCC, Geneva, Switzerland, p 151. ISBN: 978-92-9169-143-2

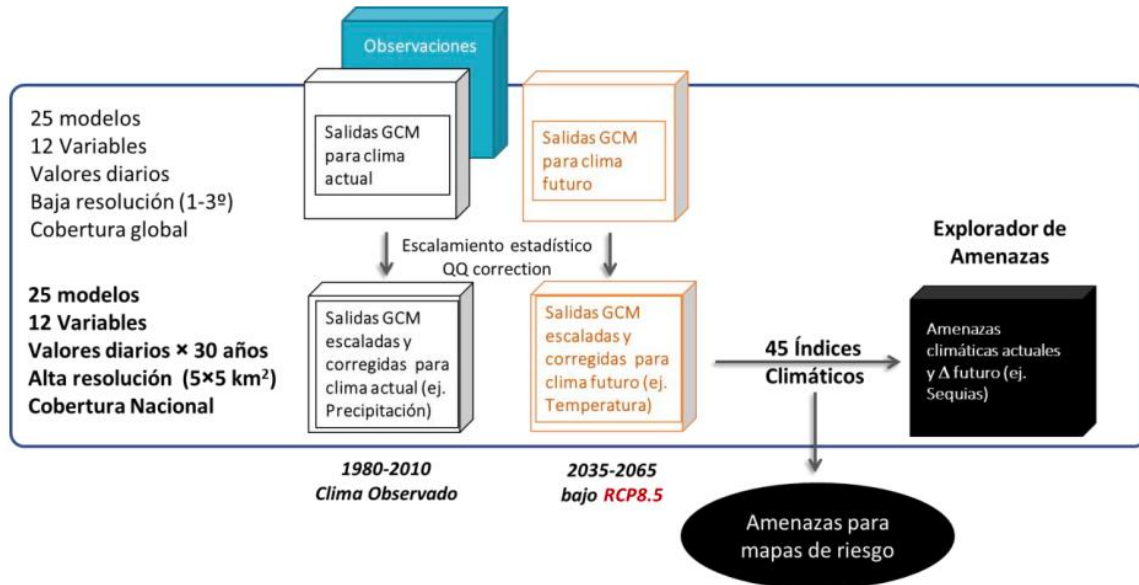


Figura 2. Fases del proceso de análisis de datos para la realización de proyecciones climáticas

3.1.1. Análisis climatológico histórico

Para poder determinar esta variable en el producto 7 se examinaron los datos climáticos de la región del Biobío a largo plazo considerando dos estaciones de la región.

- A) Estación N°360019 del tipo sinóptica aeronáutica ubicada en el Aeropuerto Carriel Sur en la comuna de Concepción que se encuentra a una altitud de 13 metros, con datos continuos desde 1966.
- B) Estación N°370033 del tipo sinóptica aeronáutica ubicada en el Aeródromo María Dolores en la comuna de Los Ángeles que se encuentra a una altitud de 118 metros, con datos discontinuos desde 1950.

A lo anterior, pueden mencionarse los fenómenos meteorológicos extremos, también descritos en el **producto 7** y la frecuencia de sequías, que se presenta en este documento.

Fenómenos meteorológicos extremos

Los fenómenos meteorológicos extremos en la región del Biobío pueden incluir eventos como tormentas, inundaciones, sequías y temperaturas extremas. En el **producto 7** se incluyen datos de inundaciones y de temperaturas extremas. Las tormentas en cambio han sido episodios puntuales. Actualmente también se incluyen los incendios forestales como una amenaza de carácter multifactorial.



Frecuencia de Sequias

Schmidt & Benítez-Sanz (2012⁵) lo definen como un periodo inusualmente seco de la duración o la intensidad suficiente para tener un impacto significativo sobre los ecosistemas, las economías o la sociedad. En una escala de tiempo se define como un peligro a mediano plazo que puede dar paso a una aridez y desertificación (largo plazo).

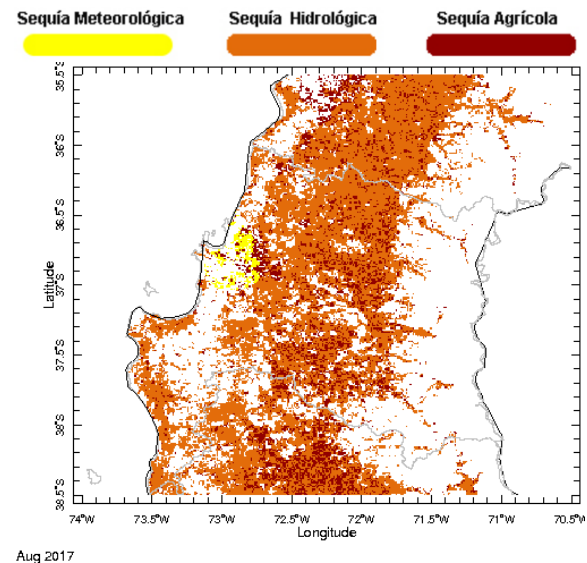
La Biblioteca de datos climático (<https://www.climatedatalibrary.cl/>) indica que el Índice de Sequía Combinado (CDI) informa sobre la condición actual de sequía en Chile e integra los indicadores de sequía meteorológica (Índice de Precipitación Estandarizado [IPE]), sequía hidrológica (anomalía de los caudales [ICE]) y sequía agrícola (Índice de vegetación de diferencia normalizada [NDVI]), en la Tabla 1, se aprecia el detalle de las variables. En la Figura 3 se aprecia la sequía de la Región del Biobío para el año 2017 según los metadatos.

Tabla 1. Variable Índice de Sequía Combinado (CDI).
Fuente: <https://www.climatedatalibrary.cl/>

Alerta	Condición de Sequía
Sequía Meteorológica	
1	Déficit en la precipitación (SPI-6 < -0.84)
Sequía Hidrológica	
2	Déficit en los caudales (ICE-6 < -0.84)
Sequía Agrícola	
3	Estrés hídrica en la vegetación (Anomalía de NDVI < -0.5)

Fuente: Biblioteca de datos climáticos

Figura 3. Sequía en la Región del Biobío. Fuente: <https://www.climatedatalibrary.cl/>



Aug 2017

Fuente: Biblioteca de datos climáticos

3.1.2. Sistema Hídrico

En el producto 7 se contextualizan aspectos relevantes del contexto natural, donde del sistema hídrico destaca el uso del agua (agricultura, generación hidroeléctrica, abastecimiento de agua potable y turismo), por la disponibilidad y estado de los cursos (ríos, esteros y canales artificiales) y cuerpos de agua (lagos y lagunas). Asimismo, son

⁵ Schmidt, G. & C. Benítez-Sanz (2012): Topic report on: Assessment of Water Scarcity and Drought aspects in a selection of European Union River Basin Management Plans. Study by Intecsa-Inarsa for the European Commission (under contract "Support to the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC)" (070307/2011/600310/SER/D.2)). <http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Assessment%20WSD.pdf>.



relevantes sus glaciares, humedales y acuíferos, siendo estos últimos claves para el abastecimiento de agua potable rural a través de pozos.

3.1.3. Ecosistemas Marinos, Terrestres y Biodiversidad

Los ecosistemas marinos descritos en el **producto 7** son relevantes tanto por su rica biodiversidad y variedad de hábitats marinos, como por su contribución económica a través de la extracción de recursos naturales.

Respecto a los ecosistemas terrestres, la región del Biobío en Chile presenta una diversidad de ecosistemas y biodiversidad debido a su variada geografía y clima. Es importante destacar que la biodiversidad de la región del Biobío enfrenta desafíos, como la fragmentación de hábitats debido a la urbanización y la agricultura, así como la conservación de especies amenazadas. Una descripción detallada de su configuración se presentó en el **producto 7 Apartado B** y cuyo contenido y fuentes se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de los ecosistemas presentes en la región del Biobío.

Tipo	Características	Fuente
Ecosistemas terrestres	Pisos Vegetacionales remanentes	Luebert & Pliscoff (2018)
	Bosque Nativo	CONAF (2021)
Ecosistemas acuáticos continentales	Lagos	DGA (2016)
	Lagunas	
	Ríos	DGA (2014)
	Humedales	Inventario Nacional de Humedales
	Glaciares	Inventario Público de Glaciares
Ecosistemas marinos	Litoral	Clasificación ecosistemas marinos chilenos.
	Zona de Surgencia	
	Mesopelágico (Mesobentónico – Pacífico Sudeste y Centro sur	
	Batipelágico (Batibentónico – Pacífico Sudeste),	
	Abisal	

Fuente. Elaboración propia en base a producto 7

Finalmente, un aspecto también relevante asociado a ecosistemas terrestres y marinos es conocer el grado de protección. La Tabla 3 resume las figuras disponibles y sus fuentes de información, detalladas en el **producto 7**.



Tabla 3. Resumen de las áreas protegidas de la región del Biobío

Características		Fuente
Áreas protegidas	12 unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE): 3 Parques Nacionales 3 Reservas Nacionales 4 Santuarios de la Naturaleza 1 Monumento Natural 1 Reserva Forestal	SIMBIO
Sitios Prioritarios de Conservación	5 sitios Ley 19.300 y 14 sitios ERB	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB) y Ley 19.300
Otras medidas de conservación	1 Bien Nacional Protegido: Humedales de Isla Raqui	Ministerio de Bienes Nacionales
	25 Iniciativas de Conservación Privada inscritas	CONAF
	1 Paisaje de Conservación: Territorio Nonguén	Ministerio de Medio Ambiente
	2 Reserva de la biosfera	UNESCO
	14 Humedales Urbanos declarados	Ley 21.202

Fuente. Elaboración propia en base a producto 7

A nivel de especies, la biodiversidad de la región del Biobío incluye especies amenazadas en diferentes categorías: 16 especies en peligro crítico, 54 especies en peligro de extinción y 43 especies categorizadas como vulnerables. En peligro crítico destacan dos tipos de ballenas (sei y fin) y el zarapito boreal. En peligro se puede relevar el huemul, el pitao y el queule, ambos árboles y peces como la carmelita o el bagrecito, además de la ranita de darwin. Entre las especies vulnerables, se puede nombrar al pudú, la rana chilena, el carpintero negro y el guindo santo.

3.1.4. Especificidades regionales

El producto 7 entregó detalles significativos respecto a las especificidades de la región del Biobío, por lo cual se invita a revisar este punto para conocimiento, especialmente el apartado 6 síntesis, conclusiones y proyecciones.

A continuación, se presenta un resumen sobre las especificidades de la región del Biobío en cuatro áreas clave:

Caracterización sociocultural: La región del Biobío es conocida por su diversidad sociocultural, que refleja una rica historia de influencias indígenas, coloniales y contemporáneas. Entre las características destacadas se encuentran: Pueblo Mapuche: La población mapuche tiene una presencia significativa en la región, con comunidades que han mantenido sus tradiciones y han desempeñado un papel importante en la conservación de la cultura indígena lo que se puede apreciar con mayor fuerza en las ciudades y a los alrededores de las provincias de Biobío y Arauco. Migración: La región ha experimentado flujos de migración interna y externa, contribuyendo a una mezcla



cultural diversa. Ciudades: Concepción, la capital regional, es un importante centro cultural y educativo, con universidades y una vida cultural vibrante. Lebu y Cañete, destacan como las principales ciudades de la provincia Arauco con un fuerte componente indígena, atractivos turísticos naturales (cuerpos de agua) y la presencia de un puerto y caletas (Lebu), lo que enfatiza la pesca en la economía local. Los Ángeles se el principal centro urbano de la provincia de Biobío, con una oferta educativa superior que se enfoque en los habitantes cordilleranos de la región y una economía basada en los servicios cuya centralidad favorece el comercio de la agricultura, ganadería y la industria manufacturera (SII, 2021).

Sectores económicos: La economía de la región del Biobío se sustenta en varios sectores económicos clave: Agricultura: La agricultura es una actividad económica importante, con cultivos como maíz, trigo, frutas y viñedos en expansión. Forestal: La industria forestal es fundamental, con la producción de madera, papel y celulosa como principales actividades. Pesca: La región tiene una próspera industria pesquera y acuícola, con la captura y cultivo de peces y mariscos. Manufactura: La región alberga una variedad de industrias manufactureras, incluyendo la producción de alimentos, textiles y productos químicos. Educación y servicios: La presencia de universidades y centros de investigación contribuye al sector de servicios, incluyendo la educación superior y la innovación tecnológica. Energía: La región alberga centrales hidroeléctricas, térmicas y parques eólicos que contribuyen significativamente a la producción de energía de Chile. Turismo: La belleza natural de la región atrae a turistas, con actividades que van desde el turismo de naturaleza hasta el turismo cultural.



4. ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DE AMENAZAS CLIMÁTICAS PARA LA REGIÓN DEL BIOBIO.

4.1. Principales hallazgos de la proyección climática para la región del Biobío

Tras analizar las 45 amenazas disponibles en ARClím, se priorizó una primera selección de 6 amenazas, en virtud de su variación proyectada total para la región y/o su variación interregional. Estas 6 amenazas son:

- Aumento de temperatura/Olas de calor
- Disminución de episodios fríos
- Disminución de la Humedad
- Disminución de las precipitaciones
- Disminución de la nieve acumulada
- Aumento de velocidad y frecuencia vientos

Tabla 4. Caracterización de las amenazas climáticas en la región del Biobío con desagregación a nivel comunal

Amenaza	Variable	Descripción de la variable	Variación promedio [histórico – futuro]	Variación interregional en el cambio [histórico – futuro]
Aumento de temperatura/ Olas de calor	Temperatura media	Valor medio de la temperatura media diaria, calculado como $0.5 \cdot (T_{max} + T_{min})$	Bajo incremento: De 12,2 a 13,4°C	Baja variación: MIN: 0,9 MAX: 1,4 D.S.: 0,1
	Olas de calor > 30°C	Número de días que la temperatura máxima diaria supera 30 °C durante 3 o más días seguidos	Alto incremento: De 3,9 a 5,8 días	Alta variación: MIN: 0,0 MAX: 13,4 D.S.: 4,4
	Duración de episodios calidos >3	Número de días con al menos 3 días consecutivos en que la temperatura máxima supera el percentil 90.	Alto incremento: De 7,5 a 29,6 días	Baja variación: MIN: 0,4 MAX: 23,8 D.S.: 0,8
Disminución de episodios fríos	Duración de episodios fríos +3D	Número de días con al menos 6 días consecutivos en que la temperatura mínima no supera el percentil 10 de la temperatura mínima diaria en el periodo de referencia (1980 a 2010).	Alta disminución: De 5,3 a 0,9 episodios	Baja variación: MIN: -4,8 MAX: -3,0 D.S.: 0,6
	Grados-Día bajo 0	Grados-día bajo 0°C	Alta disminución: De 22,0 a 13,9 grados-día bajo 0°C	Alta variación: MIN: -60,7 MAX: 0,0 D.S.: 15,0
Disminución de la Humedad	Humedad relativa media diaria	Valor medio del máximo diario de la humedad relativa (%)	Baja disminución: De 72,1 a 71,6%	Alta variación: MIN: -2,2 MAX: 0,5 D.S.: 0,6
Disminución de las precipitaciones	Lluvia acumulada	Cantidad de lluvia (agua líquida) acumulada en milímetros durante el período (año, estación, o mes) (unidad mm)	Baja disminución: De 1423,6 a 1225,1 mm	Baja variación: MIN: -15,0 MAX: -11,0 D.S.: 0,8
Disminución de la nieve acumulada	Nieve acumulada	Cantidad de nieve acumulada, expresada en mm de agua equivalente	Alta disminución:	Alta variabilidad: MIN: -0,1 MAX: -81,6



			De 134,1 a 55,1 mm	D.S.: -66,1
Aumento de velocidad y frecuencia vientos	Viento medio	Valor medio del máximo diario de la magnitud del viento (m/s)	Muy leve aumento: De 8,08 a 8,12 m/s	Alta variabilidad: MIN: -1,0 MAX: 2,0 D.S.: 0,7

Las variables climáticas disponibles en ARClím que fueron seleccionadas para su análisis detallado se indican en la Tabla 5. Los datos utilizados en cada capa fueron los correspondientes al delta entre los horizontes "Histórico" y "Futuro"

Tabla 5. Tabla de variables de amenazas climáticas

Variable	Nombre capa
Temperatura	<i>mean_temperature</i>
Olas de calor > 30°C	<i>hot_days</i>
Duración de episodios cálidos >3	<i>warm_spell_duration_index_short</i>
Duración de episodios fríos +3D	<i>cold_spell_duration_index_short</i>
Grados-Día bajo 0	<i>degdays_below_0c</i>
Humedad relativa media diaria	<i>hurs_mean</i>
Precipitación Anual Acumulada	<i>pr_sum</i>
Lluvia acumulada	<i>rain_sum</i>
Nieve acumulada	<i>snow_sum</i>
Viento medio	<i>vel_mean</i>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, también se agrega cambios del nivel del mar, marejadas y zona costera. Sin embargo, dado que no existen variables asociadas proyectadas en ARClím, se recurrió a fuentes externas para determinar la proyección. Algunos estudios para tomar de referencia son los de Torres-Mota, Salles, Almeida & Lopez-Gonzalez (2014⁶), el Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI (s.f.)⁷ y como complemento el Estudio Regional de los Efectos del Cambio Climático en la Costa de América Latina y el Caribe [C3E] (2015), cuyo visor⁸ es una herramienta fundamental para observar los efectos de cambio climático en la región, del mismo modo que la SEA LEVEL PROJECTION TOOL⁹ de la NASA.

⁶ <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n5/v5n5a1.pdf>

⁷ http://dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf

⁸ <https://c3a.ihcantabria.com/>

⁹ <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>



4.2.1. Proyección climática a nivel territorial

Proyecciones de cambio en la Temperatura Media Anual

A partir de los datos obtenidos en ARClím, se elaboró un mapa que muestra el cambio de la temperatura media anual en la Región del Biobío entre el pasado reciente (1980 – 2010) y el futuro mediano (2035 – 2065) bajo el escenario RCP 8.5. Se puede observar a nivel general un incremento de temperatura, donde el mayor aumento se da en áreas cordilleras. El resultado cartográfico se presenta en la Proyección en la temperatura media anual en la Región del Biobío. Donde Las comunas de la provincia de Biobío presentan incrementos significativos en la temperatura media diaria, especialmente en Laja, San Rosendo, Los Ángeles, Negrete, y Cabrero, con aumentos de hasta 1,4°C. (tabla 6).

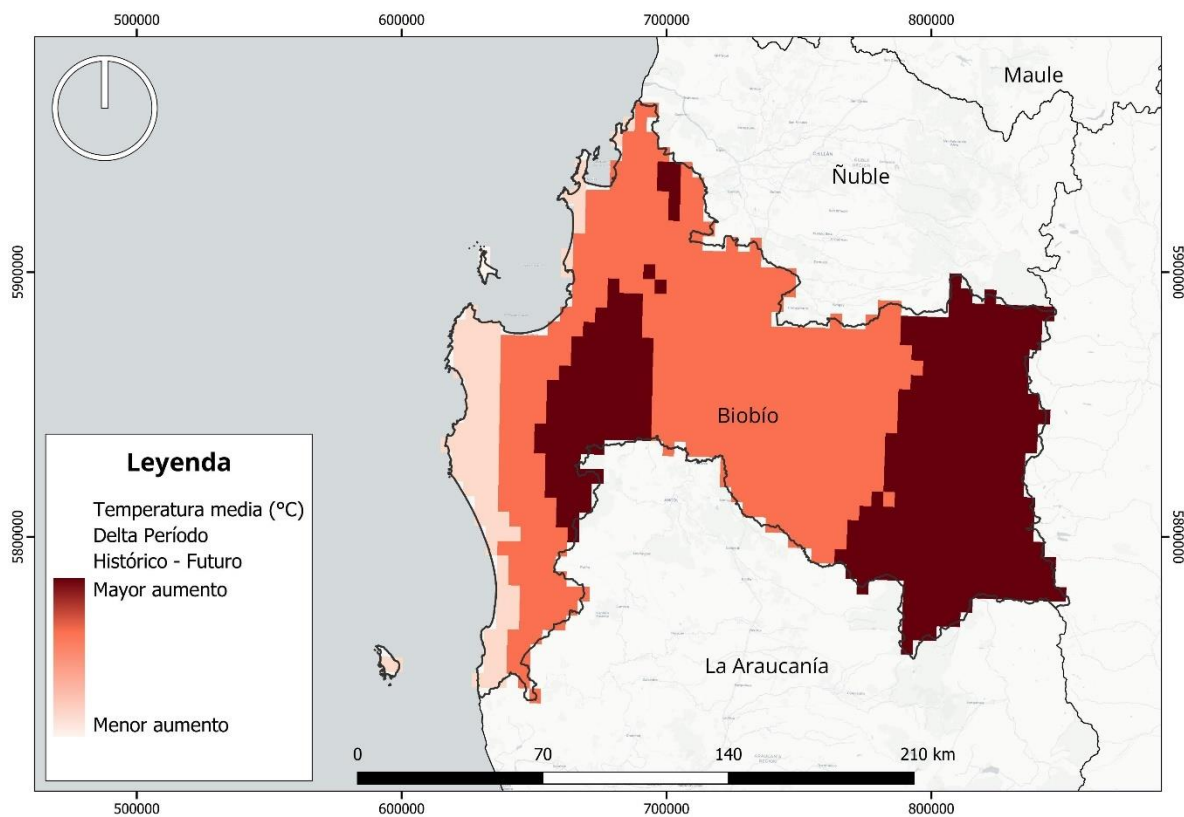


Figura 4. Proyección en la temperatura media anual en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 6. Proyecciones comunales de cambio en la temperatura media diaria.

Provincia	Comuna	T° MEDIA		
		Valor medio de la temperatura media diaria, calculado como $0.5 \cdot (T_{max} + T_{min})$		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	9,9	11,3	14%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	8,0	9,4	18%
BIOBÍO	TUCAPEL	10,9	12,2	12%
BIOBÍO	ANTUCO	8,3	9,7	17%
ARAUCO	ARAUCO	12,6	13,6	8%
ARAUCO	LEBU	11,9	12,7	7%
ARAUCO	CONTULMO	11,7	12,9	11%
ARAUCO	TIRÚA	12,2	13,2	8%
ARAUCO	CAÑETE	11,7	12,8	10%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	12,8	14,0	9%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	13,2	14,5	10%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	13,0	14,2	9%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	13,3	14,2	7%
CONCEPCIÓN	CORONEL	12,9	14,0	8%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	12,8	13,9	8%
ARAUCO	CURANILAHUE	11,8	13,1	11%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	11,6	12,7	10%
BIOBÍO	LAJA	13,6	14,8	9%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	13,5	14,8	9%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	12,8	14,2	11%
CONCEPCIÓN	LOTA	12,4	13,6	10%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	13,4	14,6	9%
BIOBÍO	NACIMIENTO	12,9	14,2	10%
BIOBÍO	NEGRETE	13,6	14,8	9%
BIOBÍO	MULCHÉN	11,9	13,1	11%
CONCEPCIÓN	PENCO	12,9	14,0	9%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	13,1	14,0	7%
BIOBÍO	QUILLECO	11,4	12,7	11%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	10,6	11,9	13%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	12,7	13,9	9%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	13,0	14,3	10%
BIOBÍO	CABRERO	13,6	14,8	9%
BIOBÍO	YUMBEL	13,6	14,8	9%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos de Arclim.



Proyecciones de cambio de Olas de calor > 30°C

Se observa un aumento generalizado en el número de días con olas de calor en el futuro en comparación con el histórico a nivel regional. Esto es especialmente notable en comunas como Laja, Los Ángeles y Cabrero en la provincia de Biobío (figura 5).

Las provincias de Biobío y Concepción muestran un aumento significativo en el número de días con olas de calor, especialmente en comunas como Laja, San Rosendo, Los Ángeles, Negrete y Cabrero en Biobío, y Hualqui y Santa Juana en Concepción. Sin embargo, en la provincia de Arauco, el aumento es mucho más moderado, con varias comunas (Lebu, Tirúa, Los Álamos) que no presentan un cambio significativo entre los periodos histórico y futuro (tabla 7).

Tabla 7. Proyecciones comunales de cambio de olas de calor

Provincia	Comuna	OLAS DE CALOR MAYOR > 30°C		
		Número de días que la temperatura máxima diaria supera 30°C durante 3 o más días seguidos		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	0,8	3,6	332%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	0,2	1,3	592%
BIOBÍO	TUCAPEL	1,1	4,3	279%
BIOBÍO	ANTUCO	0,1	0,6	944%
ARAUCO	ARAUCO	0,0	0,4	845%
ARAUCO	LEBU	0,0	0,0	0%
ARAUCO	CONTULMO	0,0	0,4	1323%
ARAUCO	TIRÚA	0,0	0,0	0%
ARAUCO	CAÑETE	0,0	0,1	0%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	0,3	2,3	672%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	2,9	10,2	251%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	0,3	2,1	668%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	0,0	0,0	0%
CONCEPCIÓN	CORONEL	0,2	1,2	412%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	0,0	0,2	0%
ARAUCO	CURANILAHUE	0,0	0,5	1092%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	0,0	0,0	0%
BIOBÍO	LAJA	6,8	19,3	184%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	5,5	16,6	203%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	4,0	12,2	206%
CONCEPCIÓN	LOTA	0,1	0,9	843%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	6,2	18,0	192%
BIOBÍO	NACIMIENTO	3,6	11,5	215%
BIOBÍO	NEGRETE	6,2	17,8	187%
BIOBÍO	MULCHÉN	2,7	8,6	225%
CONCEPCIÓN	PENCO	0,1	0,9	1450%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	0,0	0,1	0%
BIOBÍO	QUILLECO	2,5	8,2	235%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	1,1	4,6	313%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	0,1	0,7	952%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	1,0	5,1	413%
BIOBÍO	CABRERO	7,5	21,4	184%
BIOBÍO	YUMBEL	6,0	17,8	197%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos de Arclim.

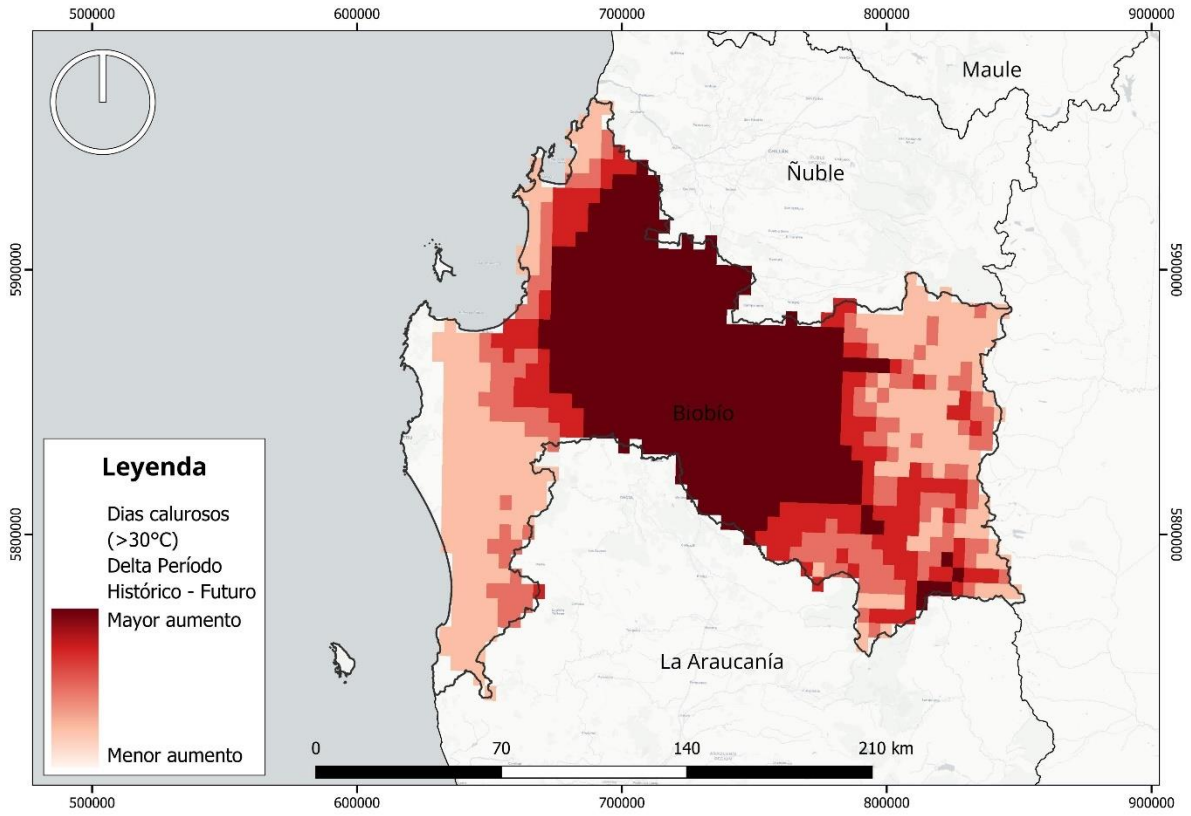


Figura 5. Proyección de días calurosos (>30°) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARCLim.



Proyecciones de cambio de Duración de episodios cálidos >3

La duración de los episodios cálidos experimenta un aumento, que varía según la zona geográfica. El mayor aumento en la duración de episodios cálidos se da en las zonas costeras desde el norte de la región hasta la desembocadura del río Biobío y desde el golfo de Arauco hasta el sur de la región incluyendo el territorio insular (tabla 8), abarcando también en este tramo parte de la cordillera de la costa. En el resto de la región se observa un aumento mínimo en la variable.

Tabla 8. Proyecciones comunales de duración de episodios cálidos

Provincia	Comuna	DURACION DE EPISODIOS CALIDOS >3		
		Número de días con al menos 3 días consecutivos en que la temperatura máxima supera el percentil 90.		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	7,7702	28,5631	268%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	7,6241	28,5983	275%
BIOBÍO	TUCAPEL	7,661	29,1298	280%
BIOBÍO	ANTUCO	7,6284	29,2239	283%
ARAUCO	ARAUCO	7,3781	31,4338	326%
ARAUCO	LEBU	7,3632	32,6035	343%
ARAUCO	CONTULMO	7,2795	29,4853	305%
ARAUCO	TIRÚA	7,394	30,9393	318%
ARAUCO	CAÑETE	7,3267	29,7674	306%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	7,5708	28,8208	281%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	7,3897	29,6111	301%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	7,5896	29,3396	287%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	7,6417	29,4167	285%
CONCEPCIÓN	CORONEL	7,4889	29,7889	298%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	7,4944	28,7611	284%
ARAUCO	CURANILAHUE	7,3037	30,3285	315%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	7,3072	30,5391	318%
BIOBÍO	LAJA	7,3393	29,6714	304%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	7,325	29,95	309%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	7,2978	29,5038	304%
CONCEPCIÓN	LOTA	7,3467	29,3833	300%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	7,4272	29,2911	294%
BIOBÍO	NACIMIENTO	7,3556	29,8551	306%
BIOBÍO	NEGRETE	7,3708	29,4625	300%
BIOBÍO	MULCHÉN	7,6701	29,0325	279%
CONCEPCIÓN	PENCO	7,6667	29,6767	287%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	7,6	29,8444	293%
BIOBÍO	QUILLECO	7,5867	29,1715	285%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	7,6697	28,9439	277%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	7,728	30,1848	291%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	7,5451	29,0944	286%
BIOBÍO	CABRERO	7,364	28,3807	285%
BIOBÍO	YUMBEL	7,3624	29,0247	294%

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Arclim

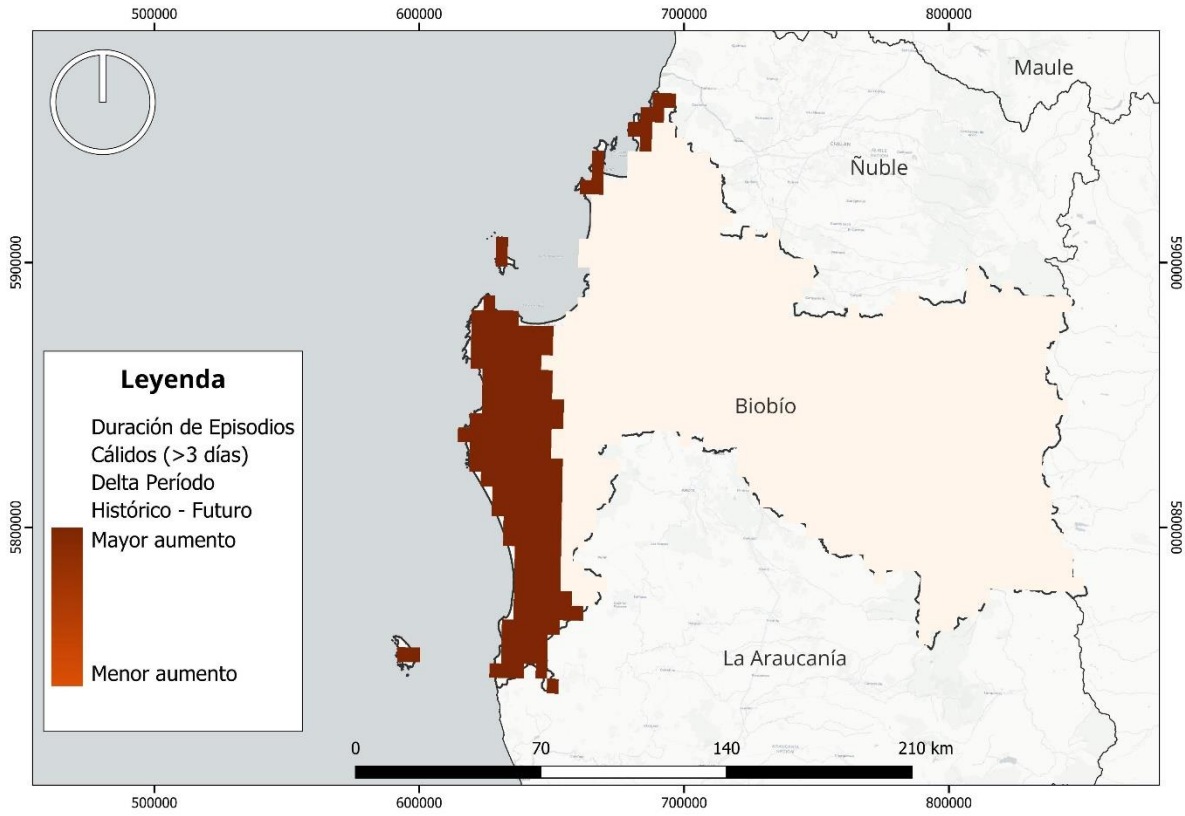


Figura 6. Proyección de Duración de Episodios Cálidos (>3 días) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Proyecciones de cambio de Duración de episodios fríos +3D

La duración de episodios fríos disminuye a nivel regional, que aumenta gradualmente de este a oeste, o sea, que las zonas andinas disminuirán menos de la duración de los episodios fríos (en días), mientras que en la zona de la cordillera de la costa y litoral disminuirán más de la variable.

En todas las comunas de la región del Biobío, se observa una tendencia a la reducción de la duración de los episodios fríos en el futuro, en comparación con el período histórico. Las comunas de la provincia de Arauco como Arauco, Lebu y Contulmo muestran reducciones significativas en la duración de los episodios fríos, reflejando una tendencia notable de disminución (tabla 9)

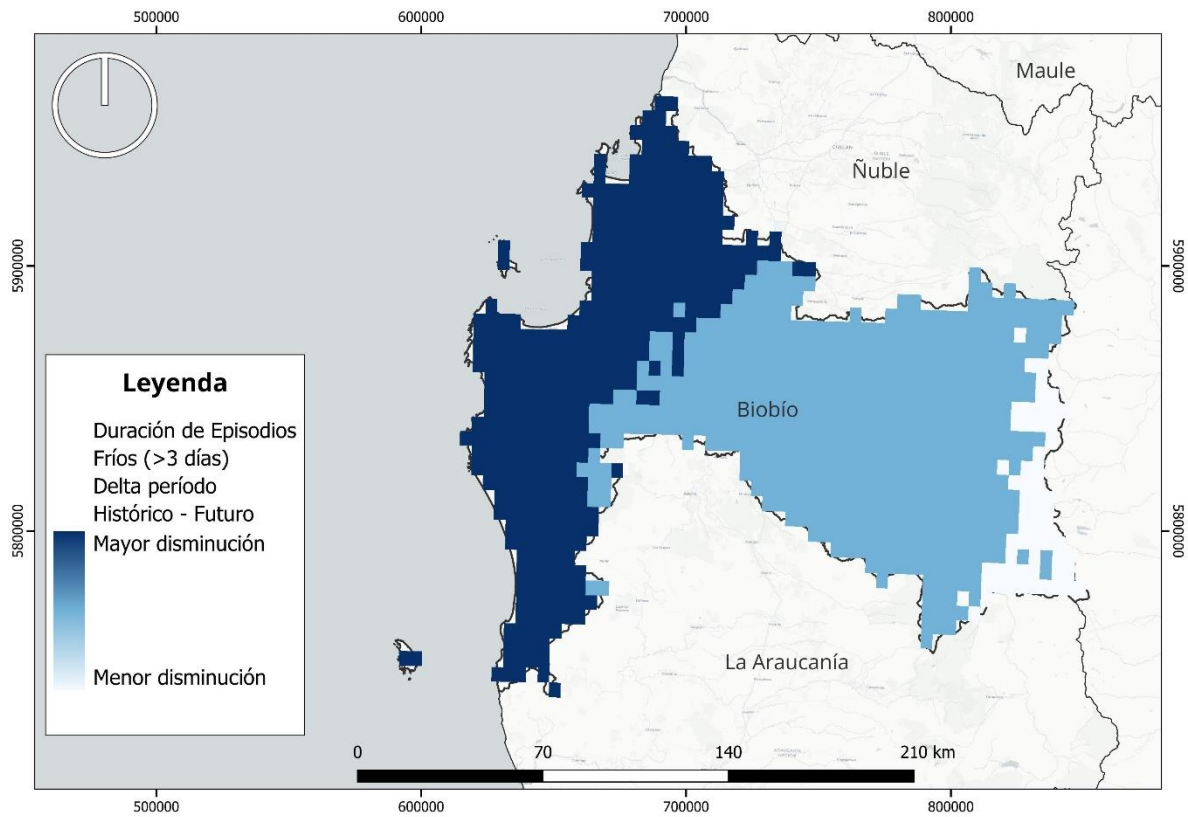


Figura7. Proyección de Duración de Episodios Fríos (>3 días) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 9. Proyecciones comunales de duración de episodios fríos

Provincia	Comuna	DURACIÓN DE EPISODIOS FRÍOS +3D		
		Número de días con al menos 6 días consecutivos en que la temperatura mínima no supera el percentil 10 de la temperatura mínima diaria en el periodo de referencia (1980 a 2010).		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	4,673	1,2723	-73%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	4,7617	1,3715	-71%
BIOBÍO	TUCAPEL	4,9596	1,1333	-77%
BIOBÍO	ANTUCO	4,878	1,2679	-74%
ARAUCO	ARAUCO	5,4136	0,7829	-86%
ARAUCO	LEBU	5,3632	0,8007	-85%
ARAUCO	CONTULMO	5,2308	0,8885	-83%
ARAUCO	TIRÚA	5,446	0,8967	-84%
ARAUCO	CAÑETE	5,3633	0,8548	-84%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	5,6417	0,7917	-86%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	5,4143	0,854	-84%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	5,6604	0,7833	-86%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	5,7917	0,7417	-87%
CONCEPCIÓN	CORONEL	5,6028	0,8014	-86%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	5,7444	0,8056	-86%
ARAUCO	CURANILAHUE	5,1992	0,8598	-83%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	5,2971	0,8391	-84%
BIOBÍO	LAJA	5,0762	0,9738	-81%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	5,175	0,925	-82%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	5,2613	0,878	-83%
CONCEPCIÓN	LOTA	5,4167	0,8267	-85%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	4,9473	1,0721	-78%
BIOBÍO	NACIMIENTO	4,9968	0,9815	-80%
BIOBÍO	NEGRETE	4,8542	1,0375	-79%
BIOBÍO	MULCHÉN	4,7404	1,1543	-76%
CONCEPCIÓN	PENCO	5,7633	0,79	-86%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	5,8333	0,7556	-87%
BIOBÍO	QUILLECO	4,7793	1,1574	-76%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	4,6673	1,2388	-73%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	5,7848	0,803	-86%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	5,5243	0,8618	-84%
BIOBÍO	CABRERO	5,2173	0,972	-81%
BIOBÍO	YUMBEL	5,2849	0,9145	-83%

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Arclim



Proyecciones de cambio de Grados-Día bajo 0°C

La proyección del cambio en la variable Grados-Día presenta una disminución a nivel regional, teniendo la mayor disminución en la cordillera de los Andes, precordillera y en algunos puntos específicos de la cordillera de Nahuelbuta. El resto de la región experimenta una baja disminución.

En Concepción, las comunas pertenecientes a la Gran Concepción tienden a mantener una baja relativamente constante de grados-día bajo cero, históricamente y en el futuro, indicando una baja uniforme en las temperaturas mínimas (tabla 10).

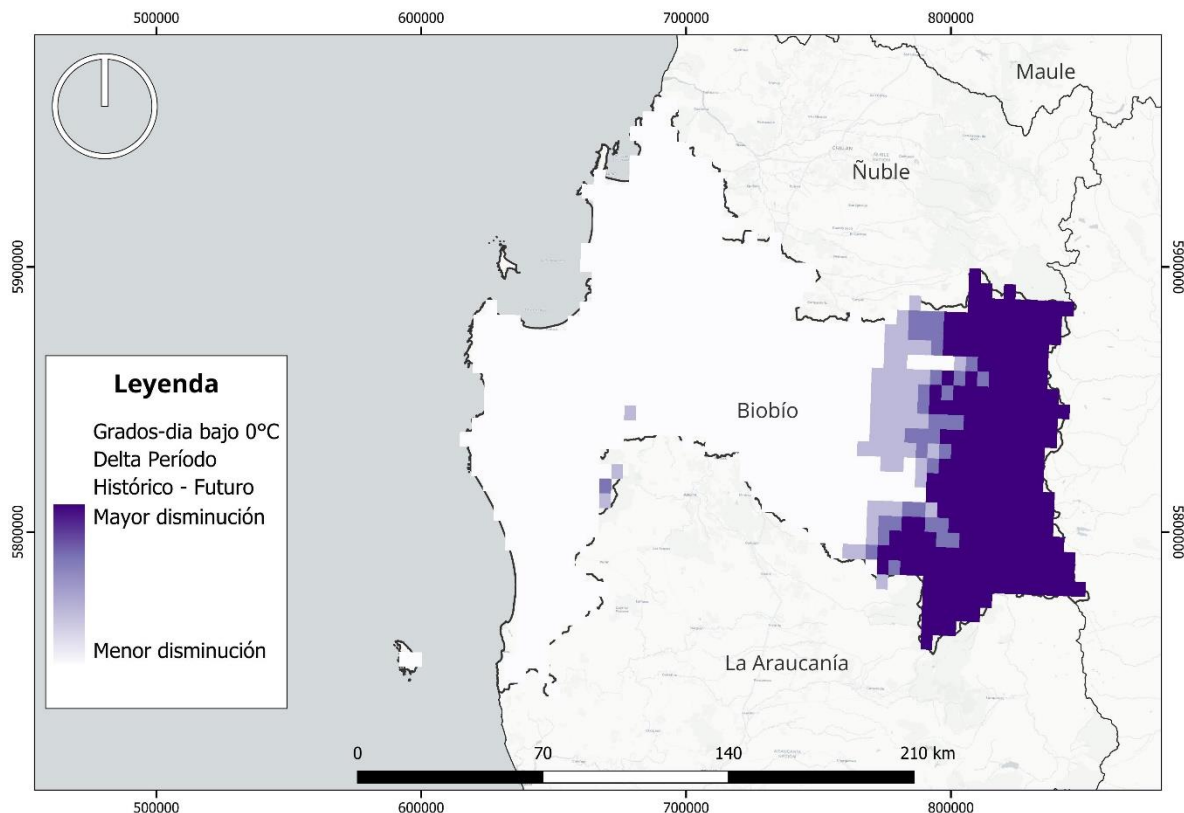


Figura 8. Proyección de Grados-día bajo 0°C en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClim.



Tabla 10. Proyecciones comunales de cambio de grado. Días bajo 0°C

Provincia	Comuna	GRADOS-DIA BAJO 0		
		Grados-día bajo 0°C		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	89,5205	57,6583	-36%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	207,1298	147,0486	-29%
BIOBÍO	TUCAPEL	50,269	29,0246	-42%
BIOBÍO	ANTUCO	177,8772	123,1114	-31%
ARAUCO	ARAUCO	0,473	0,1112	-76%
ARAUCO	LEBU	0,1493	0,0216	-86%
ARAUCO	CONTULMO	1,8225	0,5203	-71%
ARAUCO	TIRÚA	0,1519	0,0299	-80%
ARAUCO	CAÑETE	3,0186	1,0801	-64%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	1,0161	0,2048	-80%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	2,4642	0,6084	-75%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	0,9352	0,1921	-79%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	0,0263	0	-100%
CONCEPCIÓN	CORONEL	0,2636	0,0455	-83%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	0,1521	0,0172	-89%
ARAUCO	CURANILAHUE	2,8178	0,8301	-71%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	1,8953	0,5486	-71%
BIOBÍO	LAJA	5,0839	1,6769	-67%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	3,3892	0,956	-72%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	4,093	1,1989	-71%
CONCEPCIÓN	LOTA	1,6376	0,3974	-76%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	8,8139	3,4412	-61%
BIOBÍO	NACIMIENTO	5,5399	1,8786	-66%
BIOBÍO	NEGRETE	5,8764	2,0751	-65%
BIOBÍO	MULCHÉN	25,7704	13,9064	-46%
CONCEPCIÓN	PENCO	0,7906	0,1546	-80%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	0,0351	0,0004	-99%
BIOBÍO	QUILLECO	41,8189	24,6666	-41%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	66,2728	42,8024	-35%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	1,0108	0,2133	-79%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	3,7063	0,9404	-75%
BIOBÍO	CABRERO	7,9195	2,7459	-65%
BIOBÍO	YUMBEL	4,6143	1,3484	-71%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM.



Proyecciones de cambio de Humedad relativa media diaria

La región experimenta una disminución de la humedad relativa media diaria, existiendo una mayor disminución de la humedad en zonas cordilleranas; mientras que en zonas centrales y costeras la disminución es homogénea.

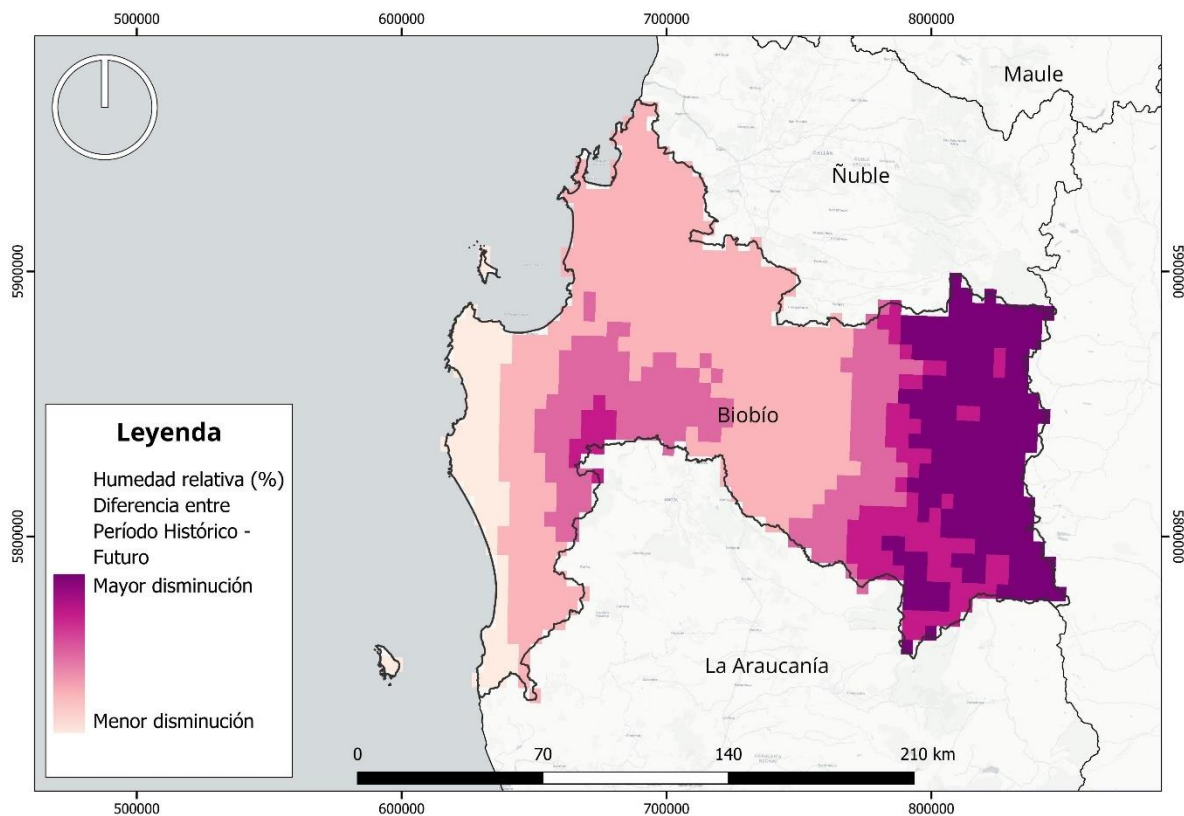


Figura 9. Proyección de humedad relativa (%) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 11. Proyecciones de cambio comunal en la humedad relativa media diaria del aire.

Provincia	Comuna	Humedad relativa media diaria		
		Valor medio del máximo diario de la humedad relativa (%)		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	70,3066	69,009	-2%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	66,7634	65,2741	-2%
BIOBÍO	TUCAPEL	68,6502	67,4963	-2%
BIOBÍO	ANTUCO	64,5975	63,1706	-2%
ARAUCO	ARAUCO	75,7453	75,8019	0%
ARAUCO	LEBU	78,2299	78,6254	1%
ARAUCO	CONTULMO	74,4472	74,0064	-1%
ARAUCO	TIRÚA	77,0288	77,0903	0%
ARAUCO	CAÑETE	74,8674	74,576	0%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	73,0013	72,5338	-1%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	71,3254	70,8781	-1%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	72,5458	72,1578	-1%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	75,8424	75,6604	0%
CONCEPCIÓN	CORONEL	75,5541	75,3761	0%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	75,0167	74,6268	-1%
ARAUCO	CURANILAHUE	72,8139	72,1913	-1%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	74,7997	74,5556	0%
BIOBÍO	LAJA	69,9049	69,4212	-1%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	70,0909	69,6473	-1%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	70,8555	70,2807	-1%
CONCEPCIÓN	LOTA	73,2882	72,8697	-1%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	70,2153	69,7096	-1%
BIOBÍO	NACIMIENTO	70,2524	69,5863	-1%
BIOBÍO	NEGRETE	70,1994	69,5838	-1%
BIOBÍO	MULCHÉN	71,2867	70,4007	-1%
CONCEPCIÓN	PENCO	72,8724	72,5808	0%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	76,1787	75,9592	0%
BIOBÍO	QUILLECO	69,8988	69,0278	-1%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	69,4846	68,4035	-2%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	73,5311	73,2185	0%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	70,5057	70,0878	-1%
BIOBÍO	CABRERO	69,916	69,4395	-1%
BIOBÍO	YUMBEL	70,1646	69,7029	-1%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM



Proyecciones de cambio de Precipitación acumulada

La precipitación acumulada integra datos de lluvia y nieve acumulada. A partir de los datos obtenidos en ARClím, se elaboró un mapa que muestra el cambio de la precipitación anual acumulada en la Región del Biobío entre el pasado reciente (1980 – 2010) y el futuro mediano (2035 – 2065) bajo el escenario RCP 8.5. En general, se observa una mayor disminución de las precipitaciones en la región norte, mientras que en la zona norte hay una menor disminución; este cambio de precipitaciones se explica por el factor de latitud que influye en los cambios de patrones de temperatura y precipitación.

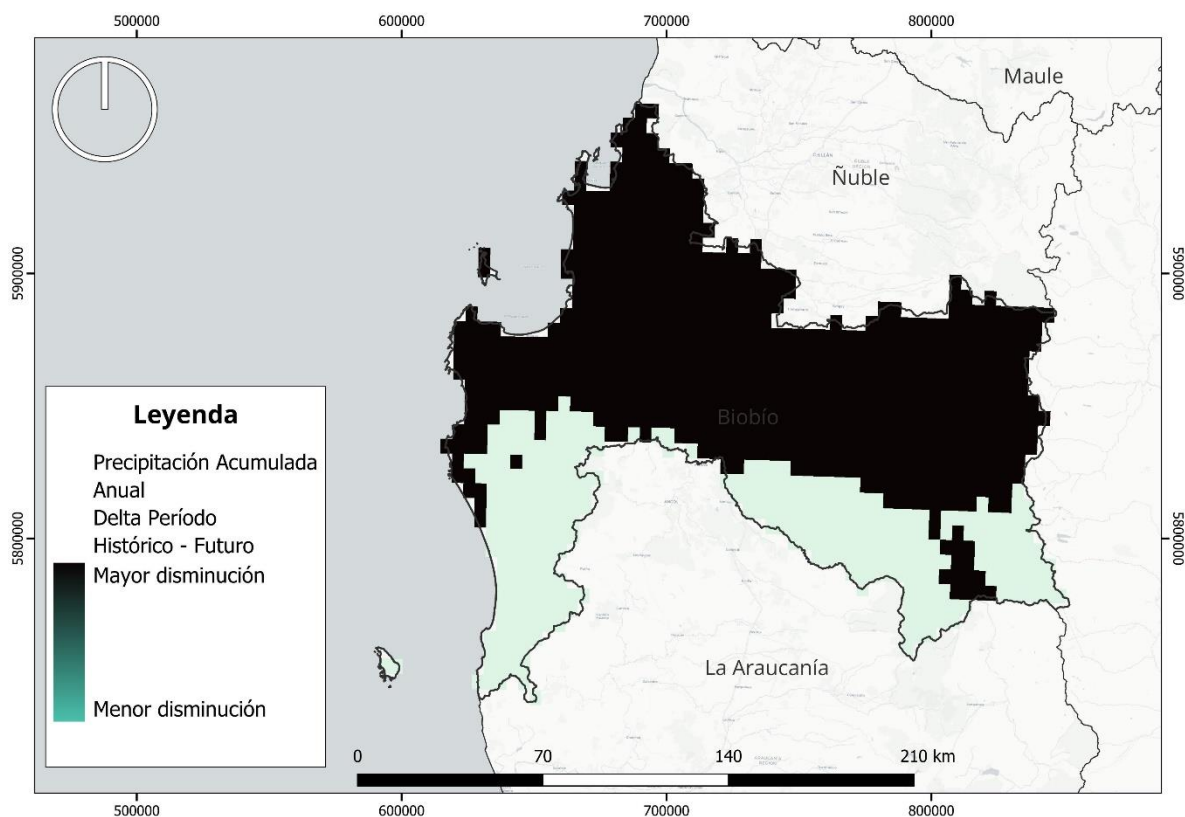


Figura 10. Proyección de Precipitación acumulada anual (mm) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 12. Proyecciones de cambio comunal en la precipitación acumulada.

Provincia	Comuna	Precipitación acumulada		
		Cantidad de precipitación (lluvia y nieve) acumulada (unidad mm)		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	2404,5786	2053,2784	-14,6096
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	2070,6824	1775,9497	-14,2336
BIOBÍO	TUCAPEL	1769,712	1497,4621	-15,3838
BIOBÍO	ANTUCO	1995,3022	1692,3463	-15,1835
ARAUCO	ARAUCO	1434,1343	1217,4302	-15,1104
ARAUCO	LEBU	1311,5233	1116,4475	-14,874
ARAUCO	CONTULMO	1332,0122	1144,4983	-14,0775
ARAUCO	TIRÚA	1536,4871	1331,6006	-13,3347
ARAUCO	CAÑETE	1402,0369	1199,3207	-14,4587
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	1180,6949	989,8845	-16,1609
CONCEPCIÓN	HUALQUI	1232,007	1037,8185	-15,762
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	1081,2591	904,9943	-16,3018
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	1011,7656	847,4487	-16,2406
CONCEPCIÓN	CORONEL	1277,5096	1078,8642	-15,5494
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	1212,4235	1018,933	-15,959
ARAUCO	CURANILAHUE	1985,5385	1686,8453	-15,0434
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	1568,5576	1335,4228	-14,863
BIOBÍO	LAJA	1090,3574	930,4342	-14,667
BIOBÍO	SAN ROSENDO	1152,6451	979,0044	-15,0645
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	1720,8827	1460,7356	-15,1171
CONCEPCIÓN	LOTA	1629,0757	1380,9329	-15,2321
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	1172,5227	999,3701	-14,7675
BIOBÍO	NACIMIENTO	1612,2674	1373,1137	-14,8334
BIOBÍO	NEGRETE	1047,1125	894,0269	-14,6198
BIOBÍO	MULCHÉN	1901,6158	1621,3365	-14,739
CONCEPCIÓN	PENCO	1050,5037	877,6292	-16,4563
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	985,7474	823,554	-16,4538
BIOBÍO	QUILLECO	1710,8782	1453,2482	-15,0583
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	2007,5964	1707,5004	-14,948
CONCEPCIÓN	TOMÉ	1064,7629	889,8258	-16,4297
CONCEPCIÓN	FLORIDA	1115,8771	933,0434	-16,3847
BIOBÍO	CABRERO	1129,751	953,9841	-15,558
BIOBÍO	YUMBEL	1137,6893	959,8543	-15,6313

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM



Proyecciones de cambio de Lluvia acumulada

La región experimenta una disminución de la lluvia acumulada según las proyecciones de ARClím. En específico, la mayor disminución se experimentará en gran parte del territorio regional a excepción de la zona andina y el sur de la región en la costa, en donde la disminución será menor.

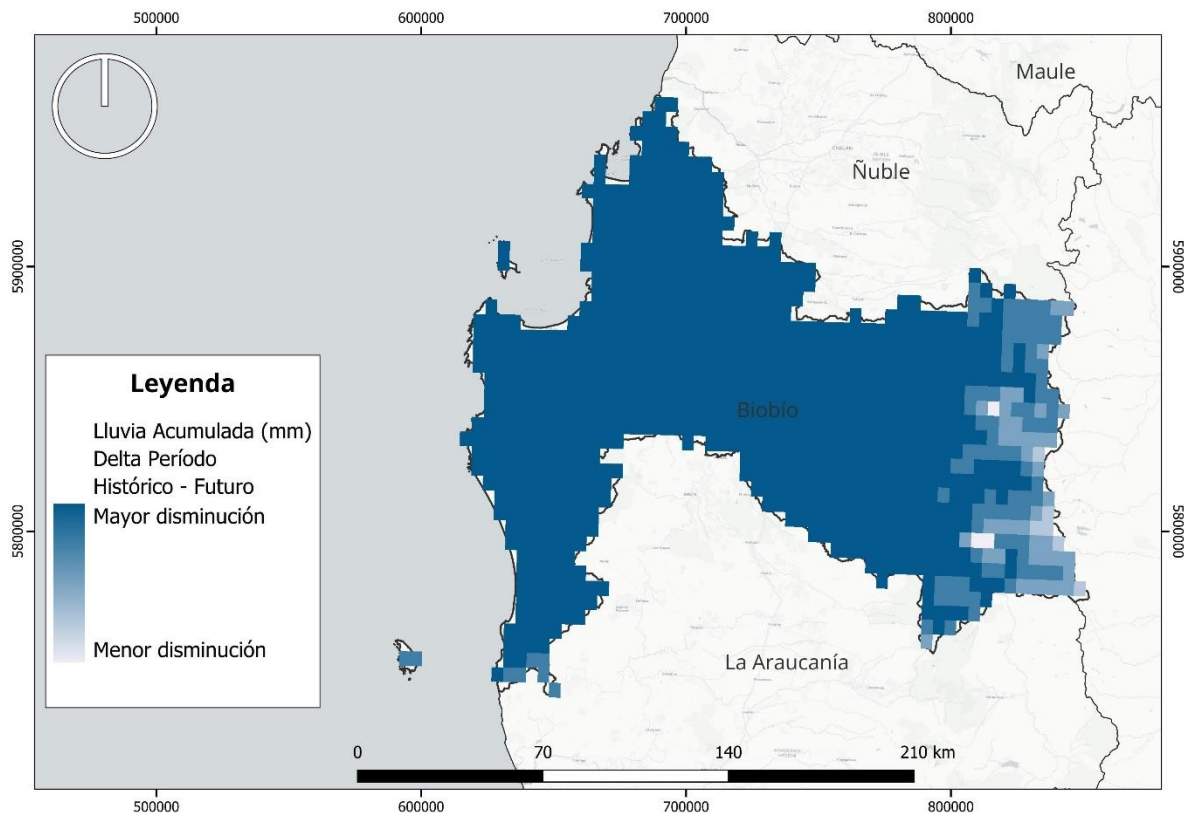


Figura 11. Proyecciones de Lluvia acumulada (mm) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 13. Proyecciones de cambio comunal en la lluvia acumulada.

Provincia	Comuna	Lluvia acumulada		
		Cantidad de lluvia (agua líquida) acumulada en milímetros durante el período (año, estación, o mes) (unidad mm)		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	2368,6678	2063,7347	-13%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	1938,934	1725,9937	-11%
BIOBÍO	TUCAPEL	1756,9596	1499,746	-15%
BIOBÍO	ANTUCO	1895,5491	1658,469	-13%
ARAUCO	ARAUCO	1433,7123	1225,4826	-15%
ARAUCO	LEBU	1310,9212	1119,8754	-15%
ARAUCO	CONTULMO	1331,2999	1150,49	-14%
ARAUCO	TIRÚA	1534,9762	1334,4484	-13%
ARAUCO	CAÑETE	1400,9229	1203,4761	-14%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	1180,4058	1010,0332	-14%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	1231,6959	1054,7787	-14%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	1081,1622	924,4823	-14%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	1011,5824	861,8346	-15%
CONCEPCIÓN	CORONEL	1277,2447	1092,585	-14%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	1212,3339	1037,1533	-14%
ARAUCO	CURANILAHUE	1984,8389	1710,4481	-14%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	1566,9365	1341,7818	-14%
BIOBÍO	LAJA	1090,1772	934,9298	-14%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	1152,5035	987,8458	-14%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	1720,3831	1477,0764	-14%
CONCEPCIÓN	LOTA	1628,4709	1393,1828	-14%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	1172,0458	1004,3405	-14%
BIOBÍO	NACIMIENTO	1612,025	1389,567	-14%
BIOBÍO	NEGRETE	1046,8605	904,2151	-14%
BIOBÍO	MULCHÉN	1897,6113	1641,611	-13%
CONCEPCIÓN	PENCO	1050,302	897,7273	-15%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	985,631	839,5934	-15%
BIOBÍO	QUILLECO	1692,8201	1452,4542	-14%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	1966,6348	1698,1092	-14%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	1064,3588	907,8602	-15%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	1115,6498	953,523	-15%
BIOBÍO	CABRERO	1129,3134	959,4977	-15%
BIOBÍO	YUMBEL	1137,2959	973,2083	-14%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM



Proyecciones de cambio de Nieve acumulada

La proyección de la nieve acumulada en la región experimenta una disminución en toda el área que contempla: la precordillera y cordillera andina, siendo la amenaza en la zona precordillerana, mientras que la cordillera de los Andes experimenta una menor disminución. En el resto del territorio la nieve acumulada es inexistente y/o no tiene información disponible en ARClím.

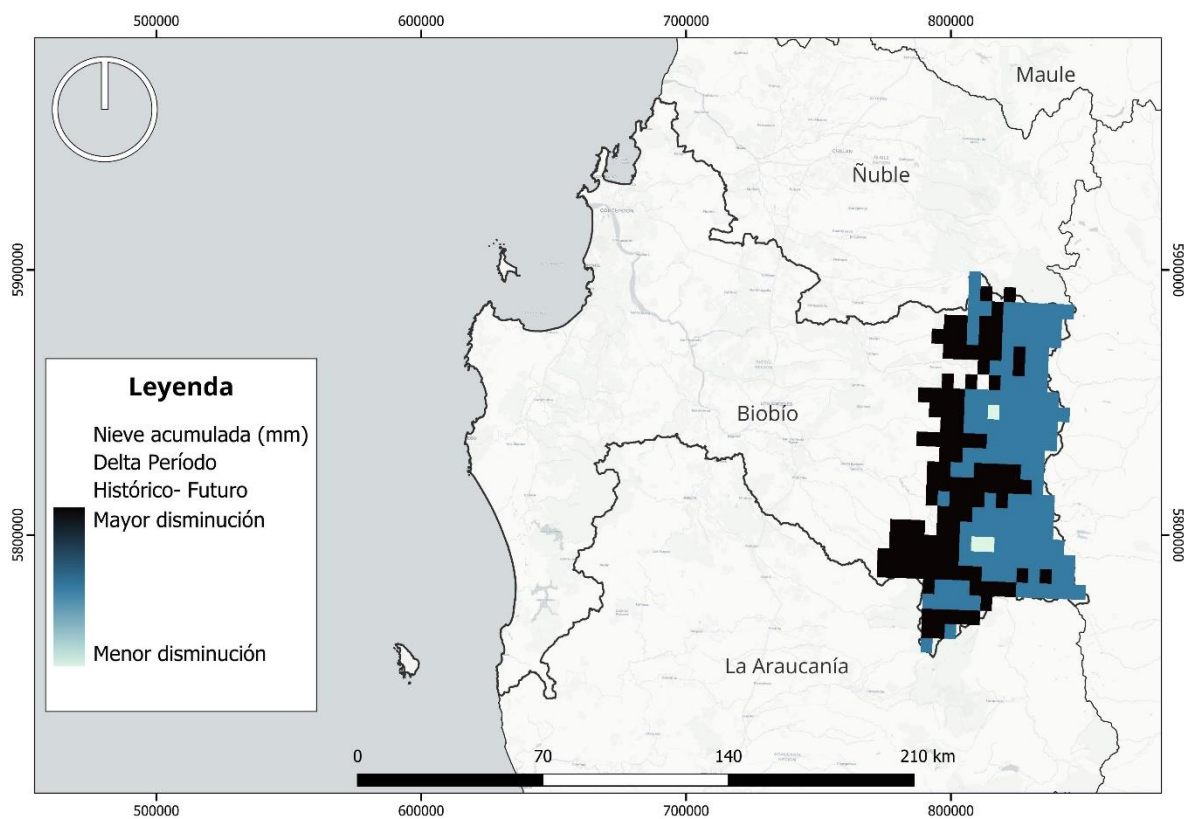


Figura 12. Proyecciones de la Nieve Acumulada (mm) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 14. Proyecciones de cambio comunal en la nieve acumulada.

Provincia	Comuna	NIEVE ACUMULADA		
		Cantidad de nieve acumulada, expresada en mm de agua equivalente		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	37,1064	11,5826	-69%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	134,0592	55,0746	-59%
BIOBÍO	TUCAPEL	11,5831	2,9176	-75%
BIOBÍO	ANTUCO	100,9866	36,8097	-64%
ARAUCO	ARAUCO	0	0	0%
ARAUCO	LEBU	0	0	0%
ARAUCO	CONTULMO	0	0	0%
ARAUCO	TIRÚA	0	0	0%
ARAUCO	CAÑETE	0	0	0%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	0	0	0%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	0	0	0%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	0	0	0%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	0	0	0%
CONCEPCIÓN	CORONEL	0	0	0%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	0	0	0%
ARAUCO	CURANILAHUE	0	0	0%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	0	0	0%
BIOBÍO	LAJA	0	0	0%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	0	0	0%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	0	0	0%
CONCEPCIÓN	LOTA	0	0	0%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	0	0	0%
BIOBÍO	NACIMIENTO	0	0	0%
BIOBÍO	NEGRETE	0	0	0%
BIOBÍO	MULCHÉN	3,8686	0,7134	-82%
CONCEPCIÓN	PENCO	0	0	0%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	0	0	0%
BIOBÍO	QUILLECO	17,1359	6,5041	-62%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	40,2582	18,7862	-53%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	0	0	0%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	0	0	0%
BIOBÍO	CABRERO	0	0	0%
BIOBÍO	YUMBEL	0	0	0%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM



Proyecciones de cambio de Viento medio

Con respecto al viento promedio la mayor intensidad se da en zonas centrales y costeras, mientras que en zonas cordilleranas la intensidad del viento va a la baja.

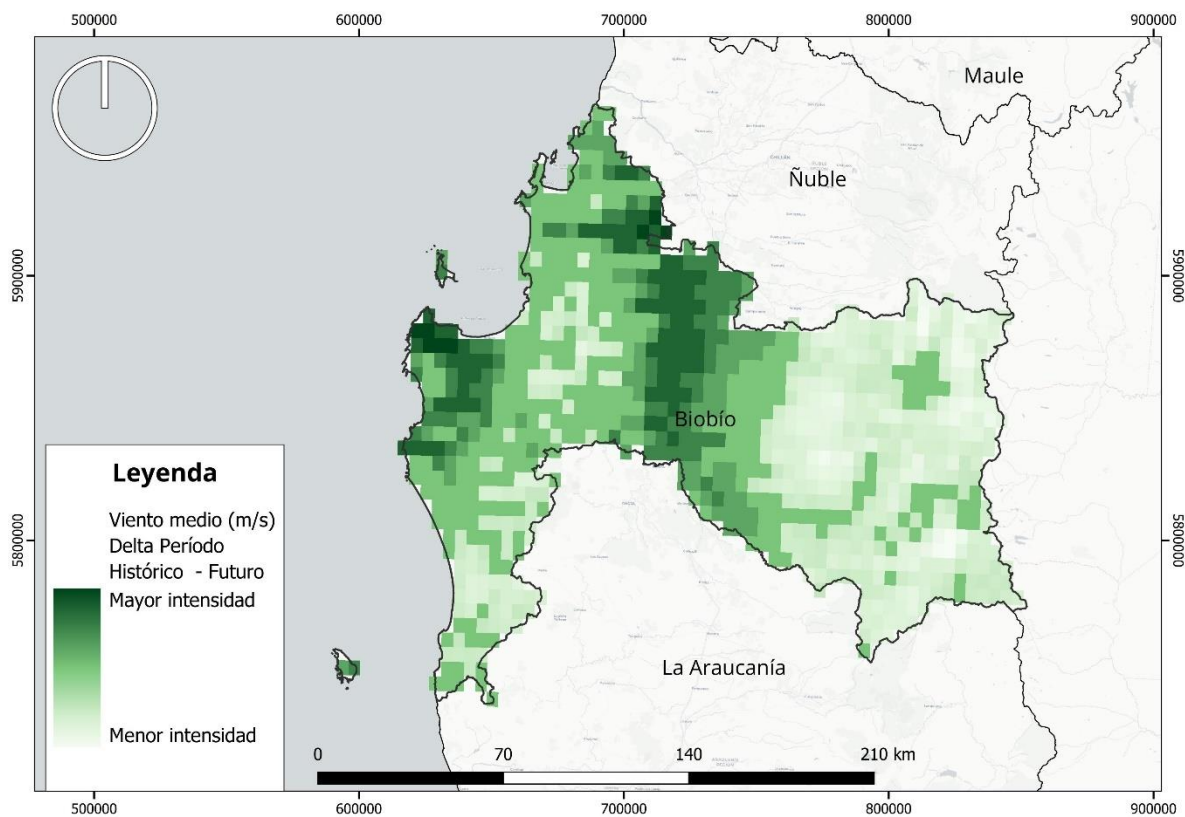


Figura 13. Proyección del viento medio (m/s) en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.



Tabla 15. Proyecciones de cambio comunal del valor medio del viento.

Provincia	Comuna	VIENTO MEDIO		
		Valor medio de la magnitud del viento (m/s)		
		Histórico	Futuro	Cambio
BIOBÍO	QUILACO	3,0408	3,0089	-1,05%
BIOBÍO	ALTO BIOBÍO	3,9314	3,8844	-1,20%
BIOBÍO	TUCAPEL	3,1764	3,1366	-1,25%
BIOBÍO	ANTUCO	4,0452	3,9863	-1,46%
ARAUCO	ARAUCO	3,2378	3,2271	-0,33%
ARAUCO	LEBU	3,7289	3,7267	-0,06%
ARAUCO	CONTULMO	2,7675	2,7408	-0,96%
ARAUCO	TIRÚA	2,9091	2,8895	-0,67%
ARAUCO	CAÑETE	3,0205	2,9998	-0,69%
CONCEPCIÓN	CHIGUAYANTE	3,0312	3,0262	-0,16%
CONCEPCIÓN	HUALQUI	2,2604	2,2429	-0,77%
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	2,7149	2,7179	0,11%
CONCEPCIÓN	HUALPÉN	3,4488	3,4705	0,63%
CONCEPCIÓN	CORONEL	2,9646	2,9476	-0,57%
CONCEPCIÓN	SAN PEDRO DE LA PAZ	2,9157	2,9141	-0,05%
ARAUCO	CURANILAHUE	2,807	2,7956	-0,41%
ARAUCO	LOS ÁLAMOS	3,2872	3,28	-0,22%
BIOBÍO	LAJA	3,4068	3,3966	-0,30%
BIOBÍO	SAN ROSENDO	2,7162	2,7339	0,65%
CONCEPCIÓN	SANTA JUANA	2,2208	2,1996	-0,95%
CONCEPCIÓN	LOTA	2,5435	2,5238	-0,77%
BIOBÍO	LOS ÁNGELES	3,6274	3,5874	-1,10%
BIOBÍO	NACIMIENTO	2,5411	2,5298	-0,44%
BIOBÍO	NEGRETE	4,367	4,342	-0,57%
BIOBÍO	MULCHÉN	3,2551	3,2283	-0,82%
CONCEPCIÓN	PENCO	2,8025	2,7951	-0,26%
CONCEPCIÓN	TALCAHUANO	3,1435	3,1596	0,51%
BIOBÍO	QUILLECO	2,9176	2,8618	-1,91%
BIOBÍO	SANTA BÁRBARA	3,1389	3,0917	-1,50%
CONCEPCIÓN	TOMÉ	2,9751	2,9831	0,27%
CONCEPCIÓN	FLORIDA	3,0249	3,0317	0,22%
BIOBÍO	CABRERO	3,341	3,3195	-0,64%
BIOBÍO	YUMBEL	3,1268	3,1245	-0,07%

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos ARCLIM



Proyecciones de cambios del nivel del mar, marejadas y zona costera

En la plataforma ARClím es posible analizar esta amenaza la que se construye con el cambio en la cota de inundación (por una combinación de aumento del nivel de mar y aumento de intensidad de las marejadas), expresado en términos de probabilidad. El cambio corresponde a la diferencia entre el clima futuro (2035-2065, bajo el escenario RCP 8.5) y el clima histórico (1980-2010). En las costas de la región la probabilidad de aumento de la cota de inundación va desde moderado a alto.

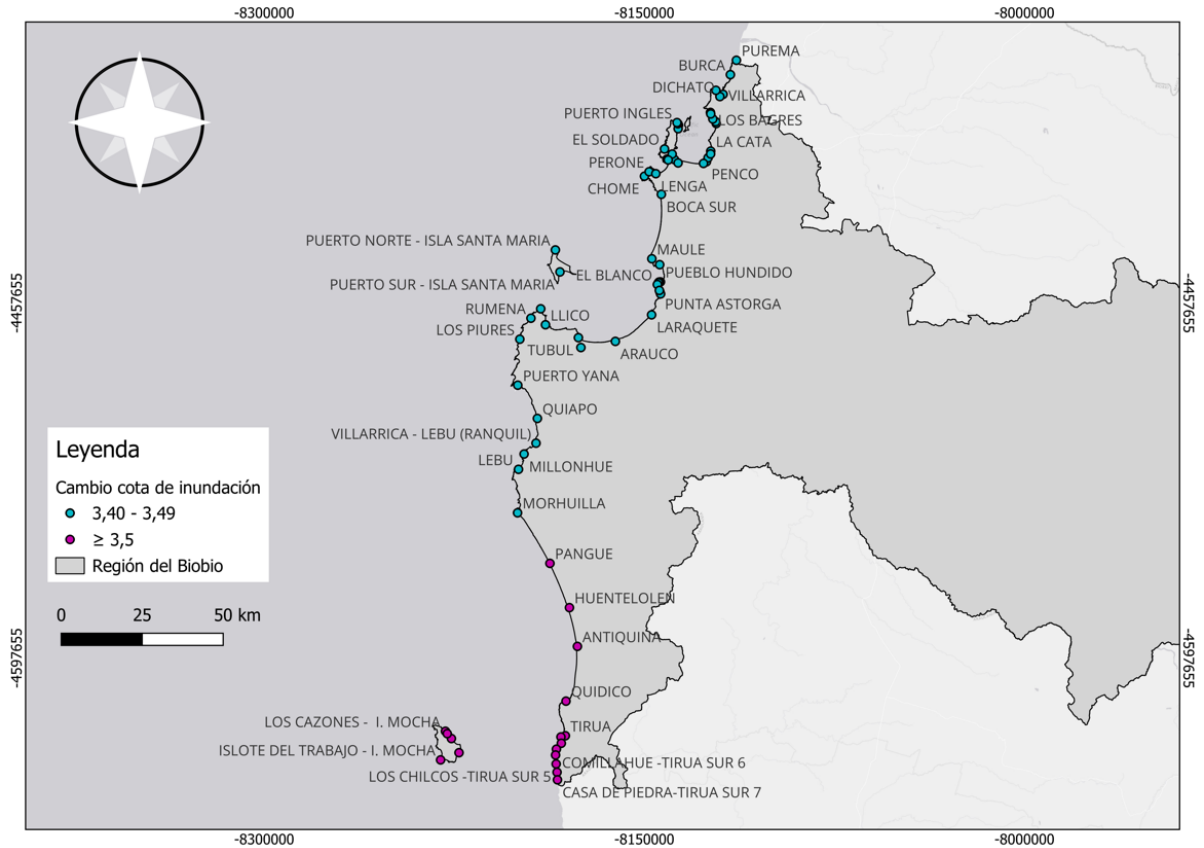


Figura 14. Probabilidad de aumento de cota de inundación marítima. Fuente: Elaboración propia según datos plataforma ARClím.



Tabla 16. Proyecciones de cambio de la cota de inundación marítima a nivel de caletas para las comunas de la región del Biobío.

Caleta	Provincia	Cota de inundación histórica 1985 - 2005	Cambio cota de inundación
Purema	CONCEPCION	3,14	3,41
Burca	CONCEPCION	3,14	3,41
Villarrica	CONCEPCION	3,14	3,41
Dichato	CONCEPCION	3,14	3,41
Caleta del Medio	CONCEPCION	3,15	3,41
Coliumo	CONCEPCION	3,15	3,41
Alto Rari	CONCEPCION	3,15	3,41
Vegas de Coliumo Sur	CONCEPCION	3,15	3,41
Vegas de Coliumo Norte	CONCEPCION	3,15	3,41
Cocholgue caleta grande	CONCEPCION	3,15	3,41
Cocholgue caleta chica	CONCEPCION	3,15	3,41
Alto Coliumo Sur	CONCEPCION	3,15	3,41
Montecristo	CONCEPCION	3,15	3,41
Los Bagres	CONCEPCION	3,15	3,41
Los Morros	CONCEPCION	3,15	3,41
Tomé	CONCEPCION	3,15	3,41
Quichiuto	CONCEPCION	3,15	3,41
Los Tres Pinos	CONCEPCION	3,15	3,41
La cata	CONCEPCION	3,15	3,41
Lirquen	CONCEPCION	3,15	3,41
Cerro verde	CONCEPCION	3,16	3,41
Penco	CONCEPCION	3,16	3,41
Playa negra	CONCEPCION	3,16	3,41
Rocuant	CONCEPCION	3,16	3,41
Morro de Talcahuano	CONCEPCION	3,16	3,41
Talcahuano	CONCEPCION	3,16	3,41
Caleta Tumbes	CONCEPCION	3,16	3,41
Candelaria	CONCEPCION	3,16	3,41
Cantera	CONCEPCION	3,16	3,41
Puertoingles	CONCEPCION	3,16	3,41
El soldado	CONCEPCION	3,16	3,41
San Vicente	CONCEPCION	3,16	3,41
Infiernillo	CONCEPCION	3,16	3,41
Caleta Lengua	CONCEPCION	3,16	3,41
Perone	CONCEPCION	3,17	3,41
Chome	CONCEPCION	3,17	3,41
Boca Sur	CONCEPCION	3,17	3,43
Maule	CONCEPCION	3,19	3,43
Lo rojas	CONCEPCION	3,19	3,43
Puerto norte ISM	CONCEPCION	3,18	3,43
Puerto Sur ISM	CONCEPCION	3,19	3,43
El Pueblito (Playa Blanca Norte)	CONCEPCION	3,19	3,43
Pueblo hundido (Playa Blanca Sur)	CONCEPCION	3,19	3,43
El morro	CONCEPCION	3,19	3,43
La conchilla	CONCEPCION	3,19	3,43
El blanco	CONCEPCION	3,19	3,43
Punta astorga	CONCEPCION	3,19	3,43
Puerto Nuevo	CONCEPCION	3,19	3,43
Colcura	CONCEPCION	3,19	3,43



Chivilingo	CONCEPCION	3,19	3,44
Rinconada Sur	CONCEPCION	3,2	3,44
Laraquete	ARAUCO	3,2	3,44
Horcones Playa	ARAUCO	3,2	3,44
Arauco	ARAUCO	3,2	3,44
Las peñas	ARAUCO	3,2	3,44
Tubul	ARAUCO	3,2	3,44
Llico	ARAUCO	3,2	3,44
Los Martínez	ARAUCO	3,2	3,44
Punta Lavapié	ARAUCO	3,2	3,44
Rumena	ARAUCO	3,19	3,44
Los piures	ARAUCO	3,2	3,44
Puerto Yana	ARAUCO	3,21	3,44
Locobe	ARAUCO	3,21	3,47
Quiapo	ARAUCO	3,21	3,47
Villarrica Lebu - Ranquil	ARAUCO	3,22	3,47
Milonhue	ARAUCO	3,22	3,47
Lebu	ARAUCO	3,23	3,47
Morihuilla	ARAUCO	3,24	3,47
Los Cazones IM	ARAUCO	3,3	3,5
La hacienda IM	ARAUCO	3,3	3,5
La calera IM	ARAUCO	3,3	3,5
Matadero IM	ARAUCO	3,3	3,5
Islote del trabajo IM	ARAUCO	3,3	3,5
Pangue	ARAUCO	3,25	3,5
Huentelolen	ARAUCO	3,25	3,5
Aniquina	ARAUCO	3,27	3,5
Tranaquepe	ARAUCO	3,27	3,5
Quidico	ARAUCO	3,29	3,5
Tirúa	ARAUCO	3,3	3,5
Las misiones Tirua sur	ARAUCO	3,3	3,5
Puente de tierra tirua sur 2	ARAUCO	3,3	3,5
Tranicura A tirua sur 3	ARAUCO	3,3	3,5
Tranicura B tirua sur 4	ARAUCO	3,3	3,5
Los chilcos tirua sur 5	ARAUCO	3,3	3,5
Comillahue tirua sur 6	ARAUCO	3,3	3,5
Casa de piedra tirua sur 7	ARAUCO	3,3	3,5

Fuente. Elaboración propia, a partir de datos de IDE Chile y ARClím



4.2.2. Efecto de proyecciones climáticas sobre amenazas multifactoriales

Las amenazas multifactoriales identificadas en la región: Aumento de Incendios Forestales, Aumento de Sequías, Aumento de Inundaciones tienen su origen en la acción combinada de amenazas climáticas y condiciones antrópicas. Para efectos del análisis climático, se asociaron variables del explorador de amenazas climáticas de la plataforma ARClím a cada amenaza multifactorial y sus variables (Tabla 17).

Tabla 17. Tabla de variables de amenazas multifactoriales

Variable		Nombre capa
Inundación	Días de precipitación intensa	<i>number_of_heavy_precipitacion_day</i>
	Días de precipitación muy intensa	<i>number_of_very_heavy_precipitacion_day</i>
Sequia		<i>drought_periods_annual</i>
Incendio	Días calurosos (>30°C)	<i>hot_days</i>
	Humedad relativa	<i>hurs_mean</i>
	Viento medio	<i>vel_mean</i>

Fuente: Elaboración propia

Proyecciones de cambio de Incendios forestales

Los incendios forestales en Chile son un problema en aumento, con temporadas de incendios cada vez más devastadoras y con mayor riesgo futuro (Ciocca et al., 2023)¹⁰. La dinámica de los incendios en el país se puede resumir en un aumento de la ocurrencia hasta finales del siglo XX, mientras que en el presente siglo se ha observado una disminución de la ocurrencia, pero un aumento de la superficie quemada con temporadas que superan las 100.000 ha (de la Barrera et al., 2018).

Los incendios forestales están estrechamente asociados a las siguientes variables climáticas: Aumento de temperatura/ Olas de calor, Disminución de la Humedad, Disminución de las precipitaciones, y Aumento de velocidad y frecuencia vientos. Cabe mencionar que los incendios forestales en Chile son una amenaza antrópica porque para su ocurrencia deben ocurrir factores de ignición y de propagación, ambos asociados a actividades antrópicas.

A partir de los datos obtenidos en ARClím, se elaboró un mapa que muestra el cambio de la frecuencia de incendios en la Región del Biobío entre el pasado reciente (1980 – 2010) y el futuro mediano (2035 – 2065) bajo el escenario RCP 8.5.

Con respecto a esta proyección para poder determinarla se utilizó las variables denominadas: Días Calurosos (>30°), viento medio y humedad relativa media diaria que se presentó en forma previa. Se presenta un mapa (Figura 16) que integra las tres variables y donde se observa que la mayor frecuencia de incendio se da en zonas centrales; mientras que áreas costeras y cordilleranas existen áreas focalizadas.

¹⁰ Ciocca, I., Fernández, A., Jaque, E., Justino, F., Shumacher, V., da Silva, A. S., Muñoz, A., & de la Barrera, F. (2023). Increased wildfire hazard along South-Central Chile under the RCP8.5 scenario as revealed by high-resolution modeling. *Environmental Research Letters*, 18(3), 034023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acba33>

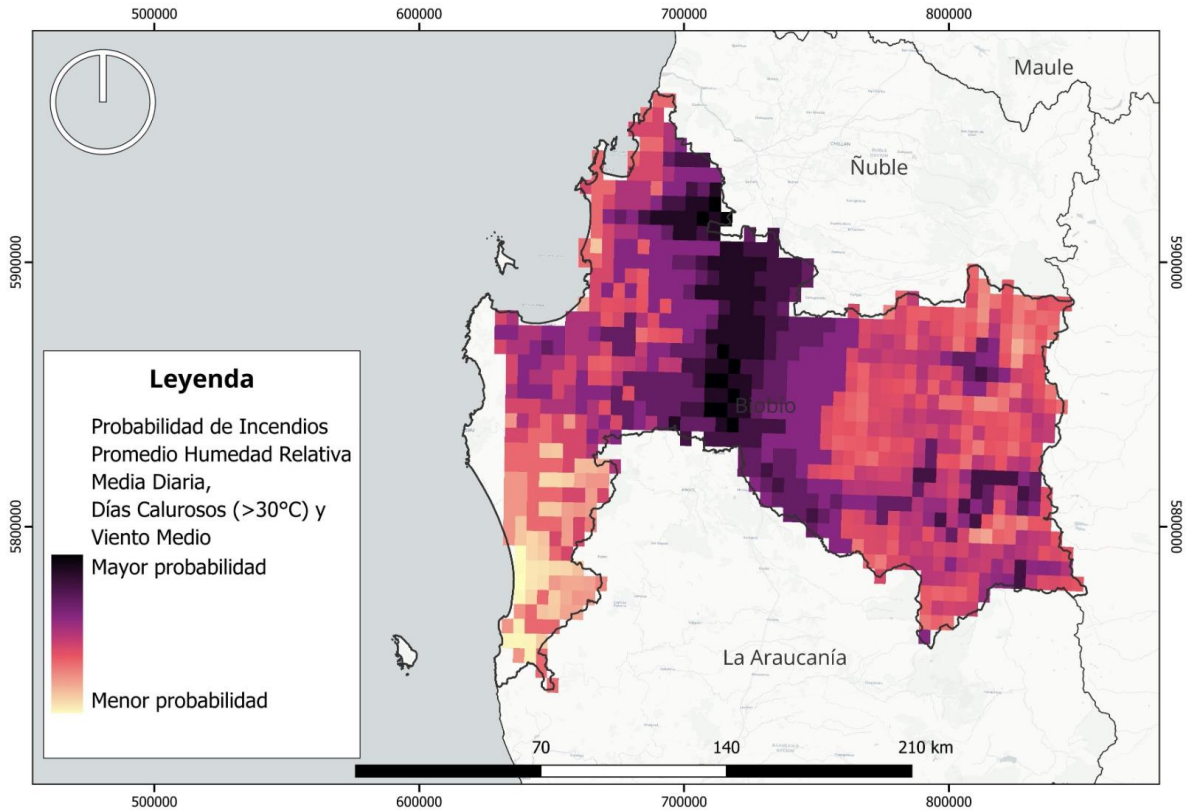


Figura 16. Proyección de frecuencia de incendios en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.

El trabajo de Ciocca et al. (2023) analiza el riesgo de incendios a través del Potential Fire Index (PFI) en un escenario de cambio climático RCP8.5. La autora principal compartió los datos y a partir de eso se espacializaron las proyecciones de dicho índice para 2045-2050, para la región del Biobío, promediando los resultados para los meses de diciembre, enero y febrero. Si bien el trabajo no cubre toda la región, los resultados (Figura 17) apuntan a existe un alto potencial de incendios forestales (valores altos: high) en la cordillera de la costa y parte de la depresión intermedia, y también existen al nor-poniente de la región. Estas zonas tienden a coincidir con las zonas donde frecuentemente ocurren incendios.

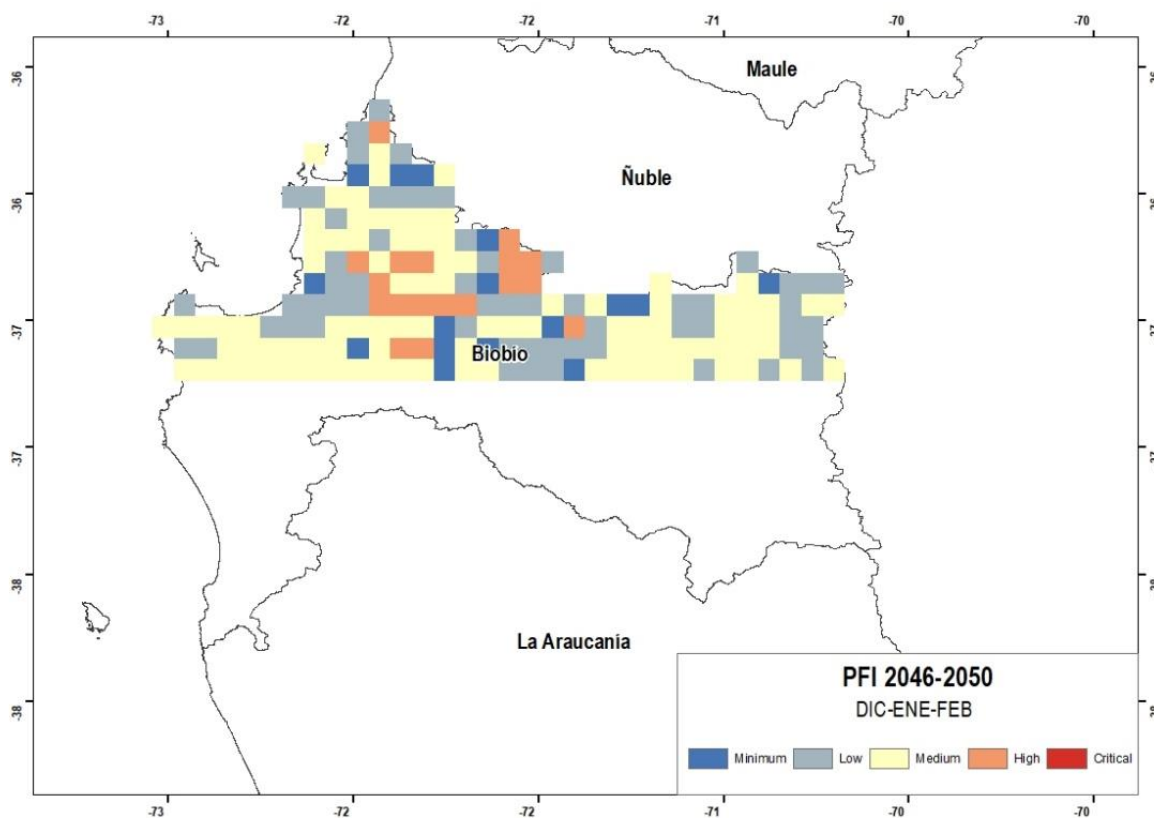


Figura 17. Potential Fire Index (PFI). Fuente: Elaboración propia a partir de Ciocca et al. (2023).

Proyecciones de cambio de Frecuencia de Sequías

Las sequías son un fenómeno complejo, asociado a disminución de las precipitaciones y a disminución de la nieve acumulada, ambas variables descritas más arriba como proyecciones, aunque también al uso que se hace del agua.

A partir de los datos obtenidos en ARClím, se elaboró un mapa que muestra el cambio de la frecuencia de sequía en la Región del Biobío entre el pasado reciente (1980 – 2010) y el futuro mediano (2035 – 2065) bajo el escenario RCP 8.5. En términos generales en la región aumentará la frecuencia de la sequía. La zona que más impacto tendrá es en el norponiente de la región.

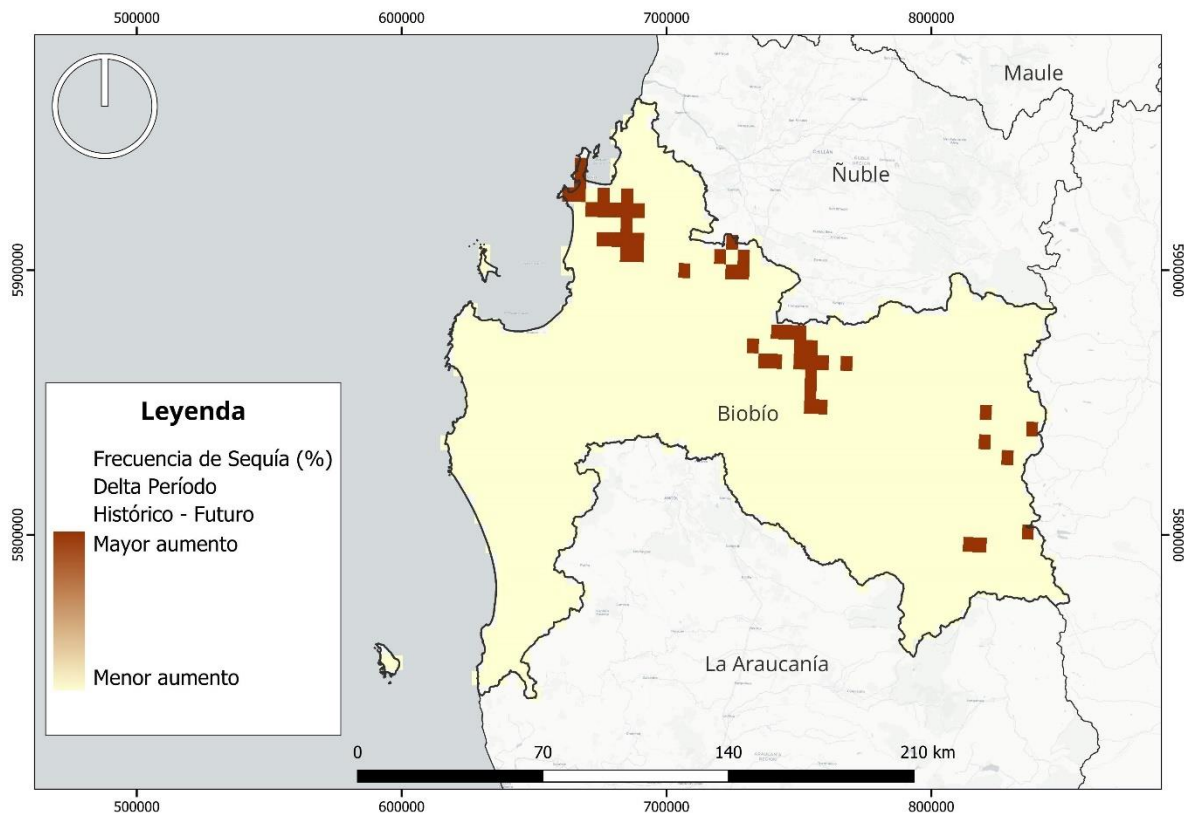


Figura 18. Proyección en el cambio de frecuencia de sequía en la Región del Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.

Proyecciones de cambio de Frecuencia de Inundación

A partir de los datos obtenidos en ARClím, las variables precipitación intensa superior a 10 mm y precipitación intensa superior a 20 mm experimentan una disminución en la cantidad de precipitación caída en la región. La Cordillera de Nahuelbuta tiene características propias y eso explica las diferencias de precipitación intensa en la zona costeras. La mayor disminución se da en áreas cordilleranas, con una homogenización a la baja en zonas intermedias; mientras que en zonas costeras el resultado es variable donde se localiza la Cordillera de Nahuelbuta.

La plataforma ARClím entrega valores promedio anuales por períodos de al menos 20 años, lo que imposibilita analizar eventos extremos meteorológicos como las inundaciones que sí podrían explicarse por su vinculación con otros fenómenos climáticos, como son el aumento de las temperaturas y olas de calor, que inciden en aumento de la isoterma cero, y también fenómenos globales como son los ríos atmosféricos y el fenómeno de El Niño.

Las inundaciones más recientes ocurridas en la región fueron las sucedidas entre el 21 y 26 de junio de 2023¹¹, producto de un evento meteorológico extremo que afectó zona central de Chile (desde la región de Valparaíso hasta la del Biobío). Al 27 de junio se registraban dos fallecidos, dos desaparecidos, 19.370 damnificados, 2.340

¹¹ <http://www.dgf.uchile.cl/noticias/206682/analisis-cr2--vuelven-los-gigantes>



albergados, 11.286 personas aisladas, 1.609 viviendas destruidas, 1.355 con daño mayor y 2.484 con daño menor, además de alteraciones de conectividad e interrupciones del suministro eléctrico y de agua potable¹². En la región, una de las zonas más afectadas fue Alto Biobío, que registraba al 27 de junio más de cuatro mil personas aisladas, hay nueve damnificadas y dos viviendas destruidas¹². Dicho evento meteorológico se puede entender en parte por el ambiente cálido en cual ocurrieron las precipitaciones provocando un alza en la altura de la isoterma 0°C (Ho) generando un área pluvial mucho mayor que en una tormenta fría más tradicional. Otro elemento fue la ocurrencia de un río atmosférico, cuya intensidad lo transformó en un evento peligroso con potencial de causar inundaciones y aluviones. Es importante mencionar que el cambio climático altera la frecuencia e intensidad de los AR a nivel global (Payne et al. 2020)¹³ al modificar el contenido de humedad en la atmosfera y los patrones de circulación.

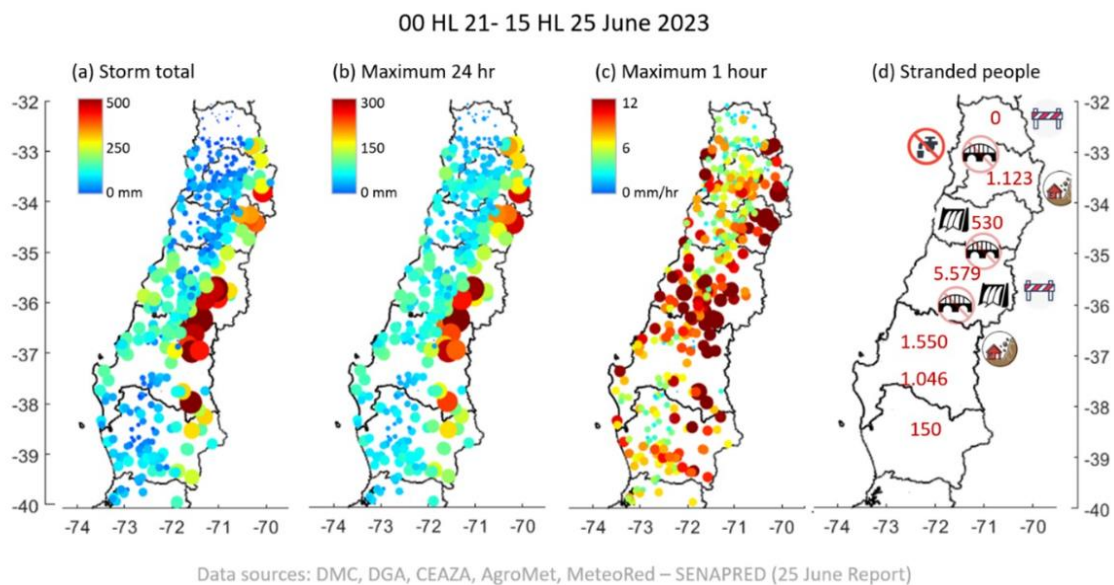


Figura 19. Mapas de (a) precipitación acumulada entre el 21 y 25 de junio de 2023, (b) máxima precipitación en 24 horas continuas durante ese periodo, (c) máxima precipitación horaria en ese periodo y (d) síntesis de daños.

¹²<https://www.latercera.com/nacional/noticia/dos-desaparecidos-miles-de-damnificados-y-viviendas-destruidas-linares-coltauco-y-alto-biobio-entre-las-comunas-mas-afectadas-por-el-sistema-frontal/>

¹³ Payne, A. E., Demory, M.-E., Leung, L. R., Ramos, A. M., Shields, C. A., Rutz, J. J., Siler, N., Villarini, G., Hall, A., & Ralph, F. M. (2020). Responses and impacts of atmospheric rivers to climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 143–157. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0030-5>



5. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN DEL BIOBÍO

5.1. Conceptos claves

Los conceptos claves a utilizar en el desarrollo de **este punto**, están definidos en **lineamientos** técnicos para la preparación de los contenidos mínimos de los planes de acción regional de cambio climático (PARCC) y son los siguientes:

Riesgo climático. El riesgo climático se define como la probabilidad de ocurrencia de impactos sobre un territorio, y los sistemas sociales y naturales que lo integran, producto de eventos o tendencias climáticas, así como de las acciones de respuesta humanas ante las mismas. Los factores que lo determinan y que deben estar presentes simultáneamente para que este se produzca son la amenaza, exposición y vulnerabilidad, los cuales se definen a continuación y cuyas relaciones son esquematizadas en la figura 20.

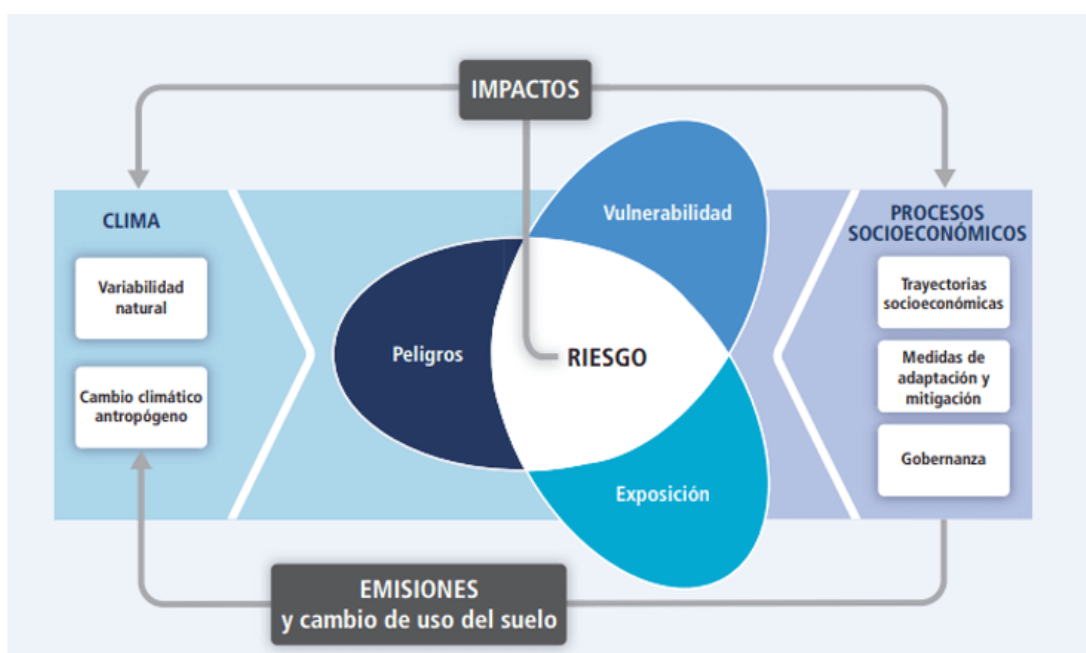


Figura 20. Esquema del Marco Conceptual de Riesgo Climático y Vulnerabilidad. Fuente. Lineamientos PARCC

- **Amenaza (A):** condición climática cuya potencial ocurrencia puede resultar en pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, como también en daños y pérdidas de 20 propiedad, infraestructura, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos medio ambientales.
- **Exposición (E):** la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales, en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.
- **Vulnerabilidad (V):** la propensión o predisposición a verse afectado negativamente. A su vez, ésta se compone por la **Sensibilidad (S)**, que está determinada por todos los factores no climáticos que afectan directamente las consecuencias de un evento climático, lo que incluye atributos físicos, sociales, económicos y culturales propios del sector, y la **Capacidad**



Adaptativa (CA), como la capacidad de las personas, instituciones, organizaciones y sectores para enfrentar, gestionar y superar las condiciones adversas, utilizando las habilidades, recursos, valores, creencias y oportunidades disponibles.

5.2. Aspectos metodológicos

Para caracterizar la vulnerabilidad regional, este estudio ha utilizado un enfoque integrador que utiliza el análisis documental de los **productos 7 y 8**, combinado con la perspectiva y experiencia de diversas partes interesadas (ciudadanía, CORECC), y consulta a mesa de expertos (especialistas del equipo ejecutor EULA) junto con un análisis detallado de la información de riesgos existente en Arclim.

A continuación, se detallan los pasos desarrollados en el proceso de caracterización

Paso 1. Identificación de amenazas y exposición. Para identificar las amenazas se realizaron revisiones documentales de datos y se involucró a la comunidad y otros sectores en el proceso. Con esto último se promueve la conciencia climática, se fomenta la participación ciudadana y se garantiza que las políticas y acciones climáticas sean adecuadas y respaldadas por las partes interesadas locales, lo que es esencial para la construcción de una resiliencia efectiva ante el cambio climático. Por otro lado, las técnicas participativas de recolección han facilitado la identificación, a nivel perceptual, de impactos, permitiendo especificar la visión respecto a la exposición frente a la amenaza climática. Lo que permite proporcionar una base sólida y holística para la toma de decisiones informadas y la planificación de medidas de adaptación y mitigación.

Paso 2. Identificación y priorización de sectores vulnerables.

Para la identificación y priorización de sectores vulnerables al cambio climático en la región del Biobío, se trabajó con los sectores indicados en el artículo 9¹⁴ de la ley 21.445 Marco de Cambio Climático del MMA, que identifica los sectores que deberán tener un plan de adaptación. Para ello se utilizó un enfoque que combinó análisis documental, talleres participativos y la consulta con una mesa de expertos (Equipo PARCC EULA). Este enfoque integral permite una evaluación rigurosa y basada en evidencia de cuáles son los sectores son potencialmente más vulnerables y expuestos a los impactos climáticos en la región y es una estrategia esencial para la asignación eficiente de recursos y la implementación efectiva de medidas de adaptación y mitigación, que configuran la prospectiva de este proyecto. Primero, se contrastaron los 12 sectores con datos sectoriales construidos en el diagnóstico regional (informe 7 del proyecto), permitiendo eliminar el sector minería para esta región. Segundo, siguiendo la información del diagnóstico regional, se conceptualizó la relevancia de los 11 sectores restantes para la región del Biobío. Tercero, se relacionaron las catorce amenazas climáticas definidas en el paso 1, y sus escenarios de cambio (según datos de ARCLIM) con las relevancias sectoriales, lo que permitió identificar: sectores expuestos a mayores números de amenazas climáticas; amenazas climáticas transversales que generan impactos diferenciados en los sectores y; sectores no significativamente vulnerables al cambio climático.

¹⁴ Art 9. Ley 21.445. Se elaboraran al menos los siguientes planes sectoriales de adaptación: a) Biodiversidad; b) Recursos Hídricos; c) Infraestructura; d) Salud; e) Minería; f) Energía; g) Silvoagropecuario; h) Pesca y acuicultura; i) Ciudades; j) Turismo; k) Zona Costera; i) Transporte.



El enfoque metodológico implementado, permite una evaluación rigurosa, basada en evidencia de cuáles son los sectores más vulnerables y expuestos a los impactos climáticos en la región y es una estrategia esencial para la asignación eficiente de recursos y la implementación efectiva de medidas de adaptación y mitigación, que configuran la prospectiva de este proyecto. Priorizar sectores específicos garantiza que, en las etapas siguientes de este estudio, los recursos se concentren donde son más necesarios, maximizando el impacto de las políticas y medidas de adaptación al cambio climático, y asegura que la región del Biobío esté mejor preparada para enfrentar los desafíos futuros derivados del cambio climático de manera eficiente y efectiva.

5.3. Identificación de las amenazas

5.3.1. De la revisión documental

Para iniciar, se hizo principal hincapié en las amenazas asociadas al informe “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”, elaborado por DEUMAN para el Ministerio de Medio Ambiente, y entregado con fecha de Julio 2023. De este documento se puede desprender 7 principales amenazas climáticas, que interactúan con las actividades de los territorios generan escenarios de riesgo.

- **Incremento de marejadas, trombas y oleajes fuertes**
- **Aumento del nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar (Aumento de la temperatura superficial del mar, Disminución del O2 disuelto, Alteración de las condiciones de salinidad, Acidificación del mar)**
- **Crisis hídrica / Sequías prolongadas / Disminución de las precipitaciones (promedio anual)**
- **Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria**
- **Aumento de la temperatura / Olas de calor**
- **Disminución de la humedad ambiental**
- **Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos**

5.3.2. De la revisión detallada de ARClím

La revisión estadística de los datos disponibles en ARClím, permitió identificar las 6 amenazas más relevantes en términos de su cambio a nivel regional y/o a su variabilidad territorial, por tener mayores aumentos o disminuciones a nivel comunal (expuesto en el apartado 4 de este informe).

- **Aumento de temperatura/Olas de calor**
- **Disminución de episodios fríos**
- **Disminución de la Humedad**
- **Disminución de las precipitaciones**
- **Disminución de la nieve acumulada**
- **Aumento de velocidad y frecuencia vientos**

Además, facilitó la construcción de la tabla 18 que cuantifica las amenazas climáticas, la cual se transformó en información basal presentada al inicio de cada taller participando, facilitando el proceso de contextualización, con proyecciones climáticas para la región del Biobío.



Tabla 18. Amenazas climáticas cuantificadas a partir de información de ARClím

Amenazas climáticas (ARClím)		Histórico (1980-2010)	Futuro (2035-2065 en RCP 8.5)
Incremento de la temperatura máxima diaria promedio	+ 1,5 °C	17,4 °C	18,9 °C
Más días calurosos (>30°C)	+ 9 días	6,7 días	15,6 días
Más días de verano (>25°C)	+ 21 días	45,9 días	67,3 días
Menos días de escarcha (temperatura mínima es menor que 0°C)	- 11 días	38,6 días	27,6 días
Más días secos consecutivos (precipitación diaria no supera 1 mm)	+ 18 %	39,1 días	46,3 días
Menos días de precipitación intensa (precipitación diaria mayor a 10 mm)	- 8 días	53,6 días	45,1 días
Menos lluvia acumulada	- 13 %	1.614,1 mm	1.396,2 mm
Nieve acumulada	- 61%	25,8 mm	10,02 mm

Fuente: Elaboración propia en base a ARClím

5.3.3. De los talleres participativos

Consideraciones:

- Sobre la recolección de información del contexto regional de cambio climático, se usó información oficial y actualizada sobre los riesgos asociados al cambio climático en la región del Biobío, y con esta información se elaboró la lista inicial de "7 amenazas" asociadas al cambio climático en la región del Biobío que reconoce experiencias previas en la región.
- Con la información actualizada sobre las amenazas, y considerando los resultados que más aportan al diagnóstico PARCC, se trabajó en el reconocimiento de estas, en la percepción de exposición y vulnerabilidad de la población regional frente a estas amenazas, y en la identificación de necesidades para enfrentarlas.
- En una región con una larga historia de conflictos ambientales, se consideró relevante iniciar la actividad con una instancia de reflexión colectiva sobre las problemáticas asociadas al cambio climático, antes de iniciar el trabajo participativo por mesas.
- El trabajo participativo por mesas se realizó en base al diálogo colectivo, estimulado mediante preguntas detonantes cuyo tema central fueron las amenazas asociadas al cambio climático en la región del Biobío.
- Para la obtención de información, las preguntas detonantes se orientaron hacia una escala regional en el reconocimiento de las amenazas asociados al cambio climático, la vulnerabilidad de los sistemas humano, de la población, la biodiversidad, la industria y la economía frente a ellas y la identificación de necesidades para enfrentarlas. Respecto a la exposición, se buscó información sobre la afectación en la vida cotidiana de las personas y su prospectiva de



desarrollo humano, incluyendo la economía y el medio ambiente, como la diversidad del componente humano.

Del taller CORECC

Del listado inicial de 7 amenazas, se trabajó en la identificación de las que tienen un mayor impacto en la región del Biobío, destacando las siguientes:

- **"Crisis hídrica/Sequías prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)."**
- **"Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria."**
- **"Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos,"** con menciones relacionadas a los efectos de los incendios en la región.

Tabla 19. Impacto de amenaza climática en la región del Biobío, según CORECC.

Amenazas climáticas	Menciones en mesas
3. Crisis hídrica/Sequías prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)	9
4. Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria	7
7. Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos	5
1. Incremento de marejadas, trombas y oleajes fuertes	4
5. Aumento de la temperatura/Olas de calor	4
2. Aumento del nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar (Aumento de la temperatura superficial del mar, disminución del O2 disuelto, alteración de las condiciones de salinidad, acidificación del mar)	2
6. Disminución de la humedad ambiental	1

Fuente. Elaboración propia.

Además, se llevó a cabo un ejercicio para identificar amenazas que no estaban en la lista inicial, surgiendo nuevas:

- **Incendios forestales**
- **Acumulación de nieve**
- **Variación de la temperatura (tanto máximas como mínimas)**
- **Heladas extemporáneas**

De los talleres ciudadanos

Para el trabajo con las amenazas las tres que se consideran de mayor impacto para la región del Biobío fueron: en primer lugar, **"Crisis hídrica/Sequías prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)"**, le sigue en segundo lugar **"Aumento de la temperatura/Olas de calor"**, y en tercer lugar las amenazas de **"Incremento de marejadas, trombas y oleajes fuertes"** y **"Aumento del nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar"** (tabla 20).



Tabla 20. Impacto de las amenazas climáticas, según ciudadanía.

Amenazas climáticas	Menciones en mesas
Crisis hídrica/Sequias prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)	19
Aumento de la temperatura/Olas de calor	11
Aumento del nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar (Aumento de la temperatura superficial del mar, disminución del O2 disuelto, alteración de las condiciones de salinidad, acidificación del mar)	9
Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria	7
Incremento de marejadas, trombas y oleajes fuertes	7
Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos	4
Disminución de la humedad ambiental	1

Fuente. Elaboración propia.

Sobre la identificación de nuevas amenazas los/as asistentes mencionaron causas, riesgos y amenazas en el deterioro medio ambiental que no solo se encuentran en el marco de los efectos del cambio climático, pero que "entendemos agravan el deterioro medio ambiental de sus territorios". Aquí surgieron los incendios forestales, la expansión urbana, Cambio de uso del suelo (menos suelos agrícolas y menos bosques nativos, disminución de humedales, cambios del borde cortero por marejadas (ya incluidos previamente).

La información anterior permite **consolidar un listado de amenazas climáticas basada en procesos participativos para la región del Biobío**, Este participativo no solo aumenta la precisión en la identificación de amenazas, sino que también fomenta la colaboración y el compromiso de la comunidad en la gestión de riesgos climáticos, fortaleciendo así la resiliencia de la región del Biobío ante los desafíos ambientales. El listado de amenazas surgido de los procesos participativos es el siguiente:

- **Crisis hídrica (sequía prolongada/disminución de precipitaciones):** reiterado en ambos talleres y validado con proyecciones climáticas
- **Aumento de marejadas, trombas y oleajes fuertes:** relevado en taller participativo, pese a no disponer de datos en ARClím
- **Aumento nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar:** relevado en taller participativo, pese a no disponer de datos en ARClím
- **Lluvias más intensas (incremento de precipitaciones máxima diaria):** pese a que las proyecciones climáticas de ARClím no lo revelan a través de variables de precipitaciones intensas, es una amenaza que podría explicarse por otras razones, habiendo una percepción de que es una amenaza alta.
- **Aumento de temperatura/olas de calor:** transversal en ambos y validado con proyecciones climáticas
- **Disminución de la humedad ambiental:** validado con proyecciones climáticas
- **Incremento de velocidad e intensidad de los vientos:** validado con proyecciones climáticas



- **Incendios forestales:** Esta amenaza multifactorial fue mencionado como nueva amenaza en ambos talleres
- **Disminución y relleno de humedales:** Si bien no representa una amenaza climática, y su mayor factor explicativo está dado por factores humanos, tiene algunos vínculos con el cambio climático.
- **Variación de temperaturas mínimas**
- **Cambios de uso de suelo y expansión urbana, monocultivos, planificación territorial sin consideraciones ambientales, modelo de desarrollo, afectación a biodiversidad** (fragmentación y pérdida hábitats). Estos elementos se asocian entre sí y si bien no se trata de amenazas climáticas, pueden nutrir el desarrollo de las cadenas de impacto y medidas
- **Modificación isoterma**, lo que puede ser evidenciado a través de disminución de nieve
- Variación en disponibilidad de recursos pesqueros, lo que se asocia a **aumento de marejadas, trombas y oleajes fuertes**
- **Remociones en masa**, que se asocia a **lluvias más intensas**
- **Condiciones vientos**

5.3.4. Definición de amenazas climática

A partir de la información recogida de talleres participativos, de la revisión documental y del trabajo al interior del equipo se construyó la tabla 21, que define y conceptualiza las amenazas climáticas para la región del Biobío con las que este PARCC trabajará en base a cinco variables climáticas, que identifican el cambio interregional en la relación al escenario histórico-futuro. Además, esta definición incluye tres amenazas multifactoriales, asociadas a la variable fenómenos climáticos extremos son desencadenantes de escenarios de riesgos, pero que dependen de procesos antrópicos, las cuales se fundamentan a continuación.

- **Incendios forestales**, estrechamente asociado a las siguientes variables climáticas: Aumento de temperatura/ Olas de calor, Disminución de la Humedad, Disminución de las precipitaciones, y Aumento de velocidad y frecuencia vientos. Cabe mencionar que los incendios forestales son una amenaza antrópica porque para su ocurrencia deben ocurrir factores de ignición y de propagación, ambos asociados a actividades antrópicas.
- **Sequías**, asociado a Disminución de las precipitaciones y Disminución de la nieve acumulada, aunque también al uso que se hace del agua.
- **Inundaciones**, que, si bien en la región no pueden asociarse directamente a la disminución total de las precipitaciones, sí está vinculada a otros fenómenos climáticos, como son el aumento de las temperaturas y olas de calor, que inciden en aumento de la isoterma cero, y también fenómenos globales como son los ríos atmosféricos y el fenómeno de El Niño



Tabla 21a. Definición de amenazas climáticas para el PARCC Biobío

Variable Climática	Amenazas	Descripción de la amenaza	Variación promedio [histórico - futuro]	Variación interregional en el cambio [histórico - futuro]
Temperatura	Aumento de episodios calidos	Número de días con al menos 3 días consecutivos en que la temperatura máxima supera el percentil 90	Alto incremento: De 7,5 a 29,6 días	Baja variación. MIN: 28,4 MAX: 32,6 días
	Disminución de episodios frios	Número de días con al menos 6 días consecutivos en que la temperatura mínima no supera el percentil 10 de la temperatura mínima diaria en el periodo de referencia	Alta disminución: De 5,3 a 0,9 episodios	Baja variación: MIN 0,7/ MAX: 1,3 episodios
Lluvia	Disminución de la lluvia acumulada	Cantidad de lluvia (agua líquida) acumulada en milímetros durante el periodo (año, estación, o mes) (unidad mm)	Baja disminución: De 1423,6 a 1225,1 mm	Baja variación: MIN 840/ MAX: 2063mm
	Aumento de los días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos en que la precipitación diaria no supera 1 mm	Incremento de 42 a 50 días	Baja variación: MIN 37/ MAX: 62 días
	Disminución de días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos en que la precipitación diaria supera 1 mm	Disminución de 9,5 a 8,4 días	Baja variación: MIN 7/ MAX: 10 días
Nieve	Disminución de nieve acumulada	Cantidad de nieve acumulada, expresada en mm de agua equivalente	Alta disminución: De 10,4 a 4,0 mm	Alta variación: MIN 0/ MAX: 55 MM

Tabla 21b. Definición de amenazas climáticas para el PARCC Biobío. Condiciones del mar

Variable Climática	Amenazas	Descripción de la amenaza	Variación promedio [histórico - futuro]	Variación interregional en el cambio [histórico - futuro]
Condiciones del mar	Temperatura superficial	Media temporal de climatologías mensuales (2002 - 2009) expresadas en °C.	Disminución del promedio de temperatura de 1,6 grados en los próximos 50 años.	Alta Variación. Range: [-1,94; 39,22] MAE:0,39 RMSE:0,75 Cor:0,99 n: 445,248
	Oxígeno disuelto	DIVA interpolación de mediciones in situ expresadas en ml/l	Disminución del promedio del oxígeno disuelto de 374,17 a 370,18.	Range:[0; 789,94] MAE:15,27 RMSE:23,50 Cor:0,96 n: 417,790
	Alteración de salinidad	DIVA interpolación de mediciones in situ expresadas en PSS	Aumento de promedio de salinidad de 30,89 a 31,05.	Range:[4,75; 41,96] MAE:0,13 RMSE:0,52 Cor:0,93 n: 444,925
	Acidificación del mar	DIVA interpolación de mediciones in situ expresadas en PH.	Disminución del PH promedio de 8,05 a 7,96.	



Tabla 21c. Definición de amenazas climáticas para el PARCC Biobío. Fenómenos climáticos extremos

Variable Climática	Amenazas	Descripción de la amenaza	Variación promedio [histórico – futuro]	Variación interregional en el cambio [histórico – futuro]
Fenomenos climaticos extremos	Aumento de olas de calor sobre 30	Número de días que la temperatura máxima diaria supera 30 °C durante 3 o más días seguidos	o incremento: De 1,8 a 5,8 d	Alta variación: MIN 0,0/ MAX: 14,5 días
	Inundaciones	Acción combinada de variables como los días de precipitación intensa, días de precipitación muy intensa y factores antropicos.	Precipitación intensa: Baja disminución de 48 a 40,5 mm. Precipitación muy intensa: Baja disminución de 23 a 19,6 mm.	Precipitación intensa: Baja variación: MIN: -0,2 MAX: -0,1 D.S.: 0,0 Precipitación muy intensa: Baja Variación: MIN: -0,2 MAX: -0,1 D.S.: 0,0
	Incendio	Acción combinada de variables que cumplen ciertas condiciones como días calurosos sobre 30 grados, humedad relativa bajo 30 y viento medio sobre 30 km/h.	Temperatura: Bajo incremento de 12,2 a 13,4°C Humedad: Alta disminución de 72,1% a 71,6% Viento: Muy leve aumento de 8,08 a 8,12 m/s	Temperatura: Alta homogeneidad: MIN: 0,9 MAX: 1,4 D.S.: 0,1 Humedad: Alta variación MIN: -2,2 MAX: 0,5 D.S.: 0,6 Viento: Alta variabilidad: MIN: -1,0 MAX: 2,0 D.S.: 0,7
	Sequia	Basado en el Índice de Sequía Combinado (CDI) que esta integrado por las variables de sequia meteorologica (SPI), sequia hidrológica (ICE) y sequia agrícola (NDVI). Número máximo de días consecutivos en que la precipitación diaria no supera 1 mm	Índice de Precipitación Estandarizado (SPI): SPI-6 < -0,84 Anomalia de caudales (ICE): ICE-6 < -0,84 Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI): Anomalia NDVI < -0,5 Incremento de 42 a 50 días	Alta homogeneidad: MIN: 0,2 MAX: 0,1 D.S.: 0,0

Fuente. Elaboración propia.



5.4. Identificación de la Exposición

El taller participativo del CORECC, se sintetizó que la exposición a las diversas amenazas regionales es diferenciada de las propias características socio territoriales. Por lo que, en la región del Biobío, varias personas y sectores se encuentran más expuestos a las amenazas climáticas. En Concepción, las comunidades costeras están vulnerables a eventos como inundaciones y tormentas, por su proximidad al mar y cursos fluviales. En la provincia de Arauco, las comunidades rurales y forestales a menudo enfrentan incendios forestales devastadores, mientras que, en la provincia de Biobío, la agricultura y la ganadería son sectores vulnerables a sequías prolongadas.

En este sentido se definieron tres relaciones relevantes entre amenaza y exposición:

- La **"Crisis hídrica/Sequías prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)"** afecta más a la población rural.
- Las **"Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria"** tienen un mayor impacto en la población urbana.
- El **"Aumento de la temperatura/Olas de calor"** afecta especialmente a la población adulto/a mayor, un grupo particularmente vulnerable ante las amenazas del cambio climático.

Las diferencias en los impactos se explican por la falta de infraestructura en las zonas urbanas para enfrentar estas amenazas y que las zonas rurales ante la sequía, dada su condición geográfica y otros factores quedan expuestas. En la tabla 22 se presenta argumentos ejemplificados para fundamentar la relación entre amenaza y exposición.



Tabla 22. Relación entre amenaza y exposición, taller CORECC

Amenazas	Argumentos
Incremento de marejadas, trombas y oleajes fuertes	<p>Pueblos originarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesca y recolección de algunas comunidades indígenas (Golfo de Arauco) <p>Urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Impacto en la actividad de pesca y recolección ✓ Afecta a la infraestructura urbana en términos de magnitud
Aumento del nivel del mar y otros cambios en las condiciones del mar (Aumento de la temperatura superficial del mar, disminución del O2 disuelto, alteración de las condiciones de salinidad, acidificación del mar)	<p>Rural:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Impacta a la pesca artesanal en sector rural. Especialmente en el aumento del nivel del mar o cambios. Puede ser más o menos recolectora de algas (costa Arauco, Concepción, Tomé, penco, Lebu) <p>Urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Impacto en la actividad de pesca y recolección <p>Pueblos originarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Población asociada a los ECMPO (Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios)
Crisis hídrica/Sequias prolongadas/Disminución de las precipitaciones (promedio anual)	<p>Rural:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pequeños agricultores (rurales) sufren más, por merma en disponibilidad de agua ✓ La zona rural se está quedando sin recursos básicos ✓ Con la sequía siempre hay mayor diferencia entre lo urbano y lo rural, afecta más lo rural, dependen de los cursos de agua ✓ Lo rural está menos asegurado en recursos hídricos para consumo humano <p>Pueblos originarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Acceso restringido a servicios de abastecimiento de agua potable ✓ Por las mujeres de los pueblos originarios, por las semillas. <p>Urbano:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de agua afecta a lo urbano
	<p>Mujer:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Porque son las que más producen hortalizas
Lluvias más intensas: Incremento de precipitación máxima diaria	<p>Urbano:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Quienes viven cerca de los ríos, afectados por las crecidas ✓ Planificación y usos del suelo, saturada la infraestructura de las ciudades <p>Rural:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ En algunos sectores 100% rurales podrían tener un alto impacto debido a las dificultades de desplazamiento para salir del lugar (ej. Corte de puentes) ✓ Aislamiento zonas rurales <p>Mujeres:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las mujeres les es más complejo porque se hacen cargo de los niños, afecta más para salir con ellos
Aumento de la temperatura/Olas de calor	<p>Urbano:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Islas de calor en la ciudad ✓ Les afecta más a la población <p>Niños:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Población sensible (con enfermedades) <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Afectación sobre la agricultura
Disminución de la humedad ambiental	<p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Afecta a población socioeconómicamente vulnerable ✓ Infraestructura habitacional urbana
Incremento de la velocidad e intensidad de los vientos	<p>Rural:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Es más afectado por los vientos ✓ Porque tienen más generación seca, el viento afecta en situación compleja como incendios forestales
Argumentos transversales	<p>Adulto Mayor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cualquier amenaza les afecta más porque son más vulnerables, no tienen buenas condiciones e la adultes

Fuente. Elaboración propia



5.5. Definición de sectores regionales vulnerables al cambio climático

5.5.1. Fundamentos

Definida la amenaza y exposición, corresponde identificar la vulnerabilidad regional frente al cambio climático, lo que se presenta a través de la definición de sectores relevantes y sensibles para la región del Biobío.

Siguiendo el diseño metodológico planteado al generar las relaciones entre amenazas y su impacto en los diversos sectores (tabla 23), podemos apreciar, de manera global, que la región del Biobío presenta una serie de vulnerabilidades al cambio climático debido a factores específicos. Así, por ejemplo, **los sectores ciudades y biodiversidad, se ven transversalmente afectados** por el cambio climático. En las ciudades de la región estos efectos se podrán apreciar a nivel de infraestructura urbana, salud pública y economías locales. Respecto a los ecosistemas de la región del Biobío, ricos en especies endémicas y diversos hábitats, enfrentan riesgos significativos como la alteración de hábitats y la disminución de especies debido al cambio climático. Esto no solo tiene impactos ecológicos, sino que también afecta servicios ecosistémicos vitales para las comunidades humanas, como la purificación del agua y el control de la erosión.

La región tiene una extensa línea costera (**sector borde costero**) que incluye importantes comunidades y ciudades afectadas por cambios en las condiciones del mar, por lo que el sector pesca y acuicultura tienen una gran relevancia en este ámbito, cuyo riesgo engloba a las infraestructuras, los asentamientos humanos y las actividades económicas en la zona. Siguiendo esta línea, la economía de la región está fuertemente ligada a recursos naturales como la **agricultura, la silvicultura y forestal**, los cuales son especialmente susceptibles a variaciones climáticas, que pueden comprometer la productividad de estos sectores, afectando la economía regional e inclusive la seguridad alimentaria. Por lo tanto, los impactos del cambio climático en los sectores **energía y recursos hídricos** resultan esenciales para el desarrollo de estos sectores.

En este sentido, la región del Biobío ha sido históricamente una de las principales productoras de energía hidroeléctrica en Chile. El cambio climático, manifestándose a través de patrones de precipitación alterados y disminución de los caudales de los ríos, puede afectar significativamente la capacidad de generación hidroeléctrica. Esto no solo impactaría la disponibilidad de energía, sino también su costo y sostenibilidad. La región depende de una oferta energética estable para sostener y expandir su desarrollo industrial y urbano. Interrupciones o aumentos en los costos de energía podrían frenar el desarrollo económico y afectar la calidad de vida de sus habitantes.

Por otro lado, la región del Biobío tiene una importante actividad agrícola que depende del riego (ver producto 7). Cambios en la disponibilidad de agua, ya sea por reducción de lluvias o por cambios en la distribución temporal de las mismas, podrían comprometer la agricultura y la salud y calidad de vida de la población que será altamente urbana en los próximos años (UNDESA, 2018). Además, los recursos hídricos son fundamentales para mantener la biodiversidad y los ecosistemas de la región.

Estos factores combinados subrayan la vulnerabilidad de la región del Biobío al cambio climático, destacando la necesidad de políticas robustas y acciones de adaptación y mitigación para proteger tanto a sus comunidades humanas como a sus ecosistemas naturales.



Tabla 23. Relaciones entre amenazas climáticas y su impacto en los diversos sectores

SECTOR	AMENAZAS E IMPACTOS													
	Temperatura		Precipitaciones				Fenómenos climáticos extremos			Condiciones del mar				
	Aumento de episodios cálidos	Disminución de episodios fríos	Disminución de la lluvia acumulada	Aumento de los días secos consecutivos	Disminución de días húmedos consecutivos	Disminución de nieve acumulada	Aumento de olas de calor sobre 30	Inundaciones	Incendios	Sequías	Cambio en la temperatura superficial del	Oxígeno disuelto	Alteración de salinidad del mar	Acidificación del mar
Energía														
Transporte														
Silvo-Agropecuario														
Salud y bienestar humano														
Infraestructura														
Residuos														
Ciudades														
Recursos Hídricos														
Turismo														
Pesca y Acuicultura														
Borde Costero														
Biodiversidad														

Fuente. Elaboración propia.

Asimismo, y desde una perspectiva amplia, los **sectores turismo e infraestructura** tendrían también una afectación transversal a las amenazas climáticas, sin embargo, su relevancia para la región se comprende desde otra perspectiva. La vocación actual de la región no tiene ni proyecta un énfasis turístico, este sector representan el 2,9 % del PIB regional (ver producto 7) y, si bien, los escenarios climáticos futuros son preocupantes, no estarían en las prioridades regionales directas. No obstante, lo anterior, la adaptación de otros sectores (biodiversidad, recursos hídricos, por ejemplo), repercutirán positivamente en este sector. Por otro lado, la adaptación al cambio climático del sector infraestructura se asocia a diversas estrategias y prácticas, enfocadas en aumentar la resiliencia y la sustentabilidad de las construcciones y los servicios urbanos (*medidas de mitigación*). Esto implica, por ejemplo, el fortalecimiento de la infraestructura existente, como la revisión y el refuerzo de estructuras clave como puentes y carreteras (que se vinculan al **sector transporte**), y de sistemas de drenaje para asegurar que puedan resistir eventos climáticos extremos como inundaciones. También se incluye el diseño y la construcción sustentable, donde se promueva el uso de materiales y tecnologías más sustentables y resistentes al clima en nuevos proyectos. Esto puede incluir el diseño de edificaciones capaces de soportar temperaturas extremas y condiciones climáticas adversas, así como la incorporación de elementos de infraestructura verde, como techos verdes y sistemas de recolección de agua de lluvia (Heywood, 2015¹⁵).

En este mismo sentido, no se ha priorizado el sector transporte, cuya adaptación se visualiza desde la implementación de medidas de mitigación. Además, los datos existentes no permiten alcanzar un análisis y comprensión más específica de relaciones relevantes entre amenazas climáticas y el sector.

¹⁵ Heywood, H (2015). 101 rules of thumb sustainable buildings and cities. RIBA publishing, London 2015.



Finalmente, respecto al **sector salud y bienestar humano**, al igual que el sector turismo, su adaptación se verá influenciada por los otros sectores (por ejemplo, recursos hídricos, energía) y por la implementación de medidas de mitigación orientadas a reducir emisiones gases efecto invernadero, por lo que directamente no ha sido priorizado para la región.

5.5.2. Conceptualización de sectores priorizados

Priorizar sectores específicos garantiza que, en las etapas siguientes de este estudio, los recursos se concentren donde son más necesarios, maximizando el impacto de las políticas y medidas de adaptación al cambio climático, y asegura que la región del Biobío esté mejor preparada para enfrentar los desafíos futuros derivados del cambio climático de manera eficiente y efectiva.

Siguiendo el diseño metodológico de este informe, se han priorizado siete sectores para la región del Biobío: energía, silvoagropecuario, pesca y acuicultura, recursos hídricos, ciudades, biodiversidad y borde costero). Además, se adiciona información que se considera relevante en el ámbito de la infraestructura y el transporte.

A continuación, se presentan los sectores priorizados en términos de relevancia e impactos potenciales del cambio climático.

5.5.3. Energía

Fuente de información
PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL SECTOR ENERGÍA 2018-2023. https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/PLAN-DE-ADAPTACION-ENERGIA.pdf ANUARIO ESTADISTICO DE ENERGIA AÑO 2022. https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/
Relevancia
<p>El sector energético en la Región del Biobío es fundamental en términos de empleo, diversificación económica, inversiones y suministro confiable de energía, ya que juega un papel esencial en la promoción del desarrollo tecnológico, industrial y la sostenibilidad ambiental.</p> <p>En relación de inversión, la región del Biobío ha atraído y continuará atrayendo un flujo significativo de capital hacia el sector energético proveniente tanto de inversionistas nacionales como extranjeros, lo que ha contribuido al crecimiento económico y al desarrollo de proyectos energéticos innovadores. A este impulso se le suma la industria del hidrógeno verde.</p> <p>En términos de empleo, el sector energético en la Región del Biobío es un motor importante a través de empleos directos en la industria energética (generación, transmisión y distribución de energía) y de empleos indirectos, relacionados con actividades como la construcción y el mantenimiento de infraestructura energética.</p> <p>En cuanto a la diversificación económica, la Región del Biobío ha experimentado un aumento sustancial en la capacidad de generación de energía renovable. Para el año 2022¹⁶, la participación de la matriz eléctrica se compone de: hidráulica (59%),</p>

¹⁶ Se mide el año 2022 debido a que los datos del año 2023 solo llegan hasta noviembre.



térmica (33%) y otras fuentes 17(8%) (INE, 2023, ver producto 7). A su vez, en términos de capacidad instalada, de acuerdo con energiaregion.cl el rol de las energías renovables no convencionales es relevante: 48% hidráulica de embalse, 31% hidráulica de pasada, 11% eólica, 6% biomasa, 2% carbón.

En lo que respecta a la cobertura y confiabilidad del suministro energético, la región ha logrado alcanzar grados de cobertura sobre 95% (ver producto 7) y mantener un alto nivel de calidad en su servicio eléctrico. Los apagones y cortes de energía son raros, y la infraestructura eléctrica de la región ha demostrado ser robusta y confiable, con una disponibilidad promedio de electricidad superior al 99%.

Impactos potenciales del CC en el sector

Los impactos del cambio climático en el sector energía se pueden apreciar desde tres perspectivas: oferta, transporte y demanda de uso final de energía.

1. La disminución de las precipitaciones, aumento de los días secos consecutivos conllevará a la disminución de la disponibilidad hídrica, influyendo en la generación de energía hidroeléctrica, debilitando el suministro eléctrico y afectando negativamente a la industria y a los consumidores. Impacto que se verá incrementado por la **disminución de días húmedos consecutivos y de la acumulación de nieve** que reducirá el suministro de agua para embalses y ríos, utilizados para la generación de energía hidroeléctrica.

2. El aumento de episodios cálidos (de 7,5 a 29,6 episodios) **y la disminución de episodios fríos** (de 5,3 a 0.9 episodios) generarán una mayor demanda de energía debido al incremento de uso del aire acondicionado y sistemas de refrigeración.

3. El Aumento de los eventos climáticos extremos (ej. olas de calor de 1,8 a 5, 8 días; incendios e inundaciones) podrían elevar los daños cuantificables en la infraestructura energética del Biobío, donde existen 157 sub estaciones eléctricas destinadas al transporte de la energía.

¹⁷ Incluye la producción de generación eólica más solar.



5.5.4. Silvoagropecuario

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO. Propuesta Ministerial Elaborada en el Marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012.

https://mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2015/02/Plan_Adaptacion_CC_S_Silvoagropecuario.pdf

CENSO AGROPECUARIO

<https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

<https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>

Relevancia

El sector silvoagropecuario en la región del Biobío, Chile, desempeña un papel fundamental en la economía local y nacional. Con una extensión de aproximadamente 37.000 kilómetros cuadrados de tierras aptas para la agricultura y la ganadería, la región se destaca por su diversidad productiva. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en el año 2020, el Biobío fue responsable de aproximadamente el 8% de la producción agrícola total del país e integra a los subsectores agrícola, pecuario y forestal.

Además de su contribución económica, el sector silvoagropecuario en el Biobío desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria regional y nacional. La diversidad de cultivos y la actividad ganadera abastecen tanto el mercado interno como externo, garantizando el suministro de alimentos básicos y productos agrícolas de alta calidad. Según cifras del Ministerio de Agricultura de Chile, la región del Biobío es uno de los mayores exportadores de productos agrícolas del país, contribuyendo significativamente al equilibrio de la balanza comercial y fortaleciendo la posición de Chile como un actor clave en el mercado global de alimentos.

Según los datos del Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2020-2021), las actividades principales asociadas dentro de la región, medidas por el número de Unidades de Producción Agrícola (UPA), corresponden principalmente a la ganadería (33.34%), los cultivos (34%), y actividades no silvoagropecuarias (15%), mientras que la actividad forestal representa un 10%, entre otros.

El subsector agrícola, mayormente de secano, ha experimentado una disminución en su contribución al Producto Interno Bruto (PIB), su participación en el empleo y las exportaciones. Los cultivos más relevantes incluyen cereales como trigo y maíz, legumbres, papa, y frutas como arándanos y viñas.

El sector pecuario ha mostrado aumentos en la producción lechera, siendo dependiente de praderas y aportando el 20,3% a nivel nacional.

De acuerdo con el Catastro Vegetacional de CONAF actualizado en el año 2015, las plantaciones forestales de la región representaban el 28,1% del total nacional, situándose como la región que ocupa el primer lugar en términos de superficie de bosques plantados. Las provincias que concentran mayor superficie de plantaciones son Biobío (48,2%), Concepción (41,8%) y Arauco (10,0%).

Es así como la región del Biobío es la principal productora de celulosa del país por ejemplo en el año 2021 produjo 4.979.600, con un 95,6% correspondiente a celulosa química (INE; 2022). Se espera un aumento con la reciente implementación del proyecto MAPA. Respecto a la madera aserrada, en 2022 se produjeron 3.076,7 miles



de metros cúbicos, representando una disminución respecto a 2018. Sin embargo, la transformación de esta madera en productos secundarios, como muebles, tableros y papel, desempeña un papel crucial en la economía regional al agregar un significativo valor a la materia prima, aumentando tanto los precios como la rentabilidad. En el ámbito de las exportaciones, el sector forestal representó el 70,6% de las exportaciones regionales en 2022, totalizando US\$ 4.132.976.522, aunque esta cifra muestra una disminución respecto al 74,8% registrado en 2018 con US\$ 4.706.654.072 exportados.

Impactos potenciales del CC en el sector

1. La disminución de la lluvia acumulada y el aumento de los días secos impacta directamente en la reducción de rendimiento de los cultivos. En el caso de la región del Biobío, en el sector agrario, los cultivos que más rendimiento otorgan según datos entregados por ODEPA son: Remolacha azucarera (1.288,3 qqm/ha) Achicoria (515,8 qqm/ha) Papa (295 qqm/ha).

2. De esta misma manera, **la sequía** se hace presente, reduciendo la producción y calidad de los alimentos en este ámbito, de producción, los productos mas afectados son: Trigo (1.738.272 qqm) Trigo harinero (1.038.992 qqm) Maíz (1.094.886 qqm) Maíz consumo (1.088.321 qqm) Remolacha azucarera (1.226.459 qqm) Achicoria industrial (1.084.790 qqm). En síntesis, hay dos productos que serian las mas afectadas, la achicoria industrial y remolacha azucarera.

3. Afectación de incendios forestales por aumento de megaincendios, pueden destruir vastas áreas de bosques, afectando gravemente la industria forestal por la producción de madera y celulosa. También afecta la agricultura y la ganadería al destruir cultivos, pastizales y pasturas.



5.5.5. Pesca y Acuicultura

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO PARA PESCA Y ACUICULTURA.

<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/08/Plan-Pesca-y-Acuicultura-CMS.pdf>

ESTADO DE LA PESCA ARTESANAL. REGION DEL BIOBIO 2023

<https://www.fundacionchinquihue.cl/wp-content/uploads/2023/11/Estado-de-la-Pesca-Artesanal-Regi%C3%B3n-del-Biob%C3%ADo-2023-Fundaci%C3%B3n-Chinquihue.pdf>

<https://www.diarioconcepcion.cl/economia/2023/05/23/un-70-crece-exportacion-de-pesca-en-biobio-pese-a-baja-general-en-marzo.html>

ANUARIO ESTADÍSTICO 2017

<https://www.sernapesca.cl/informes/estadisticas/>

Relevancia

El sector pesquero en la Región del Biobío no solo es una fuente significativa de empleo, sino que también desempeña un papel esencial en la economía local y en la preservación de la cultura e historia de la región.

El sector pesquero tiene dos alcances: la pesca industrial y la pesca artesanal por lo que genera empleos e ingresos asociados a una amplia gama de roles, desde pescadores y tripulantes de barcos hasta personal de procesamiento de pescado y trabajadores involucrados en la distribución y comercialización de productos pesqueros a nivel nacional e internacional. De acuerdo a la Fundación Chinquihue (2023)¹⁸ los oficios con más participación son pescadores y recolectores. En el caso de la pesca artesanal Estos trabajadores son vitales para la economía local, la vida costera, especialmente en caletas, y contribuyen al sustento de muchas familias en la región.

Durante el año 2022 el desembarque total de la región del Biobío fue de 1.105.002 toneladas (SERNAPESCA, 2022) correspondientes al 27% del total nacional, principalmente pescados. De ellos el 56% corresponde a pesca industrial y 44% a pesca artesanal, donde comparativamente es mayor la extracción de moluscos y algas (9 y 5% artesanal, en comparación a >1% industrial, respectivamente, ver producto 7).

Las especies más exportadas son jurel, merluza y salmón, además de sardina y anchoveta en forma de harina de pescado¹⁹. Las cosechas de centros de cultivo fueron casi 400 toneladas en 2021, y estuvieron compuestas principalmente por trucha y pelillo (84,4% y 13,3%, respectivamente (Fundación Chinquihue, 2023²⁰). Estas cifras resaltan la relevancia de la pesca para la producción de alimentos y la economía regional.

El sector pesquero ha contribuido a la construcción de comunidades litorales en la región y ha sido fundamental para preservar la rica cultura y la historia marítima local.

¹⁸ <https://www.fundacionchinquihue.cl/wp-content/uploads/2023/11/Estado-de-la-Pesca-Artesanal-Regi%C3%B3n-del-Biob%C3%ADo-2023-Fundaci%C3%B3n-Chinquihue.pdf>

¹⁹ <https://www.diarioconcepcion.cl/economia/2023/05/23/un-70-crece-exportacion-de-pesca-en-biobio-pese-a-baja-general-en-marzo.html>

²⁰ Fundación Chinquihue (2023). Estado de la pesca artesanal región del Biobio. Concepción, Chile.



Esto ha impulsado el turismo costero y ha promovido la gastronomía regional, generando ingresos adicionales y promoviendo la identidad cultural de la región.

De acuerdo al Decreto N° 240 que fija la nómina oficial de caletas de pescadores artesanales, la región del Biobío posee 71 caletas pesqueras. En ellas la participación laboral por sexo es de 73,6% hombres y 26,4% mujeres (Fundación Chinquihue 2023). El oficio donde hay más participación de mujeres es recolectoras (34,4%).

Impactos potenciales del CC en el sector

1. El cambio climático plantea desafíos significativos para el sector pesquero en el Biobío, con impactos medibles en la pérdida de desembarque pesquero artesanal. Producto del **cambio en la temperatura del aire y el cambio de las precipitaciones** al año 2050.

2. El aumento de la **cota de inundación** (variación en 0,26 aproximadamente promedio regional) afectaría caletas pesqueras de la región mermando las condiciones de vida de sus habitantes.

3. La disminución de oxígeno disuelto en el mar provocado por la surgencia, impacta en la actividad pesquera artesanal en la región. La surgencia provoca que masas de aguas de profundidad, bajas en oxígeno, suban a la superficie, haciendo que las especies pelágicas (Anchoveta) escapen en búsqueda de aguas con mayor oxígeno y finalmente varen (AQUA, 2022²¹). Acorde a Mundo Acuícola (2022), la región se caracteriza por tener eventos de surgencia lo que históricamente ha provocado varazones de recursos.

5.5.6. Recursos Hídricos

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LOS RECURSOS HÍDRICOS
<https://snia.mop.gob.cl/pacc-rh/inicio>

Relevancia

Los recursos hídricos son una columna vertebral fundamental en la región del Biobío, con impactos significativos en el suministro de agua potable, la economía regional, la agricultura, la conservación de la biodiversidad y el turismo.

Los recursos hídricos proporcionan el suministro de agua potable para la población de la región del Biobío. El 91% de la población accede a través de red pública, 5,7% a través de pozo o noria, 0,9% en camión aljibe y 2,4% directamente desde río, vertiente, estero, canal. Las comunas que tienen más de 200 hogares dependientes de camiones aljibe son: Concepción (254 hogares; 0,3% hogares comunales), Tomé (255; 1,4%), Arauco (408; 3,6%), Cañete (206; 1,9%), Los Ángeles (472; 0,7%), Laja (445; 5,9%), Mulchén (291; 3,1%), Santa Bárbara (209; 4,6%) y Yumbel (254; 3,3%).

El agua es un recurso esencial para las actividades económicas clave en la región, como la industria forestal, papelera y la generación de energía eléctrica. Asimismo, es clave para mantener la productividad agrícola y garantizar la seguridad alimentaria en la región.

²¹ <https://www.aqua.cl/que-cause-la-varazon-de-ejemplares-de-sardina-pejerrey-y-anchoveta-en-la-playa-de-coliumo-en-el-biobio/>



Los ríos, lagos y ecosistemas acuáticos en la región del Biobío albergan una diversidad de vida silvestre y son cruciales para la conservación de la biodiversidad y también contribuyen a la economía regional a través de la industria turística y recreacional.

Impactos potenciales del CC en el sector

Los impactos que se pueden dar en el sector de recursos hídricos recaen, principalmente, en la afectación de la disponibilidad y calidad del agua, para consumo humano en centros urbanos.

1. Las precipitaciones son el factor común en este sector. Una disminución de la lluvia acumulada genera deficiencias en la seguridad hídrica urbana y rural, dado que disminuye la disponibilidad confiable y calidad de agua para consumo. Esta disminución de lluvias también repercutiría en la reducción del rendimiento de los cultivos en la región.

2. El aumento de los días secos consecutivos disminuye la generación de energía hidroeléctrica, ya que esta se ve afectada por la reducción de caudales.

5.5.7. Ciudades

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA CIUDADES 2018 - 2022.

https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Plan-CC-para-Ciudades_ aprobado-CMS-ene2018-1.pdf

Palmerio, M, Bocher, R, Chandler, G, Valdivia, L, Cifuentes, (2024). Impacto de las olas de calor en la salud en Chile: evidencia y recomendaciones. Centro UC. Recuperado de:

<https://politicaspUBLICAS.uc.cl/publicacion/impacto-de-las-olas-de-calor-en-la-salud-en-chile-evidencia-y-recomendaciones/>

PROYECCION DE DEMANDA DE LARGO PLAZO DEL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL PERIODO 2023-2043

<https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/01/Apendice-IV-%E2%80%93-Proyeccion-de-Demanda.pdf>

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE.

<https://dqa.mop.gob.cl/Estudios/04%20Resumen%20Ejecutivo/Resumen%20Ejecutivo.pdf>

<https://www.cr2.cl/organizaciones-y-expertos-piden-con-urgencia-preparacion-de-las-ciudades-ante-las-olas-de-calor-radio-uchile-2/>

Relevancia

Las ciudades en la región del Biobío desempeñan un papel central en la vida de sus habitantes y en el desarrollo económico de la región. Con una población que supera los 1.6 millones de personas, las ciudades de la región representan la mayoría de la población regional, lo que equivale a aproximadamente el 88,6% del total (ver producto 7)

En términos de actividad económica, las ciudades son verdaderos motores. La región del Biobío tiene un Producto Interno Bruto (PIB) significativo, con una contribución importante de las áreas urbanas. Además, las ciudades de la región son centros educativos y culturales de renombre. Algunas de las universidades e instituciones de investigación más prestigiosas del país se encuentran en estas áreas urbanas. Esto no solo promueve el acceso a la educación superior, sino que también impulsa la investigación, la innovación y la cultura en la región.

Impactos potenciales del CC en el sector

El cambio climático está alterando las condiciones meteorológicas normales, produciendo modificaciones graduales en el clima que impondrán sobre las ciudades



y los sistemas socioecológicos, especiales desafíos de acuerdo a su ubicación. Las variables climáticas, como la temperatura, las precipitaciones, los fenómenos climáticos extremos y las condiciones del mar tienen un impacto significativo en varios aspectos que afectan directamente a la población de la región del Biobío en sus ámbitos de infraestructura y ecosistema, recursos de agua y energía y población humana.

1. Las olas de calor representan un desafío significativo ya que pueden tener graves repercusiones en la salud pública de la población (Palmerio et al., 2024), con énfasis en los adultos mayores y niños.

2. El aumento de episodios cálidos trae consigo un incremento de la demanda de energía a nivel comercial (sistemas de refrigeración), público y residencial (mayor uso de aire acondicionado). Según datos entregados por Coordinador Eléctrico Nacional la demanda de Sistema Eléctrico Nacional (SEN) al año 2043 se proyecta en 9,38 TWh lo que es un incremento de un 75%, en relación al año 2023 (5.37TWh).

3. La disminución de la lluvia acumulada reduce la disponibilidad hídrica (cantidad y calidad de agua disponible en los ríos y acuíferos de la región), para satisfacer la demanda de consumo de agua. La proyección de demanda hídrica al 2040 (MOP, DGA, 2017) en aguas no consuntiva, es de 40.737.428 Mm³/año. En cuanto a las aguas consuntivas tendrán una demanda de 1.275.241 Mm³/año.

4. El aumento de los incendios forestales Afectará la calidad de suministro eléctrico comunal a nivel de subestaciones y líneas de transmisión.

5.5.8. Biodiversidad

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN BIODIVERSIDAD.
https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/02/Plan_Adaptacion_CC_Biodiversidad_2.pdf
https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/biodiversidad_fauna_temperatura_cbit/

Relevancia

La biodiversidad en la región del Biobío es esencial para la conservación de especies, la economía regional, el turismo, la prestación de servicios ecosistémicos y la investigación científica.

La región alberga una diversidad de ecosistemas, incluyendo bosques nativos, humedales, ríos y áreas costeras. En la región existen 16 especies en peligro crítico (CR), 54 especies en peligro de extinción (EN) y 43 especies categorizadas como Vulnerables (VU). Entre ellas las especies CR: dos especies de ballenas (*Balaenoptera borealis* (sei) y *B. physalus* (fin)), reptiles como *Phymaturus vociferator* (matuasto del Laja) y *Liolaemus hermannunezi*, anfibios como *Rhinoderma rufum* (sapito vaquero) y plantas (*Chloraea cuneata* y *Gaultheria renjifoana* (chaura de Laraquete), todas ellas con distribuciones y poblaciones extremadamente reducidas. Como EN destacan aves en humedales costeros (*Coscoroba Coscoroba* (cisne coscoroba), *Calidris canutus* (playero ártico), *Cygnus melancoryphus* (cisne de cuello negro)), árboles como *Pitavia punctata* (pitao), *Gomortega keule*, *Araucaria araucana*. Finalmente, como VN se pueden mencionar *Campephilus magellanicus* (carpintero negro), peces como *Brachygalaxias bullocki* (puye) y *Trichomycterus areolatus* (bagrecito), la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*), *Leopardus guigna* (güiña) y *Citronella mucronata* (hullipatagua, naranjillo).



Los ecosistemas de la región proporcionan una serie de servicios ecosistémicos esenciales, como la purificación del agua, la polinización de cultivos y la regulación climática. Estos servicios son vitales para la salud de la población y la economía regional.

La biodiversidad de la región del Biobío ofrece oportunidades para la investigación científica y la educación. Instituciones académicas y científicos realizan estudios sobre la fauna y flora local, lo que contribuye al conocimiento científico y a la formación de futuros científicos y profesionales.

Impactos potenciales del CC en el sector

Los principales efectos del cambio climático en la región comprometen la subsistencia de la flora y fauna.

1.El aumento de episodios cálidos, disminución de episodios fríos afectarían la biodiversidad. Según datos extraídos de Arclim, exponen que, en función de 0 a 1, el índice de riesgo de pérdida de la biodiversidad de fauna corresponde a rangos de 0,6 a 0.8, sobre todo en localidades costeras e intermedias. En índice de pérdida de superficie vegetal natural, en la misma función 0 a 1, la región presenta una valoración en tabla de "muy alta" con rangos de 0,7 a 1. Estos cambios pueden afectar en la reducción del hábitat de la flora y fauna, así como en la merma de los humedales.

En el caso de pérdida de superficie vegetal natural, presenta una exposición en su mayoría alta, en las mismas localidades afectadas por la pérdida de biodiversidad. Estas condiciones climáticas adversas pueden aumentar el estrés bioclimático, afectando negativamente las formaciones vegetacionales características de la región, como el Bosque Esclerófilo, el Bosque Caducifolio y el Bosque Laurifolio.

5.5.9. Borde costero

Fuente de información

INFORME ESPECIAL IPCC. CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1,5°C

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf

ADMINISTRACIÓN DEL BORDE COSTERO Y CAMBIO CLIMÁTICO Estrategia Climática de Largo Plazo Mesa Borde Costero

<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Instrumentos-de-largo-plazo-del-sector-5.pdf>

ZONIFICACIÓN COSTERA COMUNAL TALCAHUANO.

https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/02_1er_IA_Micro_ZBC_Talcahuano.pdf.pdf

https://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=787&Version=1

https://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=788&Version=1
https://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=788&Version=1

Relevancia

El sector borde costero de la Región del Biobío puede conceptualizarse como una zona de gran importancia económica, ambiental y social, que abarca desde los límites costeros hasta una cierta distancia tierra adentro. Según estudios realizado por el MMA, el sector borde costero de la Región del Biobío alberga una diversidad de ecosistemas marinos y terrestres, incluyendo playas, acantilados, humedales costeros, bosques costeros y zonas urbanas (MMA, 2020).



Según un informe del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) de Chile, la pesca y la acuicultura en el Biobío son actividades económicas importantes que generan empleo y aportan a la seguridad alimentaria regional (SERNAPESCA, año). Asimismo, el turismo costero es una actividad en crecimiento, impulsada por la belleza natural de la costa del Biobío y sus recursos culturales e históricos

Impactos potenciales del CC en el sector

El cambio climático puede alterar las condiciones del mar en la región, especialmente en los siguientes aspectos:

1. El aumento de varamiento de cetáceos está relacionada con el **cambio de la temperatura superficial del mar** por la disminución promedio de 1,6 grados en los próximos 50 años. Según el catálogo de especies del MMA, existen dos tipos de ballenas que se han dividido en la región, estas son *Balaenoptera borealis* y *Balaenoptera physalus* que se encuentra en estado crítico de amenaza.
2. La erosión costera por el **aumento del nivel del mar**. En el informe de determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile del Ministerio del Medio Ambiente se identifican costas de 6 comunas de la región las cuales sufren erosión. Playa Escuadrón (-0,2 y -1,5 m/año); Bahía de San Vicente (-0,2 y -1,5 m/año); Litoral Arauco – Laraquete (-0,2 y -1,5 m/año); Bahía de Coronel (-0,2 y -1,5 m/año); Bahía de Lebu (-0,2 y -1,5 m/año). Litoral Lebu – Tirúa (-0,2 y -1,5 m/año).
3. Disminución del número de comunidades costeras y pesqueras debido al **aumento de la cota de inundación**.

5.6.0. Infraestructura y Transporte

Fuente de información

PLAN DE ADAPTACION Y MITIGACION 2017-2022 DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMATICO

<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Plan-de-Accion-MOP.pdf>

DETERMINACION DEL RIESGO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LAS COSTAS DE CHILE.

<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/2019-10-22-Informe-V04-CCCostas-Playas-Rev1.pdf>

Relevancia

La infraestructura portuaria en la Región del Biobío es un motor económico fundamental en la generación de empleo, el comercio nacional e internacional, las inversiones en infraestructura, el desarrollo de servicios y la creación de clústeres industriales. Esta importancia estratégica hace que la infraestructura portuaria sea un activo crucial para el desarrollo y la prosperidad de la región.

Los puertos en la Región del Biobío son una fuente significativa de empleo. Estos empleos abarcan una variedad de niveles de habilidad y contribuyen de manera sustancial al bienestar de la población local y al crecimiento industrial en la región.



Los puertos de la región actúan como centros logísticos esenciales para el transporte de mercancías, tanto a nivel nacional como internacional. Por ejemplo, el año 2023²², se movilizaron más de 29 millones de toneladas de carga a través de los puertos del Biobío, lo que representa un aumento del 2% con respecto al año anterior²³. Esto subraya la importancia crítica de estos puertos para la economía regional y nacional, en el comercio exterior de Chile y en la exportación de productos agrícolas, forestales y manufacturados.

Por otra parte, transporte terrestre es un componente vital que respalda el desarrollo económico y social, conecta a la población, facilita el comercio, apoya la industria y contribuye significativamente a la generación de empleo. La conectividad y la accesibilidad son esenciales para el crecimiento de la región. Esto se refleja en el hecho de que el transporte es un facilitador clave para que las personas accedan a empleos, servicios de salud, educación y actividades económicas en todo el territorio.

La región alberga un importante sector forestal, industrial y manufacturero. El transporte es esencial para el movimiento eficiente de materias primas y productos terminados dentro y fuera de la región, lo que impulsa el crecimiento económico y la generación de empleo. En este último punto el sector transporte y almacenamiento en sí mismo emplea a más de 34,000 personas en la región, según datos del INE en 2020. Esto resalta su contribución a la fuerza laboral regional.

Impactos potenciales del CC en el sector

La presencia de erosión costera, inundaciones, escasez de agua, eventos climáticos extremos y que generan interrupciones en la infraestructura portuaria tienen un impacto tangible en la operación de los puertos y en la cadena de suministro regional y nacional.

1. **El aumento en el nivel del mar** incrementa la frecuencia de **inundaciones** en áreas cercanas a los puertos de la región.

2. el aumento en la **frecuencia de eventos climáticos extremos**, como tormentas intensas y marejadas ciclónicas causa daños significativos en la infraestructura portuaria, incluyendo muelles y sistemas de almacenamiento. Además, las interrupciones en la infraestructura de transporte terrestre, afectan la cadena de suministro regional y nacional.

2. El aumento de eventos climáticos extremos, como incendios e inundaciones, puede dañar la infraestructura de transporte, incluyendo carreteras, puentes y vías férreas, afectando el transporte de carga y pasajeros. Asimismo, el cambio climático puede afectar la disponibilidad de recursos utilizados en el transporte, como el combustible.

²² <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puertos-de-la-region-del-biobio-movilizaron-24-millones-de-toneladas-en-diciembre-de-2023-un-aumento-del-33-interanual>

²³ <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puertos-de-la-region-del-biobio-movilizaron-24-millones-de-toneladas-en-diciembre-de-2023-un-aumento-del-33-interanual>



6. CADENAS DE IMPACTOS: RIESGO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO

En relación a los sectores priorizados en la región del Biobío, se presenta un total de 14 cadenas de impactos. Seis de las cuales son nuevas y 8 existen en ARClím pero fueron adaptadas, en algunos casos con modificación de variables y todas con actualización de datos.

6.1 Características de las cadenas de impacto

Tabla 24. Cadenas de impacto del cambio climático (riesgo climático) elaboradas y ajustadas

Nombre de cadena de impacto de riesgo climático	Sectores	Tipo
Afectación de bosques caducifolios debido a shock térmico por aumento de temperaturas y olas de calor	Biodiversidad	Nueva
Impactos sobre la salud de la población sensible por aumento de episodios cálidos.	Ciudades, Salud y Bienestar humano	Nueva
Disminución de la producción de agua potable por reducción de las precipitaciones	Recursos Hídricos, Ciudades, Infraestructura	Nueva
Incremento de la demanda de electricidad por climatización asociados a episodios cálidos	Ciudades, Energía	Nueva
Afectación de plantaciones forestales por aumento del riesgo de megaincendios	Silvoagropecuario	Nueva
Afectación de comunidades costeras y pesqueras debido al aumento de la cota de inundación	Borde Costero, Pesca y Acuicultura	Nueva, mantiene amenaza
Reducción de desembarque de anchoveta por surgencia	Pesca y acuicultura	Existente recalculada con incorporación de amenaza histórica y futura e incorporación de variable de capacidad adaptativa
Pérdida de flora por aumento de temperatura media	Biodiversidad	Existente, recalculada con incorporación de amenaza histórica y futura e incorporación de variable de capacidad adaptativa
Disminución de Seguridad hídrica doméstica rural por aumento de sequía	Recursos Hídricos, Salud y Bienestar humano	Existente
Cambio de Productividad Cultivo de Trigo en Secano por efectos del cambio climático	Silvoagropecuario	Existente, recalculada con actualización de variable de exposición
Cambio de Productividad Cultivo de Trigo bajo Riego	Silvoagropecuario	Existente, recalculada con actualización de variable de exposición



por efectos del cambio climático		
Cambio de Productividad Cultivo de Maíz por efectos del cambio climático	Silvoagropecuario	Existente, recalculada con actualización de variable de exposición
Reducción de la energía hidroeléctrica generada por la reducción de las precipitaciones	Energía	Existente, recalculada a partir de los datos de ARClím
Incremento de costo marginal promedio de la energía debido a episodios cálidos	Energía	Existente ("Impacto de Aumento de Temperatura sobre Líneas de Transmisión"), recalculada con incorporación de variable de capacidad adaptativa

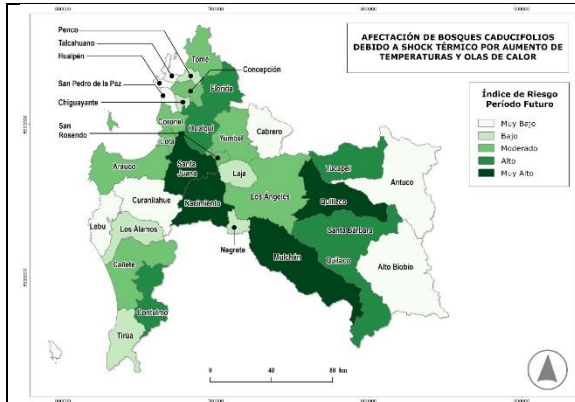
Tabla 25. Variables de las cadenas de impacto del cambio climático (riesgo climático)

Nombre de cadena de impacto de riesgo climático	Variables de Amenaza (A)	Variables de Exposición (E)	Variables de Sensibilidad (S)	Variables de Capacidad Adaptativa (CA)
Afectación de bosques caducifolios debido a shock térmico por aumento de temperaturas y olas de calor	Olas de calor sobre 30°C. Temperatura máxima diaria-	Porcentaje de Bosque Caducifolio. Número de fragmentos de Bosque Caducifolio.	Porcentaje de usos de suelo del entorno. Inverso del Tamaño promedio de cada fragmento de bosque caducifolio.	Porcentaje de bosque caducifolio protegido.
Impactos sobre la salud de la población sensible por aumento de episodios cálidos.	Días Calurosos sobre 30°C	Población sensible. Porcentaje de población sensible.	Índice socio-material territorial (ISMT)	Arbolado urbano. Humedales urbanos
Disminución de la producción de agua potable por reducción de las precipitaciones	Precipitación máxima diaria	Población abastecida con agua de la red pública	Consumo de agua por habitante y año	
Incremento de la demanda de electricidad por climatización asociados a episodios cálidos	Duración de episodios cálidos sobre 6 días	Clientes totales	Consumo eléctrico en todos los clientes regulados	Porcentaje de viviendas con Materialidad "Aceptable"
Afectación de plantaciones forestales por aumento del riesgo de megaincendios	Olas de calor sobre 30°C. Días Calurosos sobre 30°C. Temperatura máxima diaria.	Porcentaje plantaciones forestales	Fragmentos de plantaciones forestales. Área afectada por incendios.	Índice de igualdad de Shannon (paisaje). Cortafuegos.
Afectación de comunidades costeras y pesqueras debido al aumento de la cota de inundación	Cota de inundación	Población de los asentamientos costeros	Tipo de asentamiento. Existencia de manzanas censales a menos de 10 metros sobre el mar. Caletas Pesqueras Con Infraestructura.	Diversidad de actividad económica
Reducción de desembarque de	Oxígeno disuelto	Número de pescadores	Desembarque artesanal anual. Diversidad de	Explotación de jibia por vedas

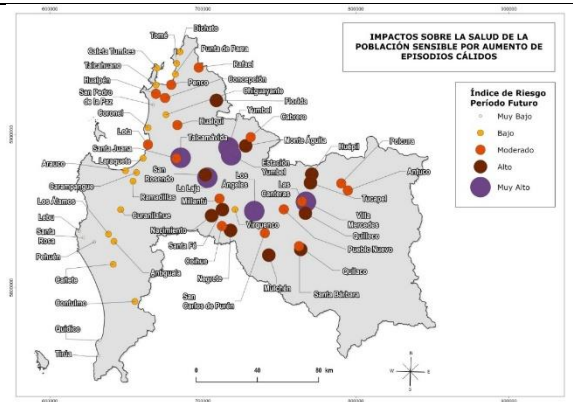


anchoveta por surgencia			recursos pesqueros. Estado de explotación del recurso 2018-2023.	reproductivas de anchoveta.
Pérdida de flora por aumento de temperatura media	Temperatura promedio anual	Superficie vegetación natural disponible	Margen de seguridad x Capacidad Adaptativa	Superficie protegida
Disminución de Seguridad hídrica doméstica rural por aumento de sequía	Sequía Meteorológica	Población rural	Condiciones demográficas, socioeconómicas y de infraestructura hídrica	
Cambio de Productividad Cultivo de Trigo en Secano por efectos del cambio climático	Rendimiento del trigo en secano	Cultivo de trigo en secano	Índice de ruralidad, índice de balance riego-secano, índice de diversificación, índice de embalses, índice de las pequeñas y medianas explotaciones, índice INDAP y un índice de infraestructura	
Cambio de Productividad Cultivo de Trigo bajo Riego por efectos del cambio climático	Rendimiento del trigo bajo riego	Cultivo de trigo bajo riego	Igual al anterior	
Cambio de Productividad Cultivo de Maíz por efectos del cambio climático	Rendimiento del maíz	Cultivo de maíz	Igual al anterior	
Reducción de la energía hidroeléctrica generada por la reducción de las precipitaciones	Disminución Precipitaciones	Índice de distribución de demanda eléctrica	Índice de variación de costos marginales	
Incremento de costo marginal promedio de la energía debido a episodios cálidos	Frecuencia de temperaturas críticas	Índice de Exposición	Índice de variación de costos marginales	Porcentaje de generación distribuida respecto del consumo eléctrico comunal

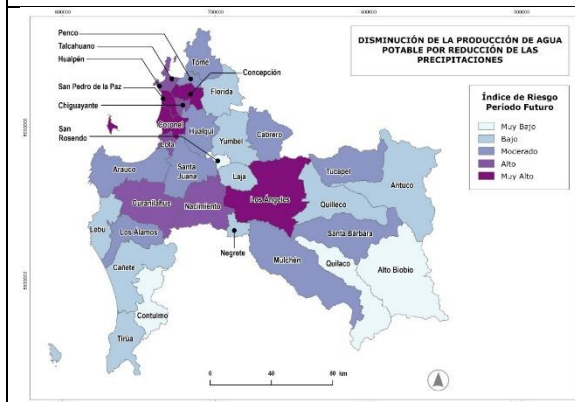
En los mapas siguientes se representan territorialmente los riesgos climáticos evidenciados por las cadenas de impacto, indicándose aquellas comunas con mayor riesgo. Esta información es integrada a modo indicativo en las fichas de las medidas de adaptación.



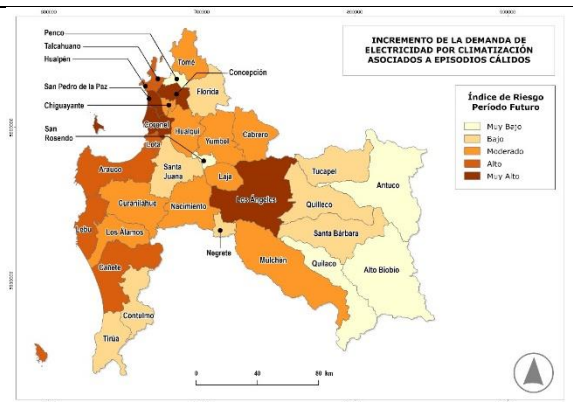
Afectación de bosques caducifolios debido a shock térmico por aumento de temperaturas y olas de calor. A estas comunas se agrega Santa Bárbara por el aumento en el índice de riesgo



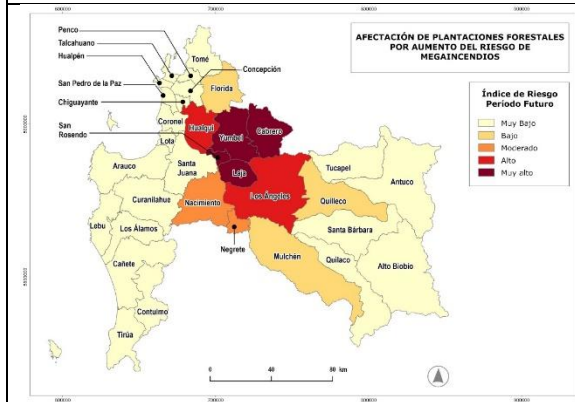
Impactos sobre la salud de la población sensible por aumento de episodios cálidos. A estas comunas se agrega Antuco, Concepción, Florida, Polcura y Quilaco por el aumento en el índice de riesgo



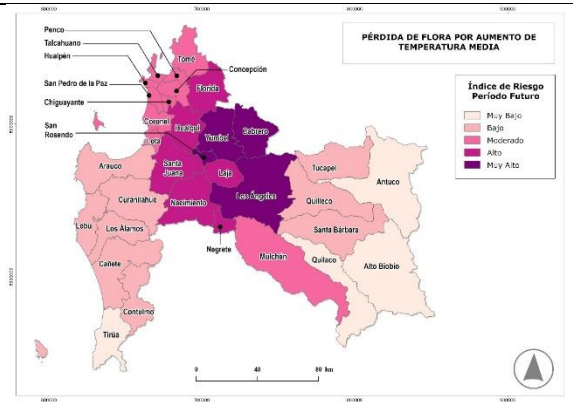
Disminución de la producción de agua potable por reducción de las precipitaciones. A estas comunas se agrega Chiguayante, Curanilahue y Lota por el aumento en el índice de riesgo



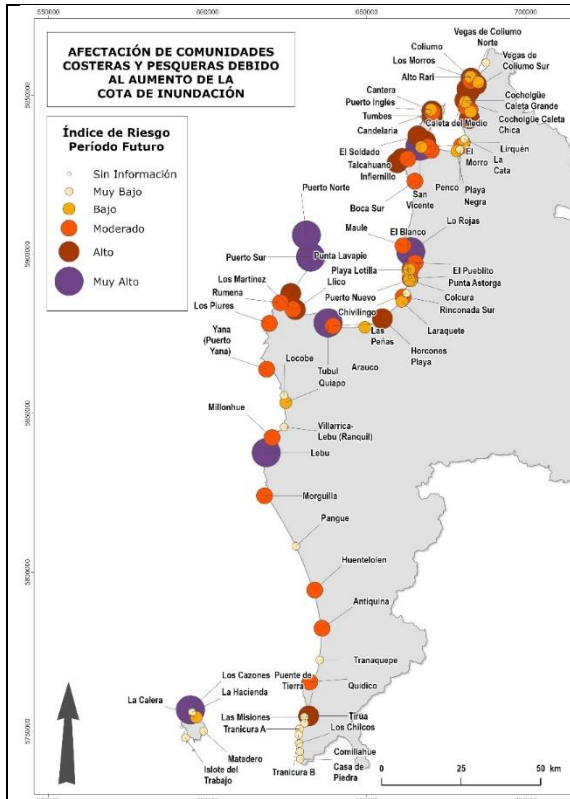
Incremento de la demanda de electricidad por climatización asociados a episodios cálidos.



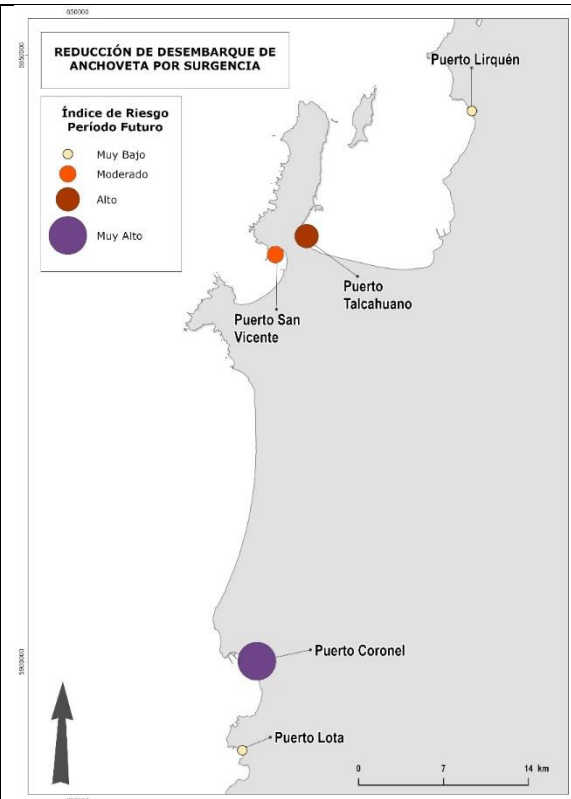
Afectación de plantaciones forestales por aumento del riesgo de megaincendios. A estas comunas se agrega Santa Juana, Nacimiento y Florida por el aumento en el índice de riesgo



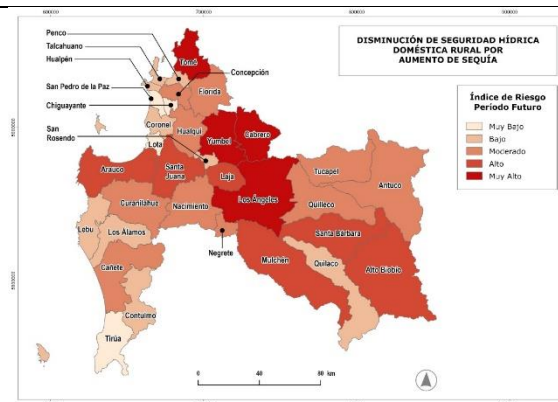
Pérdida de flora por aumento de temperatura media. A estas comunas se agregan Hualqui, Santa Juana y Nacimiento por el aumento en el índice de riesgo



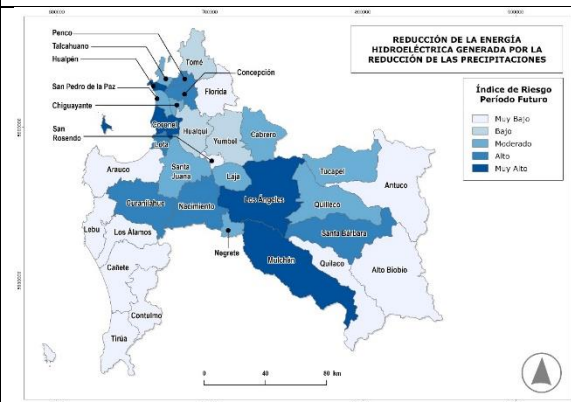
Afectación de comunidades costeras y pesqueras debido al aumento de la cota de inundación.



Reducción de desembarque de anchoveta por surgencia.



Disminución de Seguridad hídrica doméstica rural por aumento de sequía. A estas comunas se agregan Alto Biobío, Cañete, Mulchén y Santa Bárbara por el aumento en el índice de riesgo.



Reducción de la energía hidroeléctrica generada por la reducción de las precipitaciones.

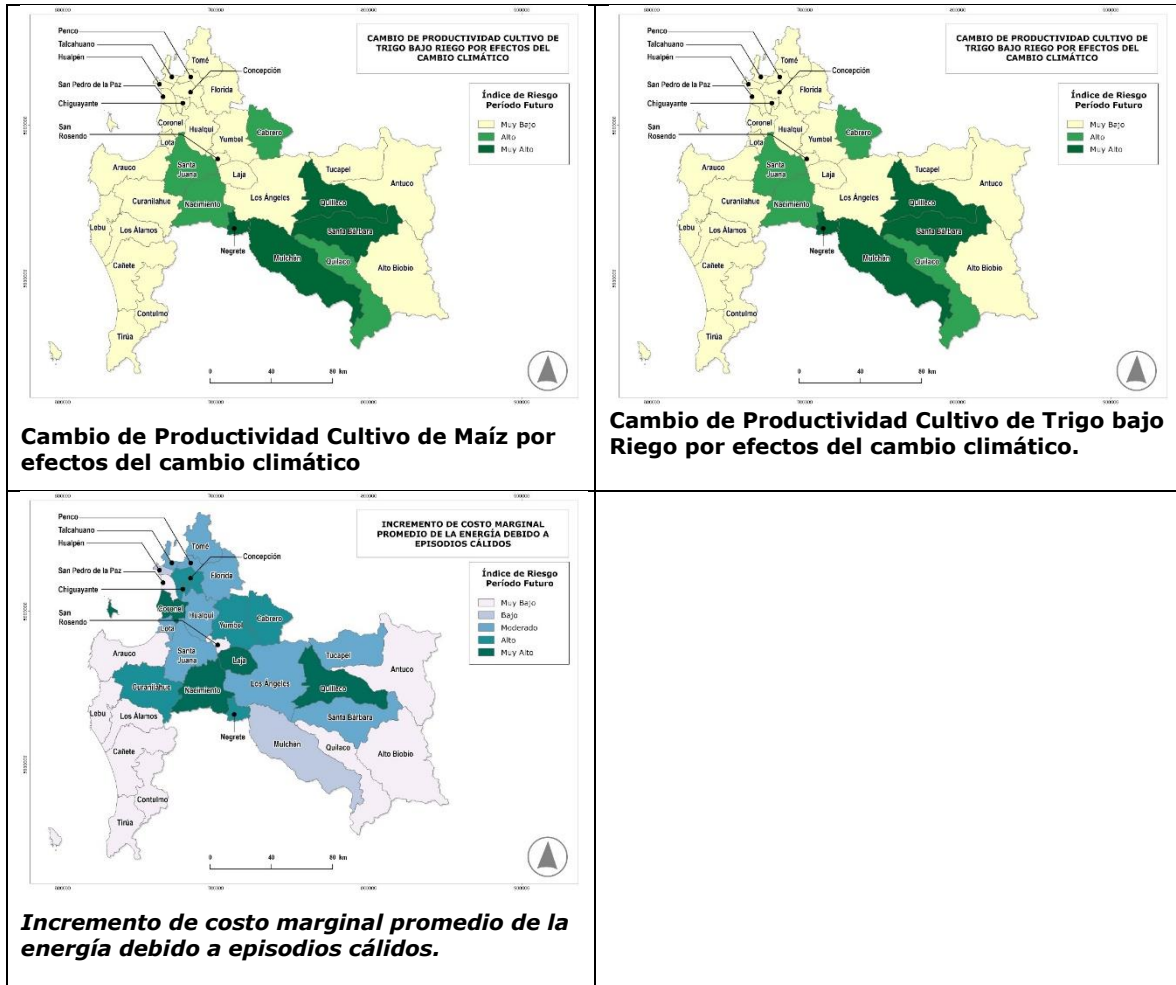


Figura 21. **Expresión regional de los riesgos climáticos evaluados.**

6.2 Metadatos y datos

Para cada una de estas cadenas se generó un archivo Excel que contiene dos hojas llamadas "METADATOS" y "DATOS". Ambas contienen tablas organizadas con encabezados en la primera fila.

"METADATOS": Describe atributos como identificadores, categorías, descripciones, unidades, y fuentes. Ejemplo de columnas: ID, Atributo, Nombre, Escenario, Descripción, entre otras.

"DATOS": Contiene datos numéricos y geográficos, como nombres de regiones, valores históricos y futuros de indicadores. Ejemplo de columnas: CUT_COMUNA, REGION, PROVINCIA, bosquescad_olasc30_hist, entre otras.

Los resultados se presentan en tablas Excel, que por su extensión no se pueden presentar en este documento, pero pueden descargarse desde este link: <https://www.dropbox.com/scl/fo/qopn18a75ueef245jj3sb/AESFuoef7qQ6cIis98-FpHho?rlkey=kxzd5famco9xtpy3bmzdj2liz&dl=0> o bien se pueden solicitar por email a parcc.biobio@gmail.com o a fdelabarrera@udec.cl