

**ANTEPROYECTO DE PLAN
DE ACCIÓN REGIONAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
(PARCC) DE LA REGIÓN
DEL BIOBÍO**

Este anteproyecto del plan fue elaborado por:

Comité Regional de Cambio Climático (CORECC), en coordinación por la Secretaría Técnica, SEREMI del Medio Ambiente, durante los años 2023 al 2025, con apoyo de Fondo Verde del Clima, FAO y EULA.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. CARACTERIZACIÓN SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO. ..	5
3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	12
4. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO	22
5. FUENTES DE EMISIÓN Y ABSORCIÓN DE GEI A NIVEL REGIONAL.....	29
6. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL PLAN DE ACCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO	33
7. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN PARA SER REVISADAS E INCORPORADAS AL PLAN.....	50

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Región del Biobío es una herramienta estratégica a escala regional que incluye tres tipos de medidas para enfrentar los impactos del cambio climático: de adaptación, de mitigación y transversales. Las medidas de adaptación se fundamentan en el análisis de amenazas climáticas, la exposición de sectores y territorios, su sensibilidad y las capacidades adaptativas disponibles. Por su parte, las medidas de mitigación están orientadas a reducir las emisiones regionales de gases de efecto invernadero ya incrementar la capacidad de absorción de estos.

El PARCC tiene como responsabilidad congrega los esfuerzos en adaptación y mitigación, representando un esfuerzo integrador y adicional al desempeño de otros planes sectoriales y regionales; es por esto que se elabora en coherencia con otros instrumentos de la Región como la **Estrategia Regional de Desarrollo, las Políticas de Biodiversidad y de Residuos, el Plan de Fortalecimiento Industrial del Biobío, entre otros.**

El instrumento nace de la Ley Marco de Cambio Climático, siendo uno de sus instrumentos de gestión, en concordancia con los planes nacionales de adaptación y mitigación, pero distinguiendo las condiciones específicas de la región, para superar los enfoques y restricciones estrictamente sectoriales. Para ello, cada región tiene la posibilidad de elaborar medidas con acciones que puedan hacer uso no solamente de recursos de índole internacional o nacional, sino especialmente de recursos regionales e intersectoriales. Asimismo, el Plan de Acción Regional tendrá un efecto sobre los Planes de Acción Comunales, por lo que debe orientar y facilitar el desarrollo de estos instrumentos subregionales.

El PARCC del Biobío fue elaborado por el Comité Regional de Cambio Climático (CORECC), que es presidido por el Gobernador Regional y tiene como secretaria técnica a la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente; ambas instituciones conformaron un equipo técnico. Los integrantes del CORECC constan en la Resolución Exenta N° 2195 /19.07.2024 del Gobierno Regional del Biobío. Para la elaboración del presente PARCC, el proceso fue acompañado por el Centro de Ciencias Ambientales (EULA-Chile) de la Universidad de Concepción, que tuvo el rol de equipo asesor, bajo el apoyo económico y técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Algunas particularidades de este proceso están determinadas por ser un Plan de Acción Regional que inicia de manera más tardía que el resto de los PARCC, pudiendo analizar experiencias previas; por otra parte, se destaca un amplio proceso participativo de carácter temprano y con pertinencia cultural, seguido de reuniones específicas con instituciones responsables de la implementación de las medidas.

Asimismo, se generaron innovaciones metodológicas para dar trazabilidad al proceso de elaboración de las medidas combinando los aportes del análisis científico-documental, de los talleres y reuniones con profesionales de servicios públicos y de las actividades participativas con la ciudadanía, pueblos originarios y sector privado. Otra de las innovaciones es que la construcción de medidas de adaptación trascendió a enfoques exclusivamente sectoriales, y se articuló desde las amenazas climáticas de la región. De esta manera, las medidas de adaptación buscan dotar de capacidades a la región para reducir los impactos del cambio climático y proteger a la economía, la sociedad y la naturaleza.

2. CARACTERIZACIÓN SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO.

2.1 Una región extensa y diversa

La región tiene una superficie de 23.890 km² y está dividida en 33 comunas, observándose una distribución dispar de superficie entre las provincias. Mientras la Provincia de Concepción, la menos extensa, cubre el 14% de la región, la Provincia del Biobío da cuenta del 53% de la superficie regional, siendo la más extensa de las tres provincias de la Región del Biobío. Según el Censo del año 2017, la población regional ascendía, en ese año, 1.556.805 habitantes. Las proyecciones señalan que en 2035 la región contaría con cerca de 1.7 millones de habitantes. El mayor crecimiento se verificaría en la Provincia del Biobío (10,6%), seguida de las provincias de Concepción (9,9%) y Arauco (7,6%).

A nivel comunal, se observa que, en la Provincia de Concepción, las comunas con mayores tasas de crecimiento poblacional corresponderían a Florida (11,2%), Hualqui (12,3%), Coronel (14,8%) y San Pedro de la Paz (24,8%), superior al esperado en la capital regional, Concepción (7,6%). En la Provincia de Arauco las comunas con mayor crecimiento serían Los Álamos (12,6%), Cañete (9,8%) y Arauco (7,6%). Finalmente, en la Provincia de Biobío, Cabrero, Negrete, Tucapel, Los Ángeles y Alto Biobío. Por otra parte, habría comunas con decrecimiento poblacional: Santa Juana, Talcahuano, Lebu, Curanilahue, San Rosendo, Quilleco, Mulchén, Quilaco, Nacimiento y Laja.

La región del Biobío es culturalmente diversa, encontrándose diversas etnias, principalmente mapuche. La población de pueblos originarios tiende a concentrarse principalmente en zonas urbanas de las tres provincias y en zonas rurales principalmente de las provincias de Arauco y Biobío. La región cuenta además con dos Áreas de Desarrollo Indígena: Lleu Lleu (Decreto 60/2001, MIDEPLAN) y Alto Biobío (Decreto 93/1997, MIDEPLAN). Asimismo, de acuerdo a CONADI¹, existen 322 comunidades indígenas, principalmente en la provincia de Arauco, 281 comunidades indígenas y 337 asociaciones indígenas, también mayoritariamente en la provincia de Arauco. Se reconocen 90 comunidades que poseen títulos de merced, principalmente en la provincia de Arauco, aunque la mayor área de tierras indígenas se encuentra en la provincia del Biobío (90,0%).

2.2 Situación socio-económica y bienestar de la región

De acuerdo con la Encuesta CASEN 2022, la tasa de pobreza por ingreso en la región ascendió a 8,3%, siendo superior a la media nacional en 1.8 puntos porcentuales. Las mayores tasas de pobreza por ingreso se concentran en la provincia del Biobío: Alto Biobío (24%), Santa Bárbara (23,1%) y Tucapel (16,7%). Le siguen en la provincia de Arauco: Tirúa (25,6%) y Cañete (12,6%). Por otro lado, la tasa de pobreza multidimensional corresponde a 17,5% a nivel regional. En este caso, hay comunas con altos índices en las tres provincias. En la provincia de Concepción destacan Hualqui (35%) y Florida (29,1%), en la provincia del Biobío, Alto Biobío (43,9%) y San Rosendo (28,9%), y en la provincia de Arauco destacan Tirúa (37,2%) y Cañete (33,6%). Esta realidad, entre otros aspectos, señala que **las políticas de cambio climático a nivel regional deberían tener una consideración especial con estas comunas, dado**

¹ Base de datos de la CONADI, actualizada hasta octubre de 2023

que el cambio climático puede impactar en mayor medida a las poblaciones económicamente más vulnerables.

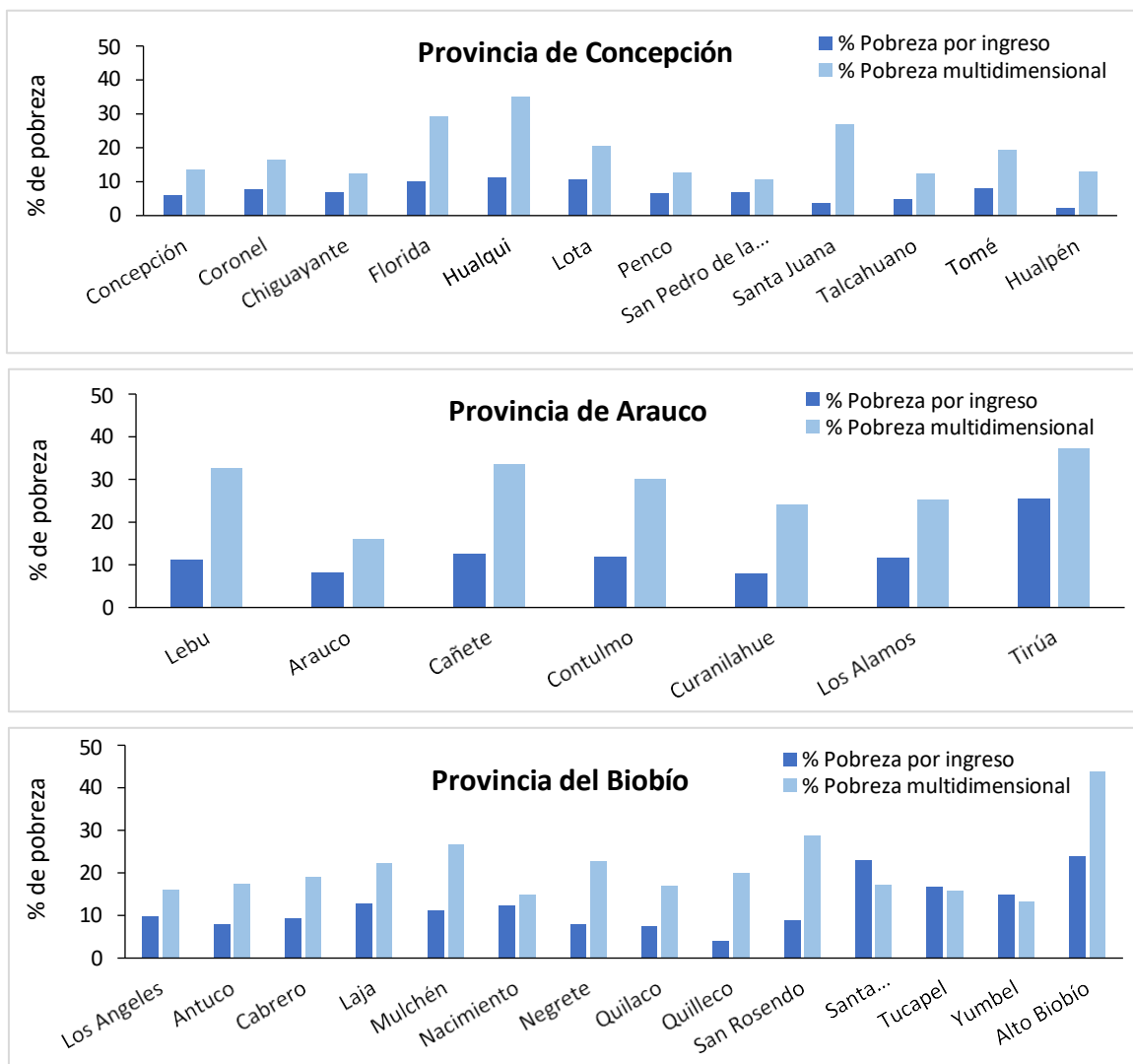


Figura 1. **Pobreza por ingreso y pobreza multidimensional en las provincias de Concepción, Arauco y Biobío.** Fuente: elaboración propia en base a datos del MIDESO. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional 2017, procesado con Redatam 7.

De acuerdo con la Encuesta CASEN 2022, el 99,4% de la población regional tenía acceso a energía eléctrica. Como se observa en la figura siguiente, incluso en zonas rurales la cobertura total provincial es sobre el 97%. Sin embargo, las comunas con menor acceso a energía eléctrica a nivel rural son, en el caso de la provincia de Concepción, Hualpén (86,9%) y Hualqui (93%). En la provincia de Arauco, Tirúa (95,9%) y en la provincia del Biobío, Nacimiento (95,2%) y Yumbel (96,5%).

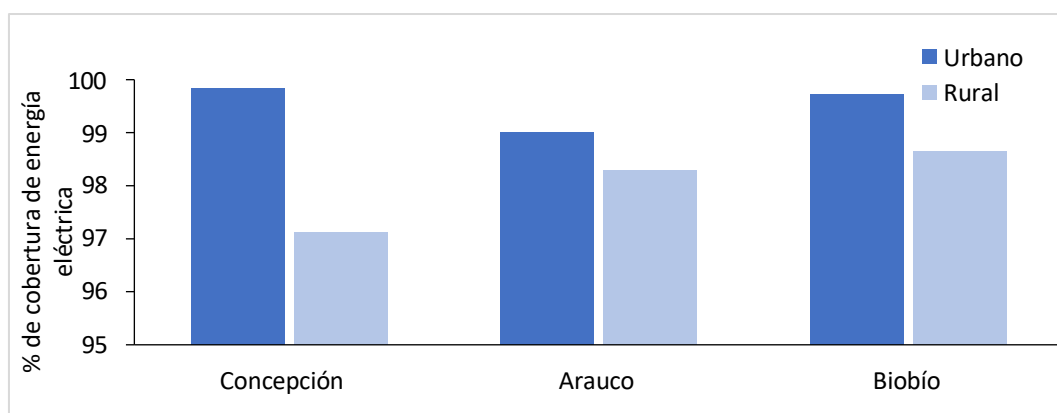


Figura 2. **Cobertura de energía eléctrica según provincias de la Región del Biobío. Zonas urbanas y rurales.** Fuente: elaboración propia en base a datos del MIDESO. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional 2017, procesado con Redatam 7.

El acceso al agua potable a nivel regional es elevando, considerando que el 86% de las viviendas se encuentran conectadas a la red pública nacional; mientras que el 79,8% de los hogares cuentan con alcantarillado (Encuesta CASEN 2022). Es destacable que a nivel regional el 5,1% del agua potable tiene su origen en aguas superficiales (ríos, vertientes, esteros o canales), destacando en este ámbito las comunas de Santa Juana, Cañete, Curanilahue y Alto Biobío, esta última con un 71,9%. **Esta dependencia podría verse impactada con el cambio climático, requiriendo alternativas de adaptación.**

Tabla 1. **Porcentaje de hogares conectados a red pública de agua potable provincias de la Región del Biobío.** Fuente: elaboración propia en base a datos del INE. Censo de Población y Vivienda 2017, procesado con Redatam 7.

Provincias	Origen del Agua										Total
	Red pública	%	Pozo o noria	%	Camión aljibe	%	Río, vertiente	%	Otra fuente	%	
Concepción	11464	93,8	230	1,9	85	0,7	291	2,4	85	1,2	12.216
Arauco	1626	67,8	194	8,1	110	4,6	392	16,3	76	3,2	2.398
Biobío	3984	75,2	830	15,7	120	2,3	321	6,1	45	0,8	5.300
Total	17074	86	1254	6,3	315	1,6	1004	5,1	206	1,0	19.853

2.3 Naturaleza y recursos naturales regionales

La región del Biobío se inserta en un territorio compuesto por 11 cuencas hidrográficas según la DGA, siendo la más relevante la del río Biobío. Asimismo, cuenta con algunos cuerpos de agua destacados como son los Lagos Lleu Lleu y Lanalhue, Laguna Grande de San Pedro de la Paz y Laguna del Laja. Por otra parte, se observa un conjunto muy relevante de ríos y cursos de agua con caudales medios muy variables (entre 4 y 280 m³/s), entre ellos (los ríos Biobío, Laja y Andalién. También se verifica la presencia de 68.000 hectáreas de humedales, siendo la mayoría de ellos humedales continentales (Boca Maule, Los Batros y Rocuant-Andalién, entre otros). Finalmente, se destaca la existencia de 19 km² de glaciares, entre ellos Sierra Velluda y volcán Antuco. **Todos estos sistemas pueden ser afectados por el cambio climático**, por efectos de los cambios en las temperaturas y precipitaciones, aunque también por las presiones de uso de estos ecosistemas comprendidos como recursos.

Al mes de octubre de 2023, la región daba cuenta de 9.208 derechos de agua concedidos, siendo la mayor parte de ellos derechos consuntivos (7.684) (DGA, octubre 2023). Dos empresas de servicios sanitarios proveen agua potable en la región: empresas de servicio sanitarios, ESSBIO y Aguas San Pedro. Además, existen 181 sistemas de agua potable rural (APR) (SISS). Finalmente, cabe señalar que en la región existen dos zonas de prohibición de extracción de agua ambas en la comuna de Coronel y dos zonas de agotamiento: río Diguillín (21-04-1994 / DGA 158) y río Laja (25-08-1952/ DGA 1858).

Respecto de los ecosistemas y biodiversidad de la Región del Biobío, tanto terrestres como marinos, las ecorregiones de Chile Central disponen de una amplia variedad. Sin embargo, estos pueden ser afectados por cambios en las condiciones atmosféricas con impactos en tierra y en el mar. A su vez, en cuanto a los ecosistemas y biodiversidad terrestre, la Región del Biobío cuenta con seis grandes formaciones vegetacionales siendo la más abundante el bosque caducifolio con fragmentos en la Cordillera de la costa y en la zona andina donde se extiende ampliamente. Al 2021, la región tiene 605.000 hectáreas de bosques nativos principalmente en la Cordillera de los Andes, pero también en la Cordillera de Nahuelbuta, variando significativamente entre las provincias entre un 14% y un 63% (CONAF, 2021).

En la región existen 12 áreas de protección vinculadas al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), dando cuenta de 3 Parques Nacionales, 3 Reservas Nacionales, 4 Santuarios de la Naturaleza, 1 Monumento Natural y 1 Reserva Forestal, totalizando 86.000 hectáreas. Asimismo, existen al menos 25 Iniciativas de Conservación Privada, abarcando un estimado de 76.000 hectáreas (esta cifra debe ser corroborada, ya que se han detectado algunas diferencias entre los terrenos donde se encuentran estas áreas y el área a conservar efectiva). A estas áreas se suma el paisaje de conservación Territorio Nonguén (26.000 hectáreas) y dos Reservas de la Biósfera (220.000 hectáreas). A la fecha existen 16 humedales urbanos declarados en la región del Biobío con superficies de entre 1 a 400 hectáreas. La región no consta de áreas marinas protegidas, parques marinos ni reservas marinas.

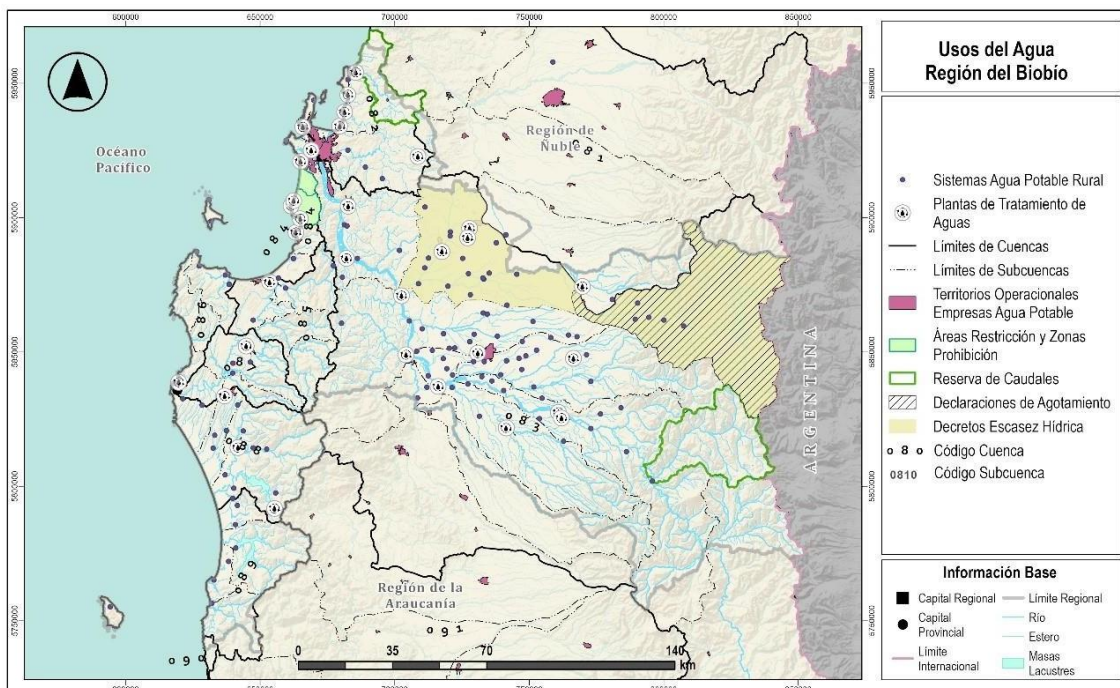


Figura 3. **Usos del Agua en la región del Biobío.** Fuente: Derechos de Agua Concedidos en la Región del Biobío (DGA) y Datos SISS (Octubre 2023)

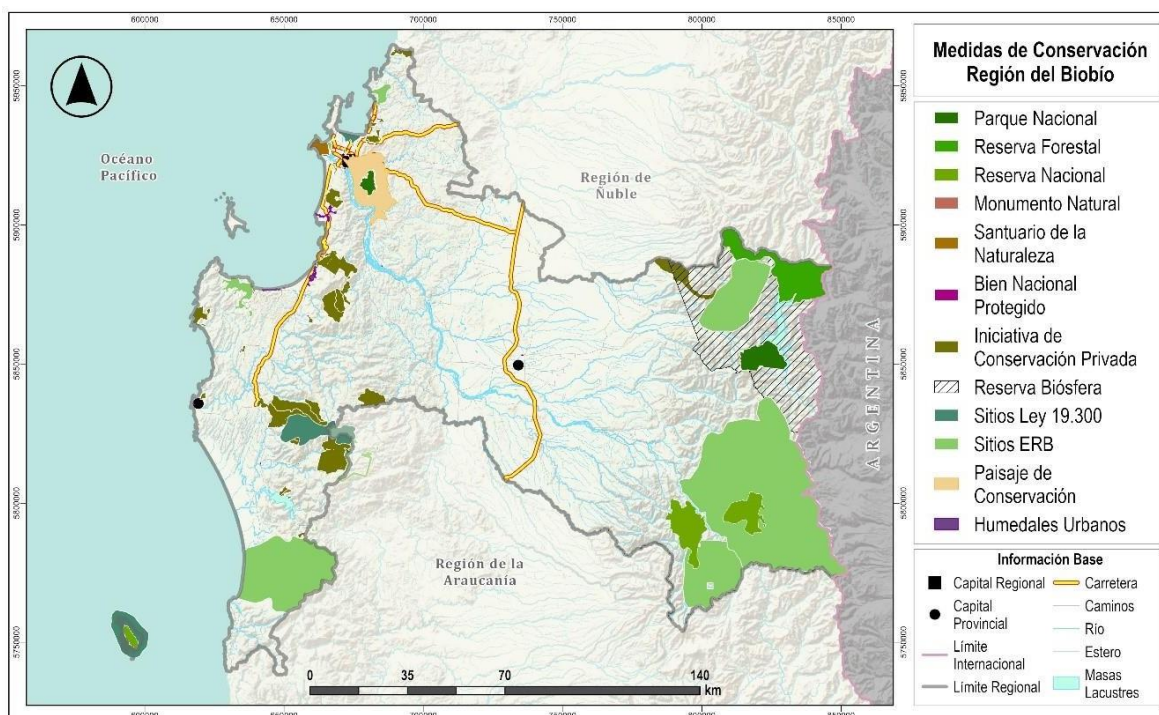


Figura 4. **Medidas de conservación, región del Biobío.** Fuente: Elaboración propia a partir de datos plataforma SIMBIO.

Respecto a riesgos de desastres de origen natural, las inundaciones son un fenómeno relevante y recurrente. A modo de ejemplo se pueden mencionar eventos recientes, como el vivido en el mes de junio de 2023, marcado por un evento meteorológico extremo con grandes afectaciones en la zona central del país. También se verifica una mayor recurrencia de peligros asociados a remociones en masa, potenciados por el incremento de periodos intensos de precipitaciones. De mismo modo, se han observado temporadas de incendios cada vez más devastadoras, afectando a más de 100.000 hectáreas al año. Dentro de estos cabe destacar el incendio Santa Ana, en la Comuna de Santa Juana, acaecido en febrero del 2023, catalogado como el segundo más grande en la historia de Chile. Otros riesgos asociados al cambio climático, que podrían ser relevantes, se relacionan a cambios en patrones de marejadas y aumentos del nivel del mar.

2.4 Economía y productividad regional

Al año 2023, el Producto Interno Bruto (PIB) Regional ascendió a aproximadamente 12.800 miles de millones de pesos, correspondientes al 6,3% del PIB nacional. La Región del Biobío es la cuarta en términos de PIB en el país, siendo precedida por la Región Metropolitana, Antofagasta y Valparaíso². En el año 2023 los principales aportes al PIB Regional correspondieron a Servicios Personales (18,2%), desplazando a la la Industria Manufacturera (15,2) históricamente el mayor generador de riqueza en la región. A estas actividades siguen Servicios Financieros (12%) y Servicios de Vivienda (10%). Aportes menores provinieron de las actividades agropecuarias y silvícolas (3%) y Pesca (2%).

² Base de Datos Estadísticos (BDE):

https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_T/

De acuerdo a datos de 2023, al año 2022, el 54% de la población era económicamente activa. Las actividades que aportan más empleos son, en orden decreciente: comercio (17,6%), industrias manufactureras (14%), enseñanza (10,5%) y construcción (8,6%).

En materia de exportaciones destaca el sector forestal, dando cuenta del 71% en el año 2022. En segundo lugar, se ubican los sectores pesqueros (11%) y agrícola (4%). El sector pesquero principalmente exporta productos frescos y congelados y el sector agropecuario principalmente frutas frescas. Respecto a la ganadería, la región ha visto disminuir su producción en cerca de un 40% entre los años 2007 y 2022. No obstante, la región es segunda productora de leche, luego de la Región de Los Lagos, con 36.000 millones de litros anuales, representando un 20% de la producción nacional.

La región de cuenta de aproximadamente 630.000 hectáreas de plantaciones forestales (INFOR 2022³), ocupando el primer lugar en términos de superficie de árboles plantados, fundamentalmente Pino (49%) y Eucaliptus (46%). Las comunas con mayor superficie plantada son Mulchén, Curanilahue, Quilleco, Arauco, Los Ángeles, Nacimiento y Santa Juana. Estas plantaciones sustentan en gran medida la producción de celulosa nacional, cercana a los 5,3 millones de toneladas anuales en el año 2023. Otro sector relevante es la pesca, el cual en el año 2022 produjo un desembarque total de 1,1 millones de toneladas, representando el 27% del total nacional. El 56% de estos desembarques corresponden a pesca industrial, y el 44% a pesca artesanal. Respecto al turismo, según estadísticas de SERNATUR, en la Región del Biobío existían, al año 2021, más de 13000 empresas vinculadas al sector (Hoteles, Restaurantes, Campings, entre otros).

Tabla 2. Aporte de las distintas clases de actividad económica al PIB regional. Periodo 2018-2023. PIB por actividad económica, volumen a precios del año anterior encadenado, series empalmadas, referencia 2018 (miles de millones de pesos encadenados). Fuente: Banco Central de Chile, 2024⁴

Clases de actividad económica	2018	2019	2020	2021	2022	2023	% PIB 2023	Variación promedio 2018-2023
Agropecuario-silvícola	453.5	431.3	451.2	439.6	410.0	418.6	3%	-8%
Pesca	190.4	196.9	194.1	188.9	169.2	246.0	2%	23%
Minería	33.6	38.4	36.9	33.4	40.1	47.6	0%	29%
Industria manufacturera	2,053.0	2,015.1	1,959.7	2,010.3	1,793.0	2,022.6	16%	-1%
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	929.4	905.1	805.6	743.4	868.3	1,125.5	9%	17%
Construcción	855.8	935.9	915.4	907.2	897.3	912.1	7%	6%
Comercio	789.8	773.7	796.7	980.9	949.0	900.8	7%	12%
Restaurantes y hoteles	231.6	246.2	146.8	204.1	252.4	242.1	2%	4%
Transporte, información y comunicaciones	876.0	903.4	859.0	921.6	987.9	1,019.4	8%	14%
Servicios financieros y empresariales	1,135.0	1,221.3	1,210.3	1,389.6	1,493.4	1,568.6	12%	28%

³ <https://ifn.infor.cl/index.php/informacion-regional/region-del-bio-bio>

⁴ Base de Datos Estadísticos (BDE): https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_VIII_ACT/

Clases de actividad económica	2018	2019	2020	2021	2022	2023	% PIB 2023	Variación promedio 2018-2023
Servicios de vivienda e inmobiliarios	1,107.0	1,131.8	1,136.1	1,195.9	1,246.4	1,278.0	10%	13%
Servicios personales	1,970.3	1,959.3	1,639.7	2,058.4	2,269.8	2,323.4	18%	15%
Administración pública	646.7	667.0	679.0	703.7	702.4	707.4	6%	9%
Producto interno bruto regional	11,272	11,426	10,804	11,792	12,081	12,798		

3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

3.1 Clima actual (histórico)

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, actualizada a 2016 por Sarricolea et al. (2016)⁵, el clima predominante en la región del Biobío es el clima templado (C), con variaciones en el segundo orden: estación seca de verano (Cs) y sin estación seca (Cf).

Temperatura

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) entrega datos sobre las estaciones meteorológicas a través de sus productos climáticos. Para la caracterización de la temperatura histórica de la región, se recurrió a los datos de las dos estaciones disponibles: Estación Carriel Sur ubicada en Concepción María Dolores, ubicada en Los Ángeles. En la estación Carriel Sur es posible advertir un aumento paulatino en las temperaturas máximas y mínimas. En la estación María Dolores, si bien, no tiene datos continuos disponibles, es posible observar un aumento en las temperaturas máximas, sobre los 40° C.

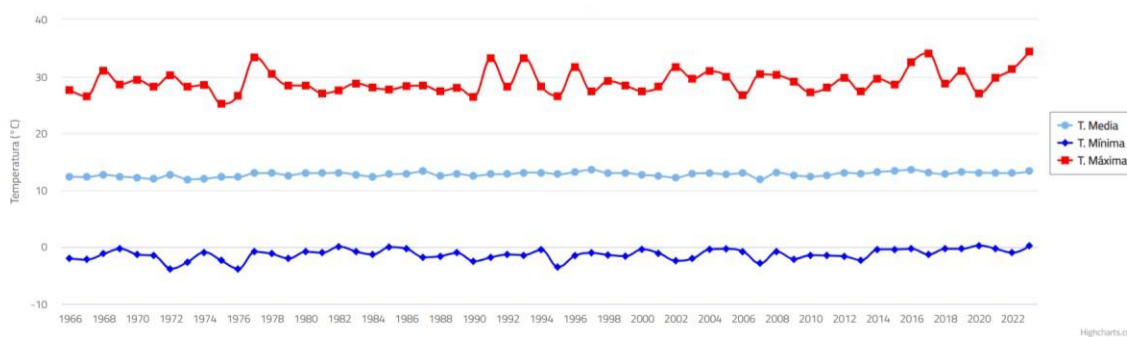


Figura 5. Temperatura histórica entre 1966 y 2023 de la Estación Carriel Sur, Concepción (código 360019⁶). Fuente: Servicios Climáticos DMC.

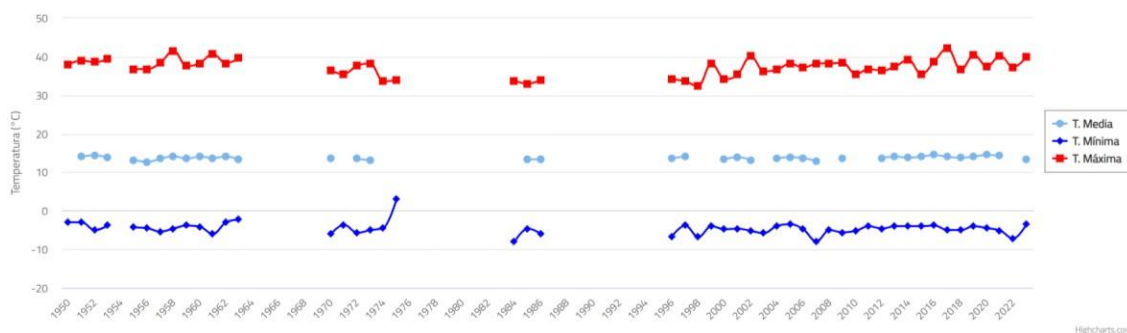


Figura 6. Temperatura histórica entre 1950 y 2023 de la Estación María Dolores, Los Ángeles (código 370033⁷). Fuente: Servicios Climáticos DMC.

⁵ Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M., & Meseguer-Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66–73. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>

⁶ Código de estación Carriel Sur para obtener la ficha que contiene los metadatos en el sistema SACLIM de las mediciones del lugar.

⁷ Código de estación María Dolores para obtener la ficha que contiene los metadatos en el sistema SACLIM de las mediciones del lugar.

Precipitaciones

En la figura siguiente se presenta la evolución de las precipitaciones en las ciudades de Concepción y Los Ángeles, cuyas estaciones son las que tienen mayor disponibilidad de datos. Los datos de precipitaciones anuales comprenden un intervalo desde el año 2000 al 2022. En ambas ciudades se observa una disminución paulatina de las precipitaciones.

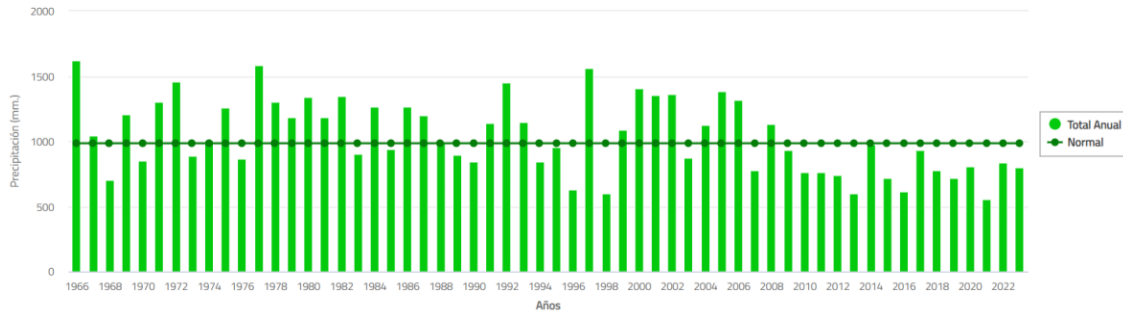


Figura 7. **Precipitación Histórica Anual entre 1966 y 2023 de la Estación Carriel Sur, Concepción (código 360019).** Fuente: Servicios Climáticos DMC.

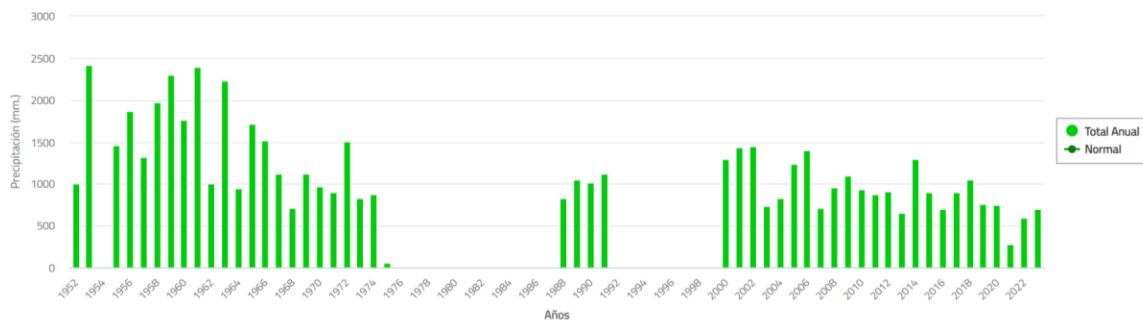


Figura 8. **Precipitación Histórica Anual entre 1952 y 2023 de la Estación María Dolores, Los Ángeles (código 370033).** Fuente: Servicios Climáticos DMC.

3.2 Proyecciones climáticas

A continuación, se presenta una serie de proyecciones tendenciales de cambio entre el pasado reciente (1980 – 2010) y el futuro mediano (2035 – 2065), en 11 variables climáticas, bajo el escenario RCP 8.5⁸, así como la expresión de 3 proyecciones de cambio para tres tipos de fenómenos extremos: incendios forestales, sequía e inundaciones, basadas en proyecciones tendenciales y/o referencias bibliográficas.

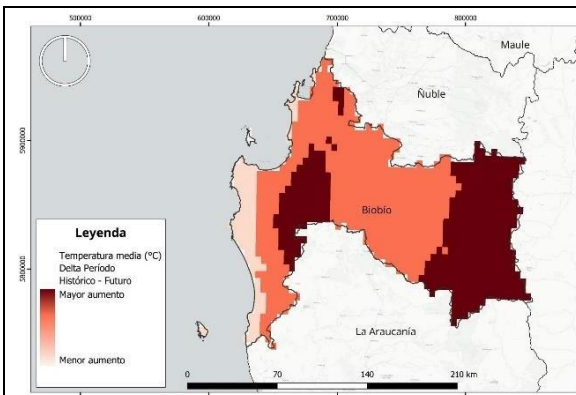
Proyecciones de cambio en la Temperatura Media Anual: Se puede observar a nivel general un incremento de temperatura, donde el mayor aumento se da en áreas cordilleranas. Las comunas de la Provincia de Biobío presentan incrementos significativos en la temperatura media diaria, especialmente en Laja, San Rosendo, Los Ángeles, Negrete, y Cabrero, con aumentos de hasta 1,4°C.

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

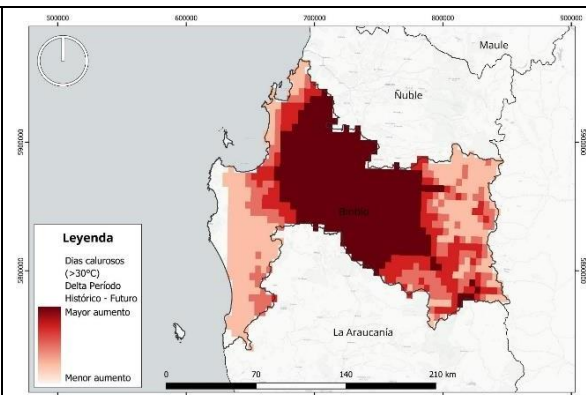
⁸ Escenario más extremo de cambio climático, aumento de 8.5 W/m2 para el año 2100, como consecuencia del incremento de GEI.

Ángeles y Cabrero en la provincia de Biobío. 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.

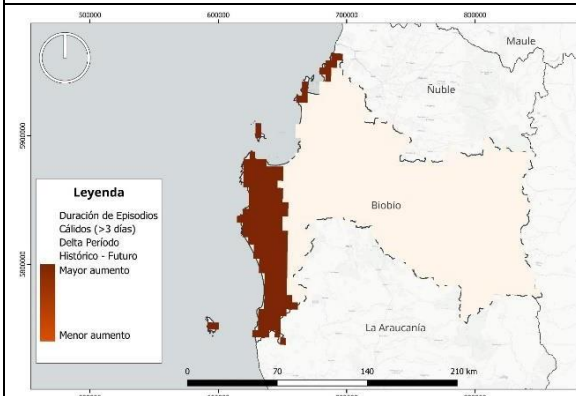
Proyecciones de cambio de Duración de episodios cálidos >3: La duración de los episodios cálidos experimenta un aumento, que varía según la zona geográfica. El mayor aumento en la duración de episodios cálidos se da en las zonas costeras desde el norte de la región hasta la desembocadura del río Biobío y desde el golfo de Arauco hasta el sur de la región incluyendo el territorio insular, 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.



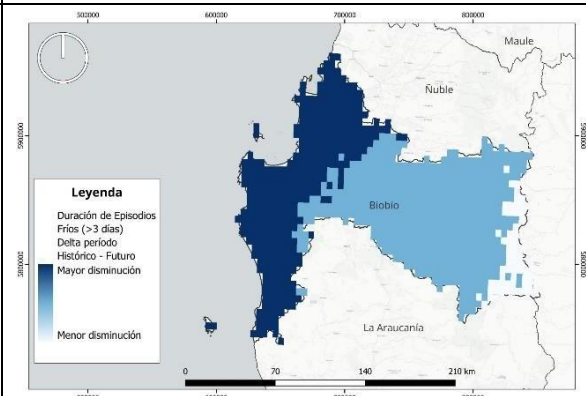
Proyección en la temperatura media anual en la Región del Biobío. Valor mínimo: 0,6°C, valor máximo: 1,5 °C.



Proyección de días calurosos (>30°) en la Región del Biobío. Valor mínimo: 0 días, valor máximo: 23,6 días. F



Proyección de Duración de Episodios Cálidos (>3 días) en la Región del Biobío. Valor mínimo: 19,9 días, valor máximo: 29,7 días.



Proyección de Duración de Episodios Fríos (>3 días) en la Región del Biobío. Valor mínima disminución: -2,8 días, valor máxima disminución: -5,0 días.

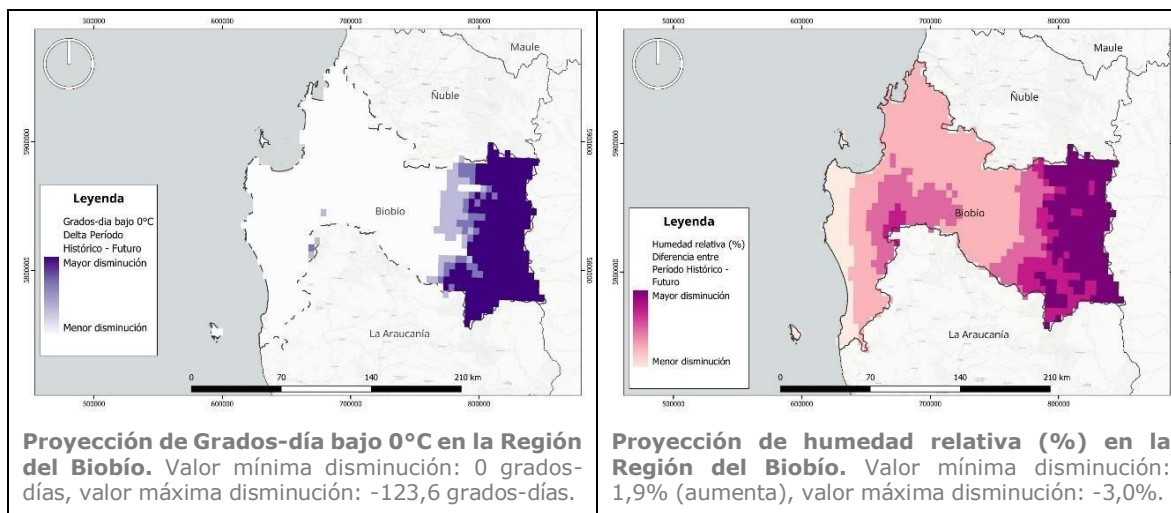


Figura 9. *Expresión regional de las amenazas climáticas vinculadas a cambios en temperaturas y humedad.* Fuente: elaboración propia basada en ARClím

Proyecciones de cambio de Precipitación acumulada: La precipitación acumulada integra datos de lluvia y nieve acumulada. 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.

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.

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.

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.

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) 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. Estos cambios en el incremento en el nivel del mar son menores en relación a otros cambios asociados a las condiciones del mar, en particular, por ejemplo, a la hipoxia, acidificación y cambios en las temperaturas, lo que puede ser intensificado por cambios en la ocurrencia de surgencias costeras, que se han incrementado en los últimos años (De la Maza & Farías, 2023)⁹.

⁹ De La Maza, L., & Farías, L. (2023). The intensification of coastal hypoxia off central Chile: Long term and high frequency variability. *Frontiers in Earth Science*, 10, 929271.

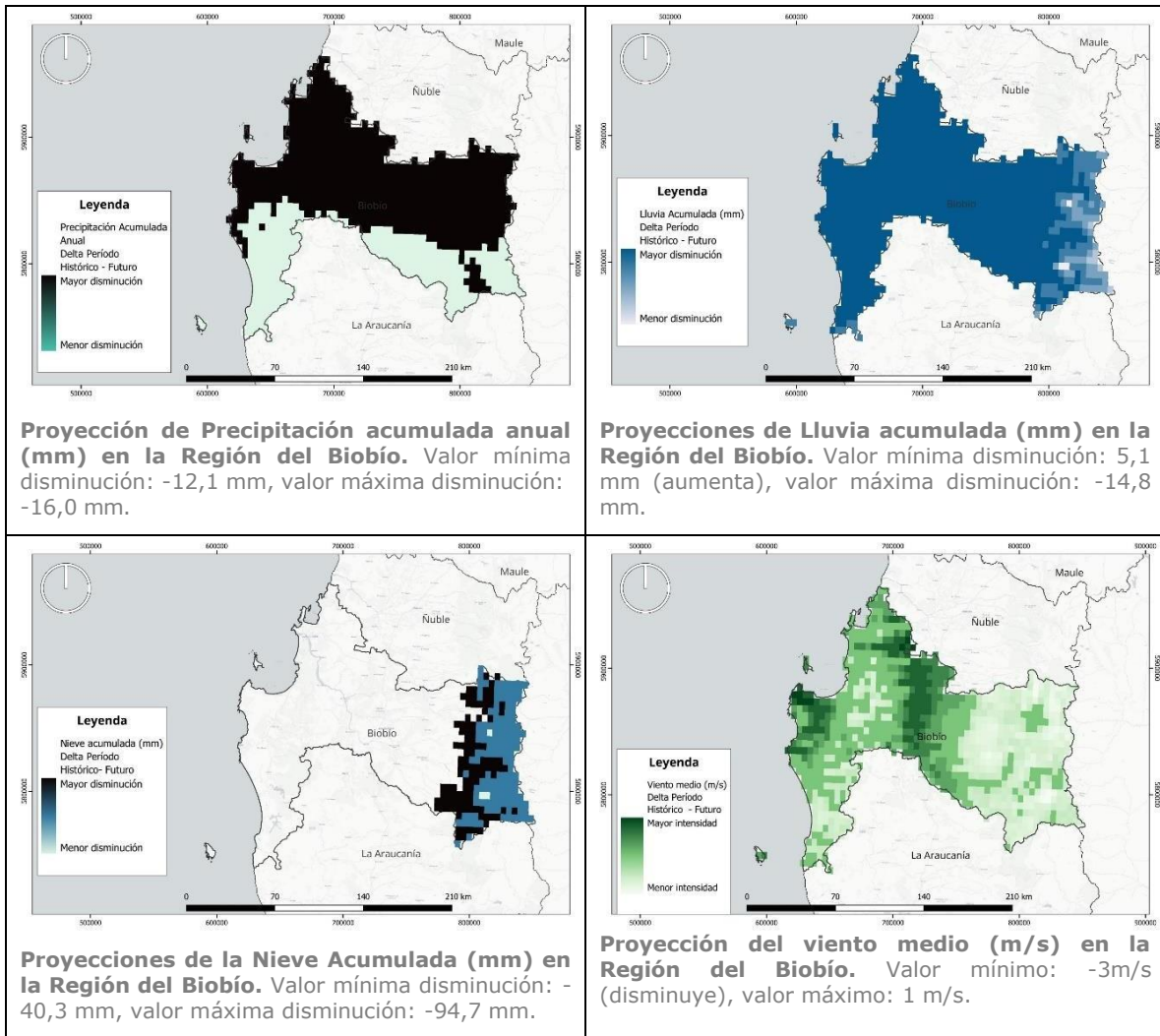


Figura 10. *Expresión regional de las amenazas climáticas asociadas a disminución de precipitaciones y cambios en velocidades del viento.* Fuente: elaboración propia basada en ARClm

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)¹¹.

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>

¹¹ De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, P., Ruiz, V., & Quense, J. (2018). Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of The Total Environment*, 637–638, 1526–1536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.119>

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). 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. La integración de las tres variables muestra que la mayor frecuencia de incendio se da en zonas centrales; mientras que áreas costeras y cordilleranas existen áreas focalizadas.

El trabajo de Ciocca et al. (2023) analiza el riesgo de incendios a través del Potential Fire Index (PFI) en el escenario de cambio climático más extremo (RCP8.5), indicando que existe un alto potencial de incendios forestales 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. El escenario climático proyecta un incremento en la ocurrencia y el área afectada por incendios. La mayor vulnerabilidad a estos cambios estaría en aquellos territorios dominados por extensas plantaciones altamente fragmentados e invadidos por especies exóticas, derivado principalmente del tipo, homogeneidad y continuidad del combustible (González et al., 2011)¹².

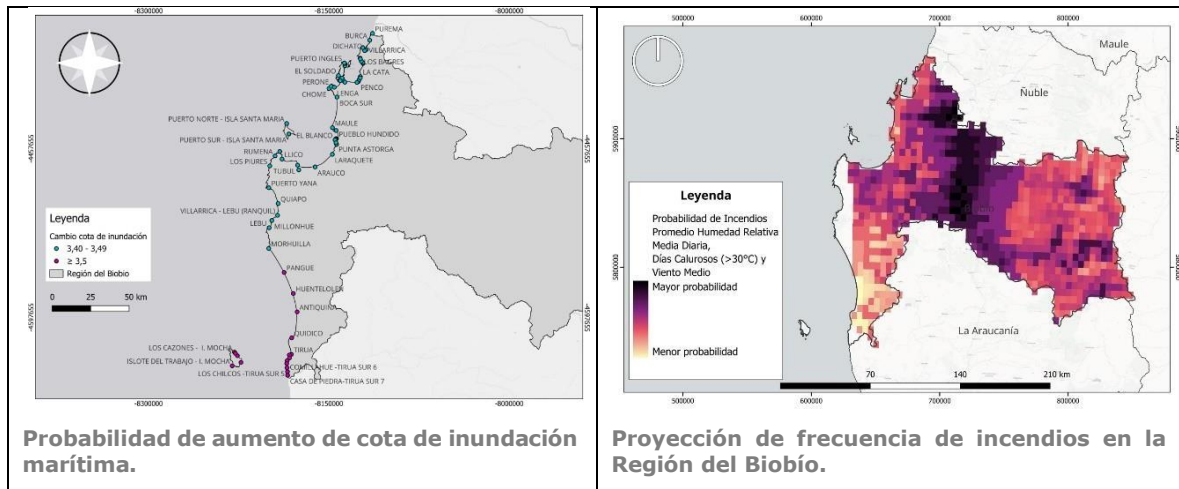


Figura 11. **Expresión regional de las amenazas climáticas asociadas a aumento de cota de inundación y frecuencia de incendios.** Fuente: elaboración propia basada ARClím

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)

¹² González, M. E., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 215–219. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002>

y el futuro mediano (2035 – 2065). En términos generales en la región aumentara la frecuencia de la sequía. La zona que más impacto tendrá es en el norponiente de la región.

Proyecciones de cambio de Frecuencia de Inundación: De acuerdo a los datos obtenidos en ARClím, las variables precipitación intensa superior a 10 mm y precipitación intensa superior a 20 mm, experimentarán una disminución en la cantidad de precipitación caída en la región (-16% en promedio). 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 2023¹³, producto de un evento meteorológico extremo que afectó la 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 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 potable¹⁴. 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 destruidas¹⁴. 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)¹⁵ al modificar el contenido de humedad en la atmosfera y los patrones de circulación.

3.3 Análisis de amenazas climáticas

Para reconocer cuales son las amenazas climáticas se deben tener en cuenta tanto el resultado del análisis de las estadísticas y proyecciones, las que se basan en la plataforma ARClím: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile, que permite analizar las proyecciones climáticas tendenciales, y complementarla con otras fuentes de datos para identificar las amenazas más relevantes en la región, y aquellas que la impactarán en forma homogénea o geográficamente diferenciada. De las 45 amenazas climáticas

¹³ <https://www.cr2.cl/analisis-cr2-vuelven-los-gigantes-un-analisis-preliminar-de-la-tormenta-ocurrida-entre-el-21-y-26-de-junio-de-2023-en-chile-central/>

¹⁴<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/>

¹⁵ 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>

disponibles en ARClím, 7 amenazas son más relevantes, en virtud de su variación proyectada total para la región y/o su variación interregional:

- **Aumento de olas de calor**
- **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.**

A estas amenazas se suman aquellas asociadas al incremento en intensidad y duración de eventos extremos (hipoxia, acidificación, ríos atmosféricos, cambios de temperaturas), así como otros cambios en las condiciones del mar (marejadas, aumento nivel del mar), pero que no tienen datos en el explorador de amenazas de ARClím. En estos casos, se utilizaron datos de la plataforma Bio-ORACLE¹⁶. De esta plataforma se analizaron datos de salinidad, oxígeno disuelto (indicador de hipoxia), pH (indicador de acidificación) y temperatura. Asimismo, de la plataforma "Sea level change"¹⁷ se obtuvo la proyección de incremento del nivel del mar al año 2100, bajo el escenario de cambio climático más extremo (RCP8.5). Las amenazas asociadas a fenómenos extremos son también de carácter multifactorial, siendo posible abordarlas con variables climáticas tendenciales solo en forma parcial. Las amenazas de este tipo identificadas en la región corresponden a:

- **Aumento de Incendios Forestales**
- **Aumento de Sequías**
- **Aumento de Inundaciones**

Todas estas amenazas tienen su origen en la acción combinada de amenazas climáticas y condiciones antrópicas. Respecto a incendios la mayor probabilidad futura se asocia a variables climáticas, y se puede proyectar en base a condiciones de calor, humedad y vientos, pero también en base a los sectores con mayor vegetación combustible. Los incendios forestales son una amenaza antrópica porque para su ocurrencia deben ocurrir factores de ignición y de propagación, ambos asociados a actividades antrópicas. La sequía también tiene condiciones climáticas de origen, pero puede intensificarse o aliviarse dependiendo de los usos del agua. Finalmente, las inundaciones ocurren asociadas a fenómenos meteorológicos extremos, como son las olas de calor, que inciden en aumento de la isoterma cero, y también fenómenos globales como son el fenómeno de El Niño y los ríos atmosféricos, siendo especialmente estos últimos alterados en su frecuencia e intensidad por el cambio climático (Payne et al. 2020)¹⁸ al modificar el contenido de humedad en la atmósfera y los patrones de circulación. Estos fenómenos también tienen incidencia en cambios en las condiciones del mar.

¹⁶ bio-oracle.org

¹⁷ <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

¹⁸ 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.

Tabla 3. **Caracterización de las amenazas climáticas en la región del Biobío con desagregación a nivel comunal.** Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ARCLim, Bio-ORACLE y NASA

Variable climática	Amenazas climáticas	Variación promedio [histórico - futuro]	Variación interregional futura
Temperatura	Aumento de olas de calor sobre 30°C (3 o más días)	Alto incremento: De 1,8 a 5,8 días	Alta variación: De 1,8 a 14,5 veces más (+180 a +1450%)
	Aumento de episodios cálidos (>=3 días de temperatura máxima sobre p90)	Alto incremento: De 7,5 a 29,6 días	Baja variación: De 2,7 a 3,4 veces más (+270 a + 340%)
	Disminución de episodios fríos (>=6 días de temperatura mínima bajo p10)	Alta disminución: De 5,3 a 0,9 días	Baja variación: De 0,7 a 0,9 veces menos (-70 a -90%)
Lluvia	Disminución de la lluvia acumulada	Alta disminución: De 1423,6 a 1225,1 mm	Baja variación: De 0,1 a 0,2 veces menos (-10 a -20%)
	Aumento de los días secos consecutivos (máximo días pp diaria < 1mm)	Alto incremento: De 42 a 50 días	Sin variación: 0,2 veces menos (-20%)
	Disminución de días húmedos consecutivos (máximo días pp diaria > 1mm)	Baja disminución: De 9,5 a 8,4 días	Sin variación: 0,1 veces menos (-10%)
Nieve	Disminución de nieve acumulada	Alta disminución: De 134,1 a 55,1 mm	Alta variación: En las 7 comunas donde nieva, varía de 0.5 a 0.8 veces menos (- 53 a - 82%)
Condiciones del mar	Aumento del nivel del mar y cambios en otras condiciones del mar	Del explorador de riesgos de ARCLim se pueden desprender cambios en las cotas de inundación de 3,40 a 3,49. La salinidad aumenta de 33,90 a 33,93 (+0,11%), el oxígeno disuelto disminuye de 260,2 a 258,3 mmol./m3 (-0,72%), el pH disminuye de 8,05 a 7,99 (-0,74%) y la temperatura aumenta de 14,6 a 15,0 °C (+2,4%). El nivel del mar se incrementará en 0,58 m.	Baja variabilidad
Fenómenos extremos	Inundaciones	La variación futura no es explicada por proyecciones tendenciales de precipitación intensa o muy intensa (no aumentan). Se asocian a fenómenos meteorológicos	Algunas comunas son mucho más afectadas que otras por su localización en

Variable climática	Amenazas climáticas	Variación promedio [histórico - futuro]	Variación interregional futura
		extremos, que se proyecta podrían aumentar (ej. ríos atmosféricos).	cuencas y geomorfología. Sus impactos se asocian a variables de exposición (ej. localización de viviendas e infraestructura en áreas de inundación).
	Incendios	La variación futura es explicada parcialmente por condiciones extremas de temperatura (altos incrementos), de humedad (bajos incrementos proyectados) y vientos (muy leves aumentos proyectados). Se asocian también a fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, son influenciadas por características territoriales (extensión y condición de vegetación combustible), y son gatilladas muy mayormente por causas antrópicas (accidentales e intencionales).	Algunas comunas son mucho más afectadas en extensión que otras, por la presencia de plantaciones forestales.
	Sequia	La variación futura está asociada a la disminución prolongada de precipitaciones, que a su vez se intensifica a través de fenómenos climáticos extremos.	Algunas comunas son más afectadas, y los usos del agua representan un factor que puede agravar la condición climática.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO

Para evaluar la vulnerabilidad regional a los impactos del cambio climático se define al **riesgo climático** 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.

4.1 Caracterización general de sectores vulnerables a los impactos del cambio climático

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 exigirán necesidades de adaptación a nivel de infraestructura urbana por fenómenos como olas de calor o inundaciones, por sus consecuencias en la salud pública y las 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 las condiciones climáticas (temperaturas y precipitaciones) debido al cambio climático. Esto no solo tiene impactos ecológicos, sino que también afecta servicios ecosistémicos vitales para las comunidades humanas, como la provisión de agua y el control de la erosión.

La economía de la región está fuertemente ligada a recursos naturales como la **pescas, la agricultura y la silvicultura**, 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. En particular, la preparación frente a los impactos del cambio climático en el sector **recursos hídricos** resulta esencial para el desarrollo de estos sectores. En el caso del sector forestal, la mayor probabilidad de que coexistan condiciones meteorológicas extremas que faciliten la ocurrencia y propagación de grandes incendios, representa un aspecto crítico que debe abordarse tanto para prevenir su ocurrencia, como para reducir su propagación y facilitar las acciones de combate. Esto puede significar también esfuerzos de mitigación, dada la relevancia de las emisiones de los incendios forestales.

Por otra parte, el fortalecimiento del **borde costero** implica beneficios para el sector pesca y turismo, por lo que se considera un aspecto estratégico, enlazado con aspectos de desarrollo de infraestructura y la planificación de estos territorios.

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 en forma tendencial, pero también por fenómenos extremos como sequías, puede afectar significativamente la capacidad de generación hidroeléctrica. A esto se suma la ocurrencia de fenómenos extremos como incendios o precipitaciones muy intensas, que también puede afectar la **infraestructura energética**, alcanzando la distribución de la energía proveniente también de fuentes renovables. Esto no solo impactaría la disponibilidad de energía, sino también su costo y sostenibilidad. La economía de la región y el bienestar de sus habitantes depende de una oferta energética estable. 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 y las lluvias. 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 calidad de vida de la población rural y urbana.

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 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. Esto implica, por ejemplo, el fortalecimiento de la infraestructura existente, como la revisión y el refuerzo de los 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 y el mejoramiento de las viviendas existentes. Esto puede incluir el diseño de edificaciones capaces de soportar temperaturas extremas y condiciones climáticas adversas.

En este mismo sentido, no se ha priorizado el sector transporte, cuya mayor relevancia 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.

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), donde el acceso a agua para consumo humano, como a la energía son aspectos críticos, y por la implementación de medidas de mitigación orientadas a reducir emisiones gases efecto invernadero, por lo que directamente no ha sido priorizado para el PARCC.

El detalle de estos sectores, en términos de su presencia regional, exposición frente a las amenazas climáticas, de la percepción ciudadana y de los pueblos originarios se presenta en los informes asociados a los Productos 5, 7, 9 y 10 del proyecto.

4.2 Riesgos de impactos del cambio climático a través de cadenas de impacto

El riesgo climático es un indicador de la magnitud del daño que podría experimentar frente a un cambio en las condiciones climáticas. Para calcular el riesgo se construyeron cadenas de impacto, donde se combinan variables indicadoras de las amenazas climáticas, la exposición, la sensibilidad y las capacidades adaptativas.

En virtud de las amenazas climáticas más relevantes para la región del Biobío y la manifestación territorial y tamaño de los sectores definidos por la Ley Marco de Cambio Climático, se evaluó un conjunto de riesgos climáticos que permitiera generar dos insumos:

- generación de ideas de medidas de adaptación, para fortalecer las capacidades adaptativas y así reducir la vulnerabilidad
- evaluación de la distribución de los riesgos climáticos en la región para la identificación de territorios con mayores necesidades de adaptación

A continuación, se presenta el listado de 14 riesgos climáticos, indicando su nombre, sector del cual es representativo, su tipo (nueva si fue creada en el contexto de

evaluación, o existente si es una cadena disponible en ARClím), y las variables utilizadas. Todas estas variables fueron normalizadas (valores de 0 a 1) y luego integradas a través de la fórmula:

$$R = A * E * \frac{S}{S + CA}$$

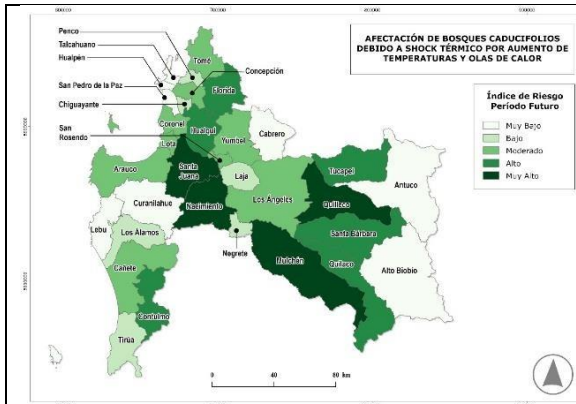
Donde R: riesgo, A: amenaza climática, E: exposición, S: sensibilidad y CA: capacidad adaptativa

Tabla 4. Cadenas de impacto del cambio climático (riesgo climático) analizadas en el proceso de elaboración del PARCC.

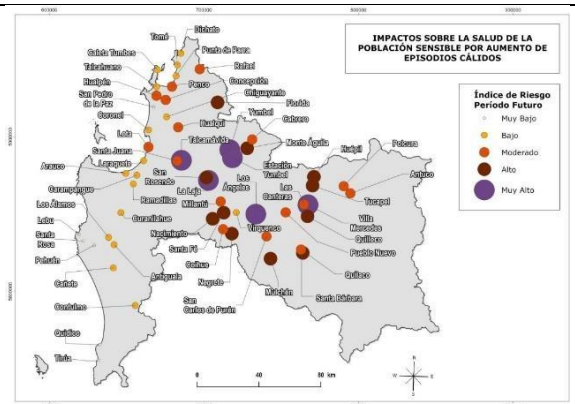
RIESGO CLIMÁTICO	SECTORES	VARIABLES DE AMENAZA (A)	VARIABLES DE EXPOSICIÓN (E)	VARIABLES DE SENSIBILIDAD (S)	VARIABLES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)
Afectación de bosques caducifolios debido a shock térmico por aumento de temperaturas y olas de calor	Biodiversidad	Olas de calor sobre 30°C. Temperatura 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.	Ciudades, Salud y Bienestar humano	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	Recursos Hídricos, Ciudades, Infraestructura	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	Ciudades, Energía	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	Silvoagropecuaria	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	Borde Costero, Pesca y Acuicultura	Cota de inundación	Población de los asentamientos costeros	Tipo de asentamiento. Existencia de manzanas censales a menos de 10 metros sobre el mar. Caletas	Diversidad de actividad económica

RIESGO CLIMÁTICO	SECTORES	VARIABLES DE AMENAZA (A)	VARIABLES DE EXPOSICIÓN (E)	VARIABLES DE SENSIBILIDAD (S)	VARIABLES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)
				Pesqueras Con Infraestructura.	
Reducción de desembarque de anchoveta por surgencia	Pesca y acuicultura	Oxígeno disuelto	Número de pescadores	Desembarque artesanal anual. Diversidad de recursos pesqueros. Estado de explotación del recurso 2018-2023.	Explotación de jibia por vedas reproductivas de anchoveta.
Pérdida de flora por aumento de temperatura media	Biodiversidad	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	Recursos Hídricos, Salud y Bienestar humano	Sequía Meteorológica	Población rural	Condiciones demográficas, socioeconómicas y de infraestructura hídrica	
Cambio de Productividad Cultivo de Trigo en Secano por efectos del cambio climático	Silvoagropecuaria	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	Silvoagropecuaria	Rendimiento del trigo bajo riego	Cultivo de trigo bajo riego	Igual al anterior	
Cambio de Productividad Cultivo de Maíz por efectos del cambio climático	Silvoagropecuaria	Rendimiento del maíz	Cultivo de maíz	Igual al anterior	
Reducción de la energía hidroeléctrica generada por la reducción de las precipitaciones	Energía	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	Energía	Frecuencia de temperaturas críticas	Índice de Exposición	Índice de variación de costos marginales	Porcentaje de generación distribuida respecto del consumo eléctrico comunal

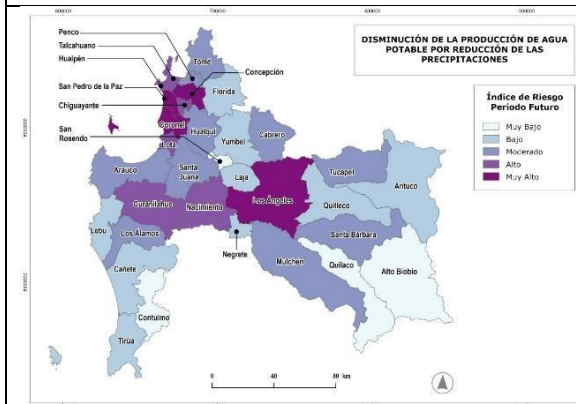
En figuras siguientes se representan territorialmente los riesgos climáticos evidenciados por las cadenas de impacto, indicándose aquellas comunas con mayor riesgo en colores más oscuros.



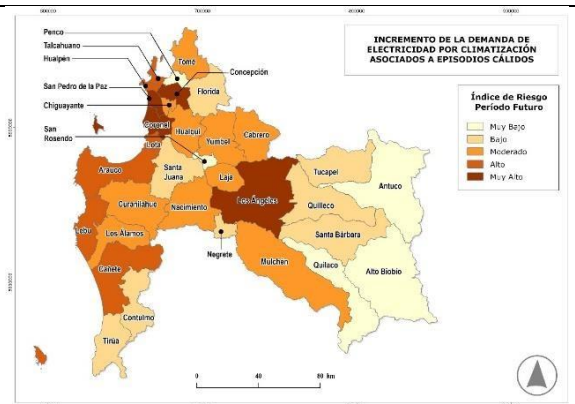
Afectación de bosques caducifolios debido a shock térmico por aumento de temperaturas y olas de calor. A estas comunas se agrega Santa Bárbara por el aumento en el índice de riesgo



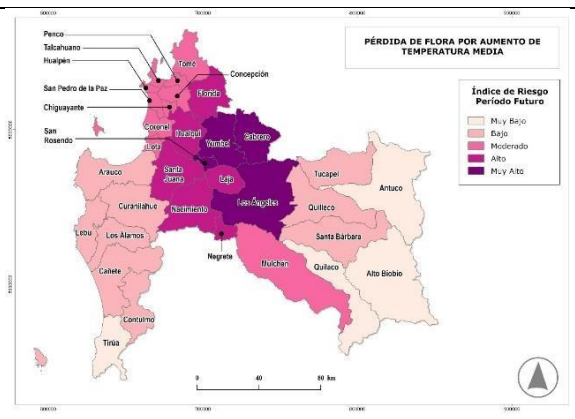
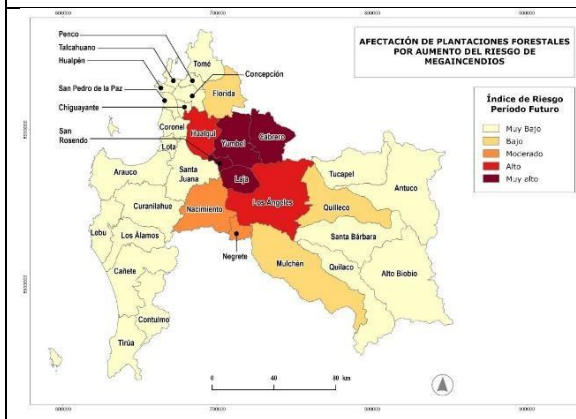
Impactos sobre la salud de la población sensible por aumento de episodios cálidos. A estas comunas se agrega Antuco, Concepción, Florida, Polcura y Quilaco por el aumento en el índice de riesgo



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

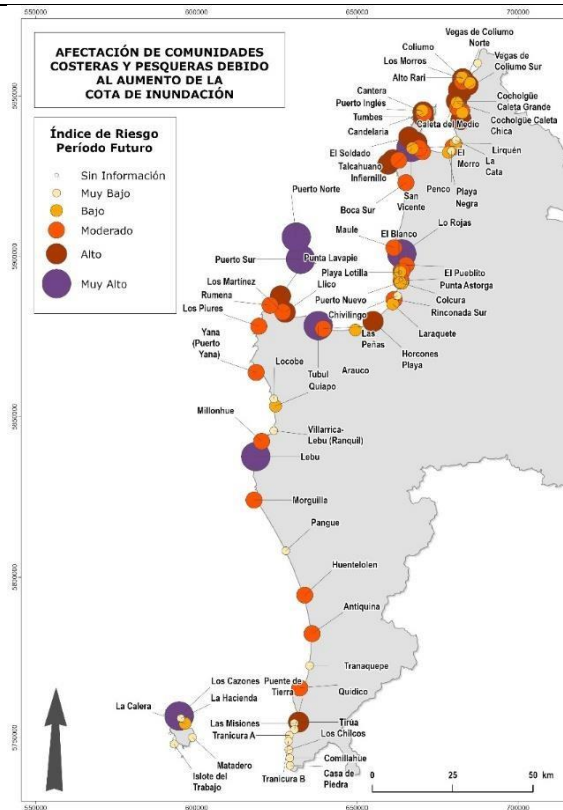


Incremento de la demanda de electricidad por climatización asociados a episodios cálidos.

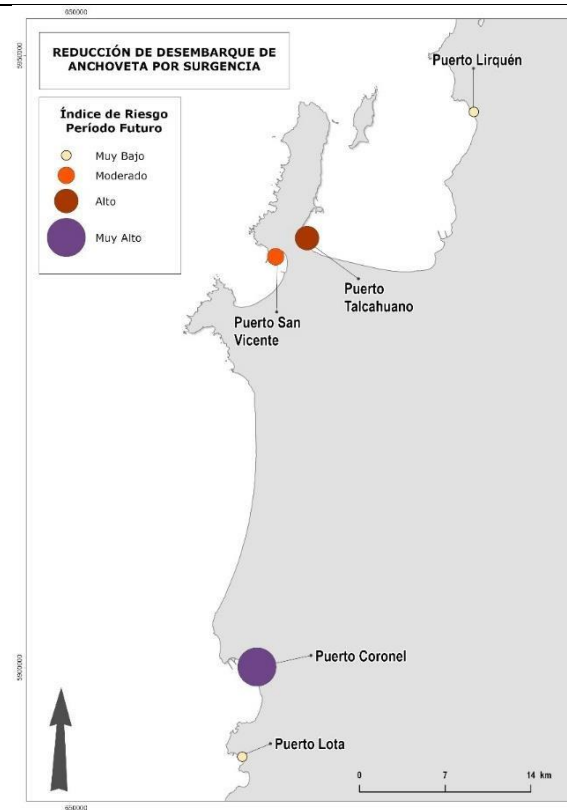


Afectación de plantaciones forestales por aumento del riesgo de megaincendios. A estas comunas se agrega Santa Juana, Nacimiento y Florida por el aumento en el índice de riesgo

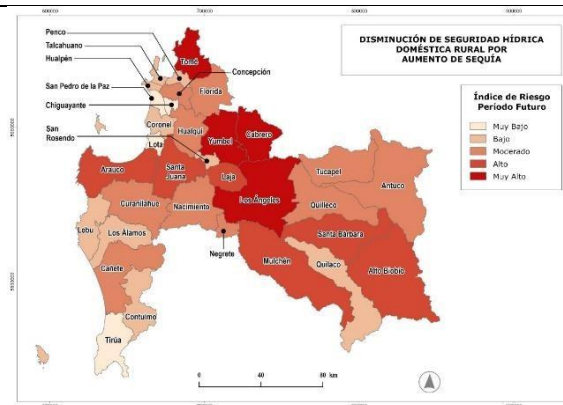
Pérdida de flora por aumento de temperatura media. A estas comunas se agregan Hualqui, Santa Juana y Nacimiento por el aumento en el índice de riesgo



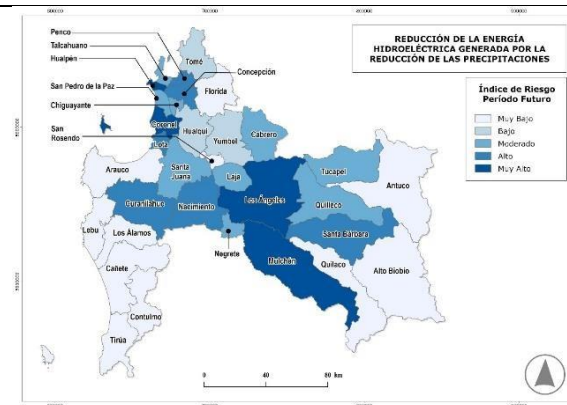
Afectación de comunidades costeras y pesqueras debido al aumento de la cota de inundación.



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.

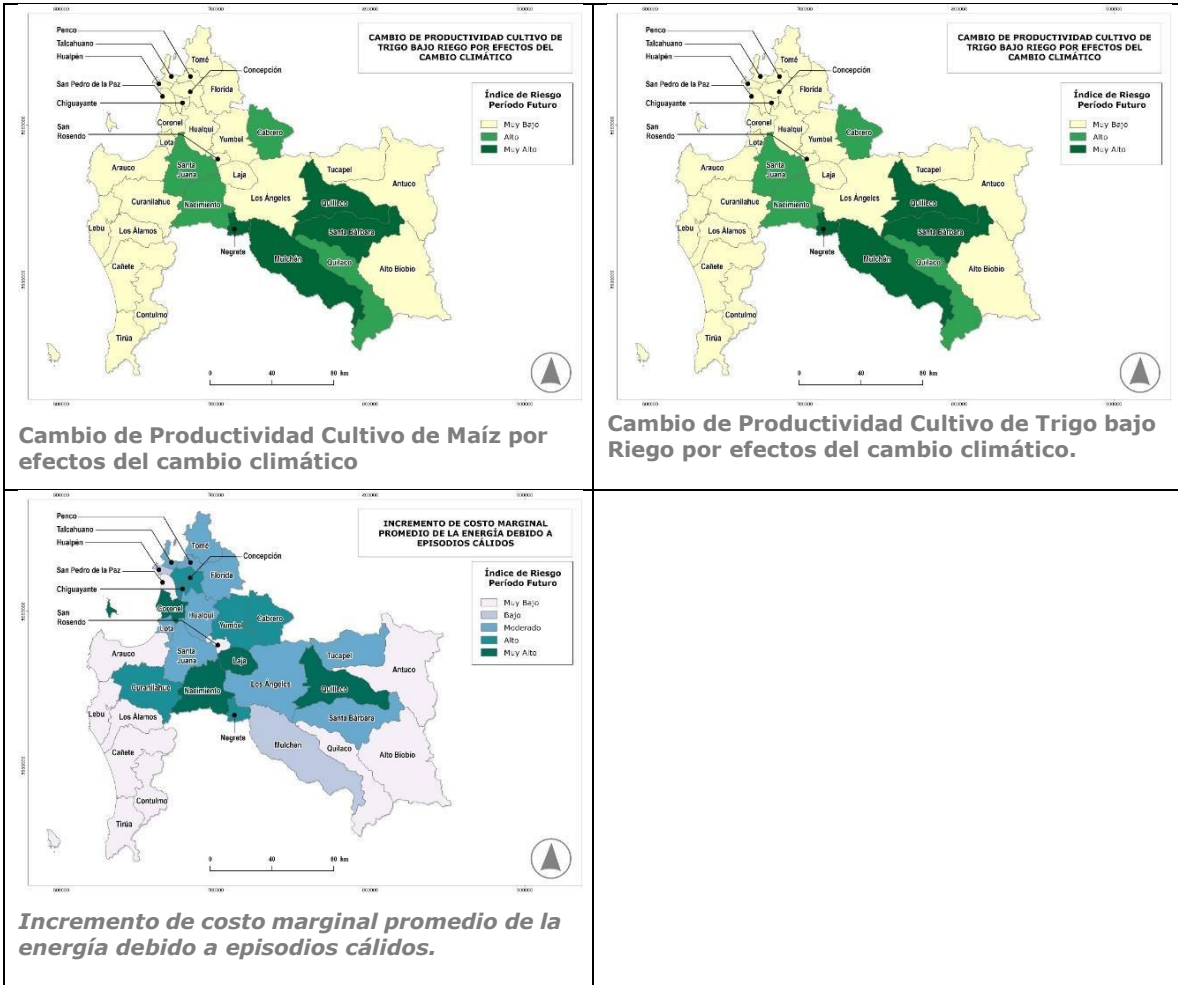


Figura 12. Expresión regional de los riesgos climáticos evaluados.

5. FUENTES DE EMISIÓN Y ABSORCIÓN DE GEI A NIVEL REGIONAL

Comparando las emisiones per cápita de GEI en el Biobío con los valores nacionales, se observa que la región ha superado consistentemente los índices nacionales para la serie de tiempo analizada, con cifras que fluctúan entre 140 y 245% de la realidad nacional. En la última década, las emisiones netas de la región crecieron en 54,6%, pasando de 7.375,7 kt CO_{2eq} en 2010 a 11.549,2 kt CO_{2eq} en 2020. El año 2017 hubo un aumento significativo de las emisiones, asociada a la ocurrencia de grandes incendios forestales en la región. Entre 2010 y 2020, la región aportó significativamente a las emisiones nacionales, con cifras que fluctúan entre 33,5% en el año 2010 a 20,7% en 2020, convirtiéndose en una de las principales regiones emisoras del país. El gas que mayor aporte representa en el balance de emisiones es CO₂ neto (emisiones brutas menos absorciones), dando cuenta en promedio de más del 80% de éstas.

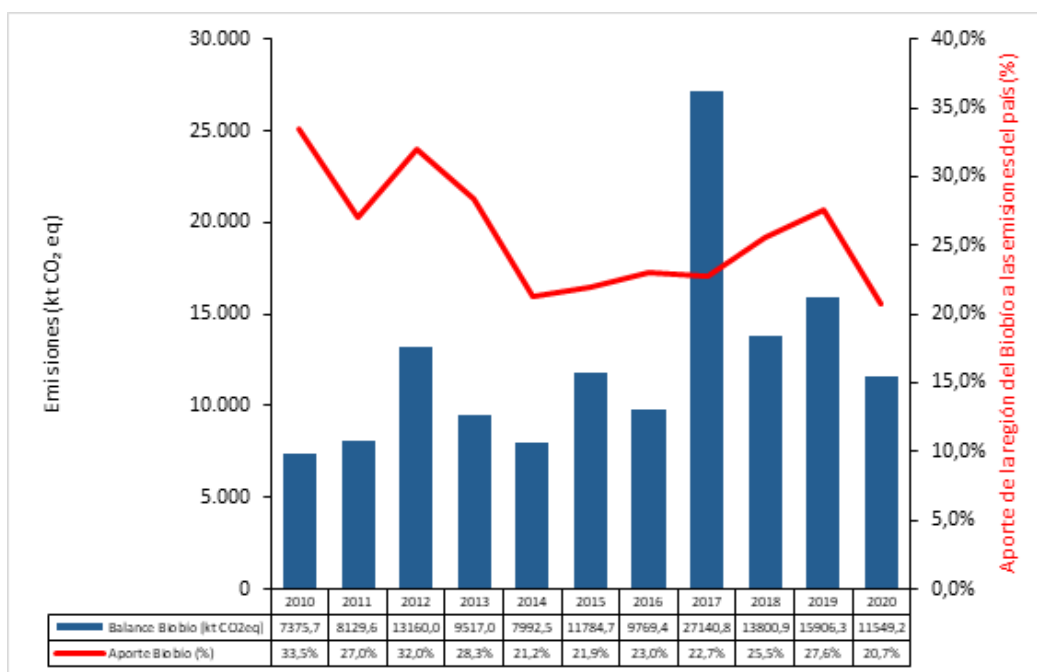


Figura 13. *Balance de emisiones de GEI de la Región del Biobío y aporte al total nacional. Período 2010-2020. Fuente: MMA*

El sector Energía es sistemáticamente el mayor aportante a las emisiones netas dando cuenta, en el año 2020 del 82,8% en (9.308 kt CO_{2eq}). Al interior de este sector, en el mismo año, la casi totalidad de las emisiones (99,43%) provinieron de la categoría **“Actividades de quema de combustibles” (9.255 ktCO_{2eq})**, en particular **“industrias de la Energía” (53%)**, Transporte (28%) e Industria Manufacturera (14%). En la categoría **“Industrias de la Energía” destaca con el 85,4% de las emisiones la producción de electricidad.** Destaca el año 2017, año de megaincendios, en que se triplicó la cantidad de emisiones en relación al año 2016.

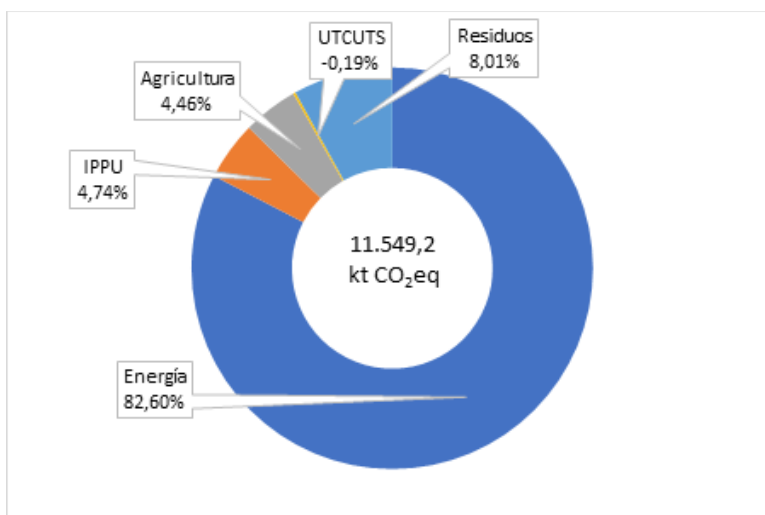


Figura 14. **Aporte porcentual de sectores a emisiones de la Región del Biobío. Año 2020.**
Fuente: MMA

En términos territoriales, la **Provincia de Concepción da cuenta del 67,5% de las emisiones** de GEI, seguida de Arauco (19,8%) y Biobío (12,7%). Al interior de la Provincia de Concepción, **las comunas que mayores emisiones presenta corresponden a las de mayor carácter industrial y/o energético: Talcahuano (1.500 kt CO₂eq), Hualpén (1.311 kt CO₂eq) y Coronel (1.319 kt CO₂eq), representando más del 50% de las emisiones totales de la Provincia de Concepción.** A ellas siguen los centros urbanos y/o de servicios más consolidados: Concepción (941 kt CO₂eq), San Pedro de la Paz (609 kt CO₂eq) y Chiguayante (543 kt CO₂eq). Al interior de la Provincia de Concepción ninguna comuna da cuenta de emisiones "negativas", esto es en cuyo territorio las absorciones superan las emisiones. En el caso de la Provincia de Arauco, la principal comuna en términos de emisiones de GEI corresponde a Arauco (1.138 kt CO₂eq, 50% de las emisiones provinciales), dada su condición de productora de celulosa, una de las actividades industriales más relevantes en materia de emisiones de GEI, como se discutiera previamente. En esta provincia, solo la comuna de Los Álamos da cuenta de un balance negativo de GEI (-16,9 kt CO₂eq). En la Provincia de Biobío destacan tres comunas emisoras: Nacimiento (1.524 kt CO₂eq), Cabrero (1.460 kt CO₂eq), y Los Ángeles (1.341 kt CO₂eq). También se observa la presencia de una cantidad importante de comunas con balance negativo (absorciones > emisiones), entre ellas: Alto Biobío (-1.388 kt CO₂eq), Antuco (-1.043 kt CO₂eq) y Quilaco (-624 kt CO₂eq).

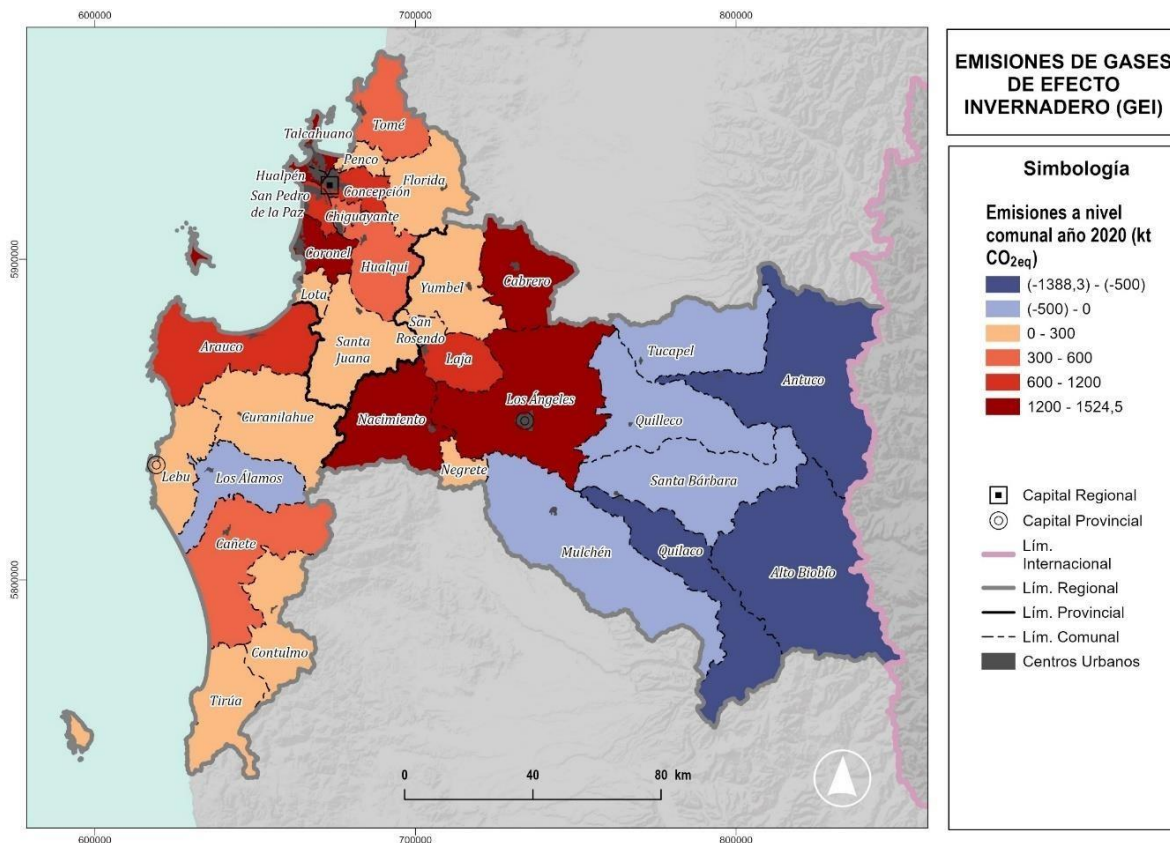


Figura 15. **Distribución territorial de emisiones comunales de gases de efecto invernadero.** Fuente: elaboración propia a partir de Inventario de emisiones 2020

Específicamente, respecto a las emisiones de carbono negro, en el año 2020 la región emitió 3.334 toneladas de Carbono Negro (CN). El 44,7% de las emisiones se verificaron en la Provincia de Biobío, seguida de Concepción (33,3% y Arauco (22%). En la Provincia de Concepción, las emisiones totales de CN (1.109,3 toneladas) se distribuyen en forma relativamente pareja entre sus mayores centros poblados, no denotándose a priori una relación con alguna actividad productiva en particular. En el caso de las Provincias de Biobío y Arauco (comuna de Arauco), por el contrario, se verifica una estrecha correlación entre comunas productoras de celulosa (Nacimiento y Laja) y emisiones de CN.

El análisis de inventario de GEI arroja conclusiones preocupantes por cuanto se evidencia el carácter emisor neto de la región, consecuencia de su estructura productiva estructurada entorno a la industria manufacturera, transporte terrestre y la generación de energía con un importante componente fósil. Por otro lado, el carácter emisor no se compensa con la capacidad de absorción de carbono de la región, resultando en emisiones neta per cápita muy elevadas respecto de la media nacional

En consecuencia, a la luz de los datos mostrados, los esfuerzos de mitigación deben focalizarse en avanzar en definiciones y planificación energética regional focalizando lineamientos estratégicos que permitan: 1) acelerar la transición energética regional incrementando la producción eléctrica renovable, 2) promover la eficiencia energética en consumidores finales, en particular la industria y el transporte, incluyendo recambios de combustibles y electrificación de procesos, 3) reducir las brechas en la

implementación de mejores sistemas de calefacción residencial y de gestión integral de residuos, y 4) recuperar el carácter de sumidero del sector UTCUTS mediante mejores prácticas silvoagropecuarias y estrategias de reforestación de ecosistemas nativos y prevención de incendios que permitan revertir la actual condición emisoras de la categoría "Tierras Forestales", con foco en las comunas emisoras netas, en particular de las provincias de Concepción y Arauco.

El incremento de la cobertura de bosques ha sido propuesto como una solución a la crisis climática por su capacidad para capturar y almacenar carbono (p. ej. Desafío de Bonn y *Trillion Trees Initiative*), y así compensar las emisiones de CO₂. Consecutivamente, se ha propuesto que el incremento de las plantaciones forestales podrían ser parte de estas soluciones, dado su rápido crecimiento. Sin embargo, esto ha sido discutido en su aporte en el largo plazo tanto a nivel global (Leverkus et al. 2022¹⁹, Lewis et al. 2019²⁰) como nacional (Gómez-González et al. 2023²¹, Hoyos-Santillan et al. 2021²²), por impactos derivados y porque no necesariamente logran incrementar el carbono total almacenado (Heilmayr et al. 2023)²³. En particular, para Chile se han documentado los siguientes impactos socioecológicos: la pérdida de biodiversidad (Miranda et al. 2017)²⁴, la reducción en el rendimiento hídrico (Álvarez-Garretón et al. 2019)²⁵, mega-incendios (Gómez-González et al. 2018²⁶, De la Barrera et al. 2018²⁷), y un creciente empobrecimiento y desigualdad de las poblaciones rurales (Hofflinger et al. 2021²⁸).

¹⁹ Leverkus, A. B., Thorn, S., Lindenmayer, D. B., & Pausas, J. G. (2022). Tree planting goals must account for wildfires. *Science*, 376(6593), 588–589. <https://doi.org/10.1126/science.abp8259>

²⁰ Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A., & Koch, A. (2019). Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature*, 568(7750), 25–28. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01026-8>

²¹ Gómez-González, S., Miranda, A., Hoyos-Santillan, J., Lara, A., Moraga, P., & Pausas, J. G. (2023). Afforestation and climate mitigation: Lessons from Chile. *Trends in Ecology & Evolution*.

²² Hoyos-Santillan, J., Miranda, A., Lara, A., Sepulveda-Jauregui, A., Zamorano-Elgueta, C., Gómez-González, S., Vásquez-Lavín, F., Garreaud, R. D., & Rojas, M. (2021). Diversifying Chile's climate action away from industrial plantations. *Environmental Science & Policy*, 124, 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.013>

²³ Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., & Lambin, E. F. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*, 75, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.07.014>

²⁴ Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., & González, M. (2017). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*, 17(1), 285–297. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1010-7>

²⁵ Alvarez-Garretón, C., Lara, A., Boisier, J. P., & Galleguillos, M. (2019). The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests*, 10(6), 473. <https://doi.org/10.3390/f10060473>

²⁶ Gómez-González, S., Ojeda, F., & Fernandes, P. M. (2018). Portugal and Chile: Longing for sustainable forestry while rising from the ashes. *Environmental Science & Policy*, 81, 104–107. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.006>

²⁷ De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, P., Ruiz, V., & Quense, J. (2018). Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of The Total Environment*, 637–638, 1526–1536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.119>

²⁸ Hofflinger, A., Villalobos, C., Cárdenas, L., & Treviño, E. (2021). Are the school choices of indigenous students affected by discrimination? Evidence from Chile. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3929911>

6. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL PLAN DE ACCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO

Las medidas presentadas a continuación han sido propuestas por las respectivas instituciones como parte del cumplimiento de los objetivos establecidos en el Plan. Según la información proporcionada por cada institución, estas cuentan con financiamiento asegurado, lo que garantiza su implementación durante el período de ejecución del plan.

Cod	Medida	Acción	Actividad	Responsable	Colaboradores	Programación (año)					Meta	Indicador	Medio de Verificación	Monto Financiamiento	Fuente de financiamiento		
						1	2	3	4	5							
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.1	Implementación de tecnologías para la gestión del agua.	A1.1.1	Consolidar la información técnica disponible sobre fuentes de agua alternativa y aguas subterráneas y disponibilizarla en una plataforma digital.	MOP - DGA		X					Crear y mantener actualizado un repositorio centralizado de datos sobre fuentes de agua alternativa y aguas subterráneas en una plataforma digital.	Expediente digital con información actualizada permanentemente para consulta.	Acceso al repositorio y reportes de actualización.	Por definir	DGA
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.1	Implementación de tecnologías para la gestión del agua.	A1.1.2	Realizar capacitaciones técnicas sobre cambio climático a los comités y cooperativas de los Sistemas Sanitarios Rurales y entidades facultadas para administrar Servicios de Agua Potable Rural.	MOP DOH	Seremi del Medio Ambiente, GORE			X	X	X	Número de personas (operadores y administrativos) asociadas a SSR-APR capacitados, incluyendo funcionarios: 300	Número de capacitaciones realizadas y participantes capacitados al año	Listas de asistencia y reportes de capacitación.	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.1	Implementación de tecnologías para la gestión del agua.	A1.1.3	Difundir la incorporación de SbN relacionadas a los sistemas de abastecimiento urbano y rural.	Seremi del Medio Ambiente	Minagri	X	X	X	X	X	50 Capacitaciones en sistemas de abastecimiento urbano y rural en la región, en 5 años.	N° de capacitaciones realizadas en el horizonte temporal del Plan	Listados de Asistencia e informes de las actividades	Por definir	Programas, instrumentos y otros mecanismos de fomento sectoriales

A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.2	Reforzamiento de la provisión natural del agua	A1.2.1	Realizar acciones de restauración y protección de áreas claves para el almacenamiento y la provisión de agua a escala comunitaria (cabeceras de cuenca, humedales, riberas de cuerpos de agua).	Seremi del Medio Ambiente	Comité interministerial de Transición Hídrica Justa - CITHJ	X	X	X	X		Restaurar y/o proteger 1.000 ha de áreas claves para el almacenamiento.	N° de hectáreas con acciones de restauración o protección(en áreas claves)	Por definir	Por definir	GEF Restauración - FNDR - Privados(Essbio) - Municipios
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.4	Fortalecimiento de la Producción Agropecuaria Adaptada al Cambio Climático	A1.4.2	Desarrollar charla, seminarios u otras actividades que permitan el fortalecimiento de capacidades, investigación y transferencia de conocimiento para la incorporación de variedades agropecuarias localmente adaptadas a las condiciones nuevas del cambio climático y realizar cambios en cultivos.	Minagri (INDAP, CNR, INFOR, INIA)	SEREMIs: Medio Ambiente, Ciencia Gobierno Regional, CORFO	X	X	X	X	X	Desarrollar al menos 150 actividades de difusión e intercambio de experiencias.	% avance de actividades de difusión desarrollada por año t	Informe semestral de actividades desarrolladas.	1.540.000.000	Programas, instrumentos y otros mecanismos de fomento sectoriales, FNDR.

A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.4	Fortalecimiento de la Producción Agropecuaria Adaptada al Cambio Climático	A1.4.1	Fomentar la implementación de sistemas de producción agropecuaria adaptadas al cambio climático y basados en la naturaleza.	Minagri (INDAP, CNR, INFOR, INIA)	SEREMIs: Medio Ambiente, Ciencia Gobierno Regional, CORFO		X	X	X		Instalar al menos 60 nuevas unidades productivas que incorporen prácticas de sistemas de producción adaptadas al cambio climático y basados en la naturaleza	% avance del programa de fomento a sistemas de producción agropecuaria	Informe de unidad productiva instalada.	1.019.673.498	Programas, instrumentos y otros mecanismos de fomento sectoriales, FNDR
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)	A1.3.1	Ejecutar Obras Hidráulicas y Canalizaciones para gestionar grandes volúmenes de agua asociados a fenómenos extremos de incremento de precipitaciones y prevenir inundaciones en sectores críticos, considerando usos prioritarios y cambio climático.	MOP (DGA - DOH)	Seremis de Vivienda y Urbanismo, Medio Ambiente, SENAPRED y Municipalidades				X	X	3 proyectos de canalización licitados en sectores críticos y 7 proyectos de mejora de evacuación de aguas lluvias.	ejecución obras hidráulicas	Por definir	Por definir	Por definir

A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.1	Mejoramiento de la Eficiencia Térmica en Edificaciones frente a climas extremo	A2.1.1	Actividades y/o talleres de difusión sobre buenas prácticas y alternativas de calefacción, incluyendo el uso y acceso a combustibles limpios (ej. leña seca y otros tipos de biomasa), y de técnicas para el mejoramiento térmico de viviendas.	Seremi Energía	MMA-SEC. Minvu - INFOR- CONAF- Municipios	x	x	x	x	x	Ejecutar 4 actividades o talleres de difusión al año (presencial o virtual) sobre buenas prácticas y alternativas de calefacción, así como técnicas para el mejoramiento térmico de viviendas.	N° actividades o talleres de difusión realizados al año.	Resumen ejecutivo por actividad realizada.	0	No aplica.
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.2	Fortalecimiento de la seguridad energética de los hogares y de infraestructura de uso comunitario	A2.2.1	Identificar comunidades y/o infraestructura rural más vulnerables en acceso energético.	GORE	ENERGIA	x	x				1 Catastro que identifique la situación energética en servicios básicos rurales en infraestructura de uso comunitario, al año 2026 (SSR, establecimientos de salud, establecimientos educativos, entre otros)	Catastro situación energética rural regional	Informe con catastro.	0	No aplica.

A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.2	Fortalecimiento de la seguridad energética de los hogares y de infraestructura de uso comunitario	A2.2.2	Elaborar listado priorizado de comunidades y/o infraestructura rural para avanzar en el cierre de brecha de electrificación regional	GORE	ENERGIA		x				Listado priorizado de comunidades para la implementación de piloto.	Número de listado priorizado de comunidades para la implementación de piloto.	Listado	0	No aplica.
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.3	Fomentar la instalación de infraestructura verde necesaria y adecuada a cada territorio.	A2.3.1	Elaborar una guía regional de infraestructura verde urbana para los municipios del Biobío.	Seremi de Vivienda y Urbanismo	Seremi del Medio Ambiente		X	X			Guía regional de Infraestructura verde a escala comunal que considere requerimientos de infraestructura verde por comuna.	Guías regional de infraestructura verde elaborada y difundida	Informes de distribución (oficios) y uso de la guía para el diseño de las áreas verdes	Por definir	Sectorial
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.3	Fomentar la instalación de infraestructura verde necesaria y adecuada a cada territorio.	A2.3.2	Desarrollar ordenanza municipal tipo de infraestructura ecológica.	Seremi del Medio Ambiente			X	X	X		Propuesta de ordenanza municipal para la creación y mantenimiento de infraestructura ecológica, incluyendo parques, jardines y corredores biológicos.	Propuesta de ordenanza tipo elaborada	Documento de propuesta de ordenanza.	Por definir	Por definir

A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.4	Fortalecer la protección y gestión de humedales urbanos	A2.4.1	Desarrollar e implementar un programa de capacitación intersectorial, municipal y ciudadano sobre delimitación de humedales y fiscalización ambiental.	Seremi del Medio Ambiente		X	X	X	X	X	Capacitar a los 33 municipios para delimitación de humedales.	N° o % de municipios capacitados.	Por definir	Por definir	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.4	Fortalecer la protección y gestión de humedales urbanos	A2.4.2	Diseñar e implementar planes de gestión y gobernanza para humedales urbanos implementando acciones para su conservación y gestión sustentable.	Seremi del Medio Ambiente	Municipios	X	X	X	X	X	Desarrollar 10 planes de gestión y gobernanza para humedales urbanos	n° de planes de gestión y gobernanza de humedales urbanos desarrollados y documentado	Por definir	144.200.000	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.4	Fortalecer la protección y gestión de humedales urbanos	A2.4.3	Diseñar proyectos de parques urbanos para la protección y restauración ecosistemas.	Seremi de Vivienda y Urbanismo		X	X				Desarrollar 3 proyectos de parque urbanos para la protección y restauración de humedales urbanos	n° de proyectos de parques urbanos DISEÑADOS = 3	Diseño de 3 parques urbanos	3.000.000	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.4	Fortalecer la protección y gestión de humedales urbanos	A2.4.4	Ejecutar proyectos de parques urbanos para la protección y restauración ecosistemas.	Seremi de Vivienda y Urbanismo			X	X	X	X	Desarrollar 3 proyectos de parque urbanos para la protección y restauración de humedales urbanos	n° de proyectos de parques urbanos EJECUTADOS = 3	Ejecución de 3 parques urbanos	15.000.000.000	Por definir

	climas extremos																
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.6	Establecer refugios climáticos en espacios públicos y privados	A2.6.1	Difusión del buen uso y ventajas de implementar refugios en episodios climáticos extremos a los municipios.	Seremi del Medio Ambiente	SENAPRED	X	X	X	X	X	Difundir respecto al concepto de "refugio climático",	N° actividades realizadas.	Actas, listados de asistencia	Por definir	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.6	Establecer refugios climáticos en espacios públicos y privados	A2.6.2	Identificar lugares potenciales para ser establecidos como refugio climático e Identificar demanda de municipios y diseñar modelo de colaboración.	Seremi del Medio Ambiente	SEREMIs: Agricultura (CONAF), Vivienda y Urbanismo, Salud, Obras Públicas, Desarrollo Social, Medio Ambiente	X	X	X	X	X	Catastro de lugares potenciales de refugios climáticos	n° de lugares potenciales de refugios climáticos identificados	Identificar y difundir redes de refugios climáticos compuestos por espacios públicos y privados	Por definir	Por definir

A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	A3.1.1	Ejecutar acciones preventivas en viviendas rurales frente a la amenaza de incendios forestales, integrando capacitaciones a las comunidades para mejorar su preparación frente a incendios	CONAF	Municipios	X	X	X	X	X	Desarrollar 100 actividades preventivas para viviendas rurales, con estándar homologado y formato jurídico similar a lo privado.	n° de actividades desarrollado al año t	Planilla con detalle de las actividades	Por definir	Sectorial
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	A3.1.2	Fomentar la silvicultura preventiva para reducir el riesgo de incendios en zonas de plantaciones forestales, interfaz urbano-forestal y/o parques peri-urbanos.	CONAF	SEC - ENERGIA - GORE	X	X	X	X	X	Realizar 100 km de cortafuego por año	km de cortafuego por año	Planilla con actividad detallada	Por definir	Sectorial - FNDR
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	A3.1.3	Elaborar plan para restauración de paisajes donde se identifiquen las áreas claves de intervención.	Seremi del Medio Ambiente	CONAF, INDAP, MIN AGRICULTURA, GORE	X	X	X	X	X	Elaborar 1 plan por provincia de restauración ripariana.	Plan Elaborado	Informe del plan de restauración provincial aprobado por el CORECC	Por definir	GEF Restauración, sectoriales.
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	A3.1.4	Restaurar paisajes claves para reducción la propagación de incendios en función de lo	Seremi del Medio Ambiente	CONAF, INDAP, MIN AGRICULTURA, GORE	X	X	X	X	X	Restaurar al menos el 20% de las áreas identificadas en el plan de restauración.	% de áreas restauradas año t	Informes de cumplimiento de las medidas de los planes provinciales.	Por definir	GEF Restauración, sectoriales.

	incendios forestales				establecidos en el plan de la actividad 3.1.3												
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.2	Manejo de pesquerías locales y de recursos marino-costeros.	A4.1.1	Desarrollar un plan o protocolo para el aprovechamiento de recursos pesqueros derivados de varazones. (Se debe hacer consulta de factibilidad de estudios y análisis a Universidades para el adecuado aprovechamiento de los mismos.)	Subpesca	Sernapesca, servicio salud.	X					1 Protocolo terminado al primer año de ejecución del Programa	Número de Protocolos para el aprovechamiento de recursos pesqueros derivados de varazones elaborados	Por definir	Por definir	Por definir
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.2	Manejo de pesquerías locales y de recursos marino-costeros.	A4.1.2	Diseñar un Plan para la disposición final de los recursos pesqueros derivados de varazones, que no puedan ser aprovechados.	Subpesca	Sernapesca, Servicio salud, Municipalidades .	X					1 Plan terminado al primer año de ejecución del Programa	Número de Planes diseñados para el aprovechamiento de los recursos pesqueros derivados de varazones.	Por definir	Por definir	Por definir

A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.3	Planificación y zonificación del borde costero para la adaptación a los eventos extremos asociados al cambio climático.	A4.2.1	Actualización de la zonificación de borde costero con enfoque de cambio climático.	GORE	Ministerio de Defensa			X	X	X	Zonificación de Borde Costero terminada en 2027 y aprobada por CRUBC y CORE	Porcentaje de avance en el proceso de Actualización de Zonificación de Zonas Costeras	Porcentaje avance de la ejecución del estudio.	\$ 320.000.000	GORE
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.1	Impulso a las Energías Renovables, energías no convencionales y tecnologías limpias.	M1.1.1	Promover la instalación de nuevas energías renovables no convenciona.	Seremi Energía	GORE	X	X	X	X	X	4 talleres y/o actividades de difusión al año que consideren la transición energética justa.	N° actividades realizadas al año.	Resumen ejecutivo por actividad realizada.	0	No aplica.
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.1	Impulso a las Energías Renovables, energías no convencionales y tecnologías limpias.	M1.1.2	Fomentar el uso del gas natural como fuente de energía en la industria como apoyo para la etapa de transición energética.	GORE	Energía	x	x	x	x	x	Aumentar al 100% la capacidad del gasoducto trasandino	% de la capacidad usada del gasoducto; unidades reconvertidas a GN.	Informe anual que contenga actividades desarrolladas y avance de indicadores.	0	No aplica.
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.2	Absorber CO2 de la atmosfera	M1.2.1	Plantar 1.000 hectareas de árboles.	Conaf	MMA GORE INDAP INFOR						1.000 hectáreas plantadas en años, promedio ha/año	N° hectáreas plantadas por año.	Planilla detallada de las intervenciones.	Por definir	Sectorial

M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.3	Apoyo en la Reducción de Emisiones en la Industria	M1.3.1	Difundir alternativas de combustibles para la reducción de emisiones mediante eficiencia energética, innovaciones productivas, uso de fuentes alternativas de energía a grandes consumidores.	Seremi Energía	Agencia SE	X	X	X	X	X	1 actividad por año en la cual se invite a empresas de la región.	N° reuniones realizadas.	Resumen ejecutivo por actividad realizada.	0	No aplica.
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.3	Apoyo en la Reducción de Emisiones en la Industria	M1.3.2	Realizar acuerdo de producción limpia en sectores priorizados, considerando casos con transformación tecnológica.	ASCC	Energía		X	X	X	X	Desarrollar 1 acuerdo de producción limpia.	Acuerdo generado	Un APL Firmado e implementado en sus tres etapas (verificador sujeto a la disponibilidad de fondos y voluntariedad de los sectores por ser éste un instrumento voluntario)	\$70.000.000,00	Por definir

M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.5	Producción Agropecuaria Baja en Carbono	M1.5.1	Implementar de acuerdos de producción limpia en el sector silvoagropecuario orientados al manejo de residuos, eficiencia del uso de fertilizantes, aprovechamiento de rastrojos, soluciones basadas en la naturaleza, uso de tecnologías limpias y eficiencia energética en procesos agroindustriales.	ASCC	Minagri		X	X	X	X	Desarrollar 1 acuerdo de producción limpia.	Acuerdo generado	Un APL Firmado e implementado en sus tres etapas (verificador sujeto a la disponibilidad de fondos y voluntariedad de los sectores por ser éste un instrumento voluntario)	70.000.000	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones	M1.4.1	Proyecto de Bicicletas Públicas para Gran Concepción	Seremi transporte	GORE		X	X	X	X	Por definir	Por definir	Por definir	200.000.000	FNDR
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones	M1.4.2	Nueva regulación de buses eléctricos en Los Ángeles, 23 buses eléctricos.	Seremi transporte	Gobierno Regional del Biobío		X	X	X	X	Por definir	Por definir	Por definir	8.100.000.000	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y FNDR

M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.1	Realizar un levantamiento de los municipios que poseen ordenanzas que incorporen la temática de los residuos.	Seremi del Medio Ambiente	Municipios	X	X	X			Identificar las brechas asociadas a la falta de ordenanza en materia de residuos	N° de Municipios de la región que cuentan con ordenanza en materia de residuos	Oficios Informe Listas de asistencia reuniones Fotografías/capturas de pantalla	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.2	Realizar una jornada que permita el intercambio de experiencia para el desarrollo de ordenanzas municipales en materia de residuos	Seremi del Medio Ambiente	Municipios				X		Desarrollar al menos 1 intercambio de experiencia regional asociado al desarrollo de procesos de ordenanzas con temática de residuos municipales	Al menos un Taller de intercambio de experiencia regional realizado	Lista asistencia Oficios Fotografías/capturas de pantalla	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.3	Capacitar a los municipios de la región en la guía metodológica para la elaboración de planes de gestión de residuos a nivel municipal.	Seremi del Medio Ambiente	ARMBB - Municipios	X	X	X			Capacitar como mínimo a 15 municipios de la región en la guía metodológica para la elaboración de planes de gestión de residuos municipales	N° de Municipios capacitados en la guía metodológica para la elaboración de planes de gestión de residuos municipales.	Lista de asistencia Oficios Fotografías/capturas de pantalla Informes	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.4	Generar una georreferenciación actualizada de los puntos limpios de la región en el marco de las normativas de residuos y economía circular	Seremi del Medio Ambiente	GORE, municipios		X	X	X		Generar una georreferenciación actualizada de puntos limpios de la región	Mapa con georreferenciación de puntos limpios	Mapa con georreferenciación de puntos limpios digital	Por definir	Por definir

M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.5	Actualizar el estado de la implementación de la Ley REP con foco en la recolección selectiva de residuos domiciliarios.	Seremi del Medio Ambiente		X	X	X	X	X	Iniciar la recolección selectiva de residuos domiciliarios en la región del Biobío	Número de comunas con recolección selectiva de residuos domiciliarios destinados a valorización	Reporte anual	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	M2.1.6	Desarrollar un levantamiento de emprendimientos y gestores regionales en el marco de las normativas de residuos y economía circular	Seremi del Medio Ambiente		X	X	X	X	X	Catastro de emprendimientos y gestores por comuna desarrollado	Número de emprendimientos y gestores por comuna	Reporte anual	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.2	Fortalecimiento, regularización y modernización tecnológica para la valoración de residuos.	M2.2.1	Realizar un levantamiento de información de iniciativas públicas o privadas que gestionen residuos orgánicos,	Seremi del Medio Ambiente	JUNAEB DESARROLLA BIOBIO Municipalidades , ARMBB ONG	X	X				Identificar instituciones públicas con alta generación de residuos orgánicos.	Número de instituciones e iniciativas identificadas.	Informes de identificación de instituciones e iniciativas	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.2	Fortalecimiento, regularización y modernización tecnológica para la valoración de residuos.	M2.2.2	Realizar análisis para la localización de plantas de compostaje	GORE	Seremi del Medio Ambiente, Municipios y Subdere			X	X	X	Completar análisis de localización para al menos 10 plantas de compostaje.	Número de análisis completados e instalación priorizada.	Informes de análisis y recomendaciones de localización.	0	No aplica.

M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.2	Fortalecimiento, regularización y modernización tecnológica para la valoración de residuos.	M2.2.3	Desarrollar acciones que permitan fomentar la valoración de residuos orgánicos tales como el compostaje y/o el vermicompostaje en territorios de la región.	Seremi del Medio Ambiente	MUNICIPIOS, MINVU-	X	X	X	X	X	Colaborar en la implementación de la gestión de residuos orgánicos en al menos 5 territorios (barrios, comunas, municipios) de la región.	Número de territorios con gestión de residuos orgánicos implementada.	Informes de implementación y evaluación de iniciativas.	Por definir	Por definir
T1	Educación y Capacitación para el Cambio Climático	T1.1	Educación y Sensibilización sobre el cambio climático	T1.1.2	Ejecutar un programa de apoyo a la formación en establecimientos educacionales para incorporar contenidos de cambio climático (mitigación y adaptación) a través del SNCAE.	Seremi de Educación	Seremi de Medio Ambiente, Seremi de Ciencias, Servicios Locales de Educación y Departamentos de Educación Municipales			X	X	X	Implementar acciones de formación para establecimientos educacionales: cambio climático, energías renovables no convencionales, transporte público (ej. uso de tren y ciclomovilidad), electromovilidad, eficiencia hídrica y energética, economía circular, reducción y revaloración de residuos a través de reciclaje y compostaje.	N° Seminarios, capacitaciones, ferias realizadas por año.	Por definir	Por definir	Por definir

T1	Educación y Capacitación para el Cambio Climático	T1.1	Educación y Sensibilización sobre el cambio climático	T1.1.1	Ejecutar actividades de capacitación para funcionarios públicos regionales (ej. integrantes del CORECC) y municipales en contenidos sobre cambio climático (mitigación y adaptación), con enfoque de género y conocimientos ancestrales, asegurando la pertinencia regional y cultural.	Seremi del Medio Ambiente	GORE		X	X	X	X	Plan de Acompañamiento para la elaboración e implementación de los PACCC	Actividades del Plan ejecutadas	Informes, listados de asistencia	Por definir	Sectorial, FNDR
----	---	------	---	--------	---	---------------------------	------	--	---	---	---	---	--	---------------------------------	----------------------------------	-------------	-----------------

7. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN PARA SER REVISADAS E INCORPORADAS AL PLAN

Las medidas listadas a continuación representan propuestas elaboradas por las instituciones para contribuir al cumplimiento de los objetivos del Plan. Sin embargo, estas se encuentran en un estado preliminar y no cuentan con financiamiento asignado. Por este motivo, no se incorporará al Plan en su versión actual.

No obstante, serán revisadas anualmente en conjunto con las instituciones correspondientes, con el propósito de evaluar su viabilidad e inclusión futura en el Plan.

Co d.	Medida	Acción	Actividad	Responsable	Colaboradores	Programación (año)					Meta	Indicador	Medio de Verificación	Monto Financiamiento	Fuente de financiamiento
						1	2	3	4	5					
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.1 Implementación de tecnologías para la gestión del agua.	Reforzar la red de monitoreo variables agrometeorológicas, nivométricas y calidad de aguas subterráneas.	Minagri (INDAP, CNR, INFOR, INIA)	SEREMI Obras Públicas (DOH, DGA, SISS, SSR), Desarrollo Social, Salud, Gobierno Regional, Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, Empresas Sanitarias, Universidades, Centros de Investigación.			X	X	X	3 estaciones de monitoreo variables meteorológicas y nivométricas y 3 estaciones monitoreo de calidad de aguas subterráneas.	Número de estaciones de monitoreo instaladas.	Informes anuales de Minagri y entidades colaboradoras.	208.528.950	FNDR, Gobierno Central, Fondo Verde para el Clima (GCF), Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCID), Fundación Chile
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.1 Implementación de tecnologías para la gestión del agua.	Consolidar información de fuentes de variables climática mediante un acuerdo de colaboración.	Seremi del Medio Ambiente							Dato consolidados en un sistema digital	Sistema instalado y disponibilizando información.	Sitio web disponible	Por definir	Por definir

A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.2	Reforzamiento de la provisión natural del agua	Catastrar áreas críticas (DEFINIR) a nivel provincial, con relación a riesgos asociados a precipitaciones intensas.	MOP	SISS						Realizar catastro de áreas críticas, consumo humano y riesgo.	Porcentaje de provincias con catastro completado de áreas críticas y degradadas	Informes de catastro de MOP y MMA.	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.2	Reforzamiento de la provisión natural del agua	Catastrar ecosistemas acuáticos continentales degradados a nivel provincial, con relación a riesgos asociados a precipitaciones intensas, y en base a información existente y a generar.	Seremi del Medio Ambiente				X	X	X	Estudio sobre sistemas acuáticos continentales degradados	N estudio =1	Por definir	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.2	Reforzamiento de la provisión natural del agua	Desarrollar e implementar un plan de protección de áreas claves para el almacenamiento y provisión de agua, considerando las áreas críticas detectadas y ecosistemas.	Seremi del Medio Ambiente			X	X	X		3 planes desarrollado (1 por provincia)	n° plan desarrollado = 3	Por definir	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.2	Reforzamiento de la provisión natural del agua	Formular y ejecutar proyectos de protección de áreas críticas y ecosistemas acuáticos degradados consideradas en los planes.	Seremi del Medio Ambiente						X	Restaurar al menos el 10% de los ecosistemas acuáticos continentales degradados (o áreas claves para el almacenamiento y la provisión del agua) identificados en Catastro previo	n° proyectos formulados; n° proyectos ejecutados; % de ecosistemas protegidos del catastro	Informes de acciones realizadas, proyectos ejecutados	Por definir	Por definir

A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.4	Fortalecimiento de la Producción Agropecuaria Adaptada al Cambio Climático		Rescatar e incorporar variedades agropecuarias localmente adaptadas a las condiciones nuevas del cambio climático y realizar cambios en cultivos a través de actividades de transferencia	Minagri (INDAP, CNR, INFOR, INIA)	Medio Ambiente, Ciencia Gobierno Regional, CORFO			X	X	X	Instalar 20 nuevas unidades productivas que han establecido especies y variedades localmente adaptadas	Número de unidades productivas instaladas al año t	Por definir	735.000.000	Programas, instrumentos y otros mecanismos de fomento sectoriales, FNDR
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)		Elaborar un mapa con áreas con riesgo de inundación, indicando necesidades de mejora de sistemas de protección de cauces y de evacuación de aguas lluvia. Incorporando soluciones basadas en la naturaleza, y priorizando la protección y recuperación los ecosistemas acuáticos que regulan el agua de precipitaciones intensas (ej., cauces, zonas riparianas y humedales), localizados en áreas pobladas (urbanas y rurales).	MOP - DGA			X				Desarrollar el mapa con áreas con riesgo de inundación.	mapa elaborado	Por definir	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)		Avances Nuevos planes maestros de aguas lluvias para áreas urbanas de la región.	MOP - DGA							4 planes actualizados ARAUCO	Plan Actualizado =4	Por definir	Por definir	Por definir

A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)	Avances planes maestros de aguas lluvias para áreas urbanas de la región, priorizando las comunas con mayor riesgo de inundación.	MOP - DGA						Avanzar en la ejecución de los Planes vigentes	Reporte de avance de Planes vigentes	Por definir	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)	Desarrollar plan maestro que considere criterios frente a los riesgos de inundación detectados para fomentar soluciones, incluyendo SbN y priorizando la protección y recuperación los ecosistemas acuáticos que regulan el agua de precipitaciones intensas (ej., cauces, zonas riparianas y humedales), localizados en áreas pobladas (urbanas y rurales) de mayor riesgo, por medio de análisis económico-técnico-social de los estudios hidráulicos.	MOP - DGA			X			1 plan maestro	plan desarrollado	Por definir	Por definir	Por definir
A1	Estrategias para Fortalecer la Capacidad de Adaptación de los Sistemas Hídricos: Monitoreo, Restauración de Ecosistemas y Gestión de Infraestructura	A1.3	Desarrollo de Obras Hidráulicas para gestionar lluvias extremas considerando drenaje urbano sustentable (Biourbanismo/ciudades esponja)	Realizar Estudio de prefactibilidad para la construcción de obras hidráulicas en áreas críticas, integrando soluciones grises y verdes. Priorizando áreas con mayor riesgo climático.	MOP - DGA	SERVIU			X	X	Desarrollar al menos 3 licitaciones de estudios de prefactibilidad	estudio prefactibilidad obras hidráulicas	Por definir	Por definir	Por definir

			mo/ciudades esponja)														
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.2	Fortalecimiento de la seguridad energética de los hogares y de infraestructura de uso comunitario		Diseñar un proyecto de electrificación rural con las metodologías del Sistema Nacional de Inversiones (SNI) (considerar foco en lo rural)	Seremi Energía	GORE - municipios					X	Diseño de al menos un proyecto de electrificación del listado priorizado.	sí/no	Por definir	Por definir	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.3	Fomentar la instalación de infraestructura verde necesaria y adecuada a cada territorio.		Elaborar y ejecutar programa de Infraestructura verde, que permita crear zonas naturales y seminaturales que proporcionen servicios ecosistémicos a través de la producción de especies para su establecimiento en base a la guía regional elaborada.	Seremi del Medio Ambiente	SEREMIS: Agricultura (CONAF), Vivienda y Urbanismo, Salud, Obras Públicas, Desarrollo Social, Medio Ambiente Gobierno Regional, Municipalidades, Dirección Meteorológica de Chile, SENAPRED			X	X	X	Programa de producción y establecimiento de infraestructura verde elaborado y ejecutado.	N° de proyectos de arbolado urbano (árboles y sistemas de riego), número de parques implementados, número de proyectos que indican redes de refugios climáticos	Informes de proyectos	Por definir	Por definir
A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.6	Establecer refugios climáticos en espacios públicos y privados		Acondicionar para funcionamiento como refugio climático los lugares identificados.	Seremi del Medio Ambiente	Gobierno Regional, Municipalidades, Dirección Meteorológica de Chile, SENAPRED			X			Acondicionar al menos 3 lugares como refugio climático	n° lugares acondicionados	Plan de Mantenimiento y participación comunitaria	Por definir	Por definir

A2	Mejora en la Infraestructura Urbana y Refugios Climáticos para la adaptación a condiciones de climas extremos	A2.6	Establecer refugios climáticos en espacios públicos y privados	Financiar infraestructuras de refugios climáticos y garantizar su acceso; en espacios públicos y privados, equipados con agua potable, energía y servicios básicos.	GORE	SUBDERE/MA		X	X	X	X	Financiar la construcción de 10 refugios	N° refugios financiados	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales		Sistemas de prevención y alerta temprana de incendios forestales	Reforzar la red de monitoreo de variables meteorológicas críticas que faciliten la anticipación del comportamiento de los incendios forestales, instalando 1 nueva estación por provincia o validación de estaciones complementarias.	Sin responsable			X	X	X	X	1 nueva estación meteorológica por provincia (3 estaciones meteorológicas) y validación de al menos 5 estaciones por provincia.	n° estaciones meteorológica instalada al año t. n° estaciones meteorológicas validadas al año t.	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales		Sistemas de prevención y alerta temprana de incendios forestales	Mega campaña comunicacional público/privada de alto impacto regional para fortalecer la comunicación de las alertas de para facilitar la evacuación de población. Deberá considerar comunicación estratégica y determinar el impacto a medir según el medio utilizado.	SENAPRED		X	X	X	X	X	Desarrollar 3 campaña anual.	n° de campaña comunicacional desarrolladas = 15	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	Fomentar la adopción de prácticas relacionadas a la reutilización y revalorización de los residuos agrícolas y forestales, manejo de zonas con abundante vegetación, por potencial propagación del fuego: Ej. medida: pastoreo selectivo para evitar quemas.	Minagri (INDAP, CNR, CONAF, INFOR, INIA)	Seremi de Medio Ambiente, Seremi de Energía, Corfo, CORMA, INFOR, Municipalidades, Red de prevención comunitaria						Desarrollar al menos 1 piloto de adopción de prácticas relacionadas a la reutilización y revalorización de los residuos agrícolas y forestales	N° de Pilotos implementados	Informes	Por definir	Programas, instrumentos y otros mecanismos de fomento sectoriales (INDAP, CONAF, INIA, FIA, SAG).

A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	Elaborar plan para restauración de paisajes donde se identifiquen las áreas claves de intervención.	Seremi del Medio Ambiente		X				Elaborar 1 plan por provincia de restauración ripariana.	Plan elaborado	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.1	Gestión del paisajes contra la propagación del fuego	* **Restaurar paisajes claves para reducción la propagación de incendios. Incorporar en los PDA de CCP y LA esté la quema preventiva. (Conaf) Comunidades preparadas. Lograr integración entre redes de prevención de incendios de corma y conaf para definir nuevas prácticas, estándares. * *	*Seremi del Medio Ambiente*			X	X	X	Restaurar al menos el 20% de las áreas identificadas en el plan de restauración ripariana.	% de áreas restauradas año t	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.3	Protección de la Infraestructura Crítica frente a incendios forestales	Identificar los riesgos de las infraestructura crítica y vulnerable por medio de un estudio regional y que incluya medidas preventivas para hacer mas resiliente la infraestructura.	GORE	COORDINACIÓN REGIONAL. - ENERGIA	X				Desarrollar un estudio que identifique la infraestructura critica y vulnerable frente a fenomenos extremos como incendios forestales y que proponga acciones preventivas de protección.	Estudio identificando infraestructura critica y proponiendo acciones preventivas.	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.3	Protección de la Infraestructura Crítica frente a incendios forestales	Realizar las actividades preventivas propuestas en el estudio para reducir los riesgos de la infraestructura crítica	CONAF	SEC - ENERGIA		X	X	X	Realizar al menos un 25% de las acciones preventivas propuesta en el estudio de infraestructura critica.	% acciones preventivas realizadas respecto a las propuestas en el plan.	Por definir	Por definir	Por definir
A3	Fortalecimiento de los Sistemas preventivos contra incendios forestales	A3.3	Protección de la Infraestructura Crítica frente a incendios forestales	Apoyar en la elaboración de Estrategias Energéticas Locales a través de actividades de transferencia, incorporando riesgos climáticos y resiliencia en instrumentos energéticos locales.	Seremi Energía						33 comunas con Estrategia Energética Local	N° comunas que cuenta con Estrategia Energética Local	por definir	Por definir	Por definir

A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.1	Administración y desarrollo integral de caletas	Considerar gestión de Coordinación entre entidades, para articulación entre planes de administración en Ley de caletas y PARCC.	Sernapesca - SUBPESCA	GORE	X	X					1 Programa	Número de Programas de Administración de Caletas elaborados	Por definir	Por definir	Por definir
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.2	Manejo de pesquerías locales y de recursos marino-costeros.	Elaborar, implementar Planes de Manejo de pesquerías locales y de recursos marino-costeros de especies objetivo incorporando mecanismos de adaptación al cambio climático	Subpesca								3 Planes	Número de Planes de Manejo de pesquerías elaborados	Por definir	Por definir	Por definir
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.2	Manejo de pesquerías locales y de recursos marino-costeros.	Implementar un sistemas de monitoreo de recursos y las condiciones del mar de medidas más continuas de las variables.	Subpesca								Sistema de monitoreo implementado.	Sistema monitoreo	Por definir	Por definir	Por definir
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.3	Planificación y zonificación del borde costero para la adaptación a los eventos extremos asociados al cambio climático.	Formular Estudio de diagnóstico y vulnerabilidad del borde costero frente al cambio climático.	GORE		X	X					1 Estudio terminado en el plazo de un año	Estudios de Diagnóstico y vulnerabilidad del borde costero frente al cambio climático formulado	Por definir	Por definir	Por definir
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.3	Planificación y zonificación del borde costero para la adaptación a los eventos extremos asociados al cambio climático.	Implementar la Zonificación de Zonas Costeras a través de las instancias de Gobernanza. INCORPORANDO ZONAS RELEVANTES PARA LA ADAPTACIÓN: DUNAS, PLAYAS, HUMEDALES COSTERIOS, MARISMAS ENTRE OTRAS.	GORE				X	X			Realizar al menos un 70% de las acciones programadas anualmente y aprobadas por la CRUBC en los dos primeros años de implementación	Porcentaje de acciones realizadas en la aplicación de la Zonificación respecto del total de acciones programas anualmente	Por definir	Por definir	Por definir

A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.4	Protección de infraestructuras asociadas al borde costero.	Elaborar un programa de infraestructura priorizada para prevención de los efectos de marejadas y aumento del nivel del mar.	SENAPRED	GORE	X	X			1 Programa terminado al fin del segundo año	Número de Programas de infraestructura para prevención de marejadas	Por definir	Por definir	FNDR
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.5	Protección de infraestructuras asociadas al borde costero.	Ejecutar INICIATIVAS de protección de infraestructura	DOP (MOP)					X	Al menos el 15% de las acciones identificadas por la DOP que hayan iniciado su DISEÑO al fin del quinto año respecto de lo programado para el periodo.	Número de acciones del programa de prevención de marejadas, identificadas por la DOP, que hayan iniciado su diseño.	Por definir	Por definir	Sectorial, FNDR
A4	Resiliencia Costera y Pesquera ante el Cambio Climático	A4.6	Protección de infraestructuras asociadas al borde costero.	Incentivar repoblamiento de algas pardas para mitigar oleaje (marejadas) en lugares vulnerables.	Subpesca	DOP					Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.1	Impulso a las Energías Renovables, energías no convencionales y tecnologías limpias.	Determinar la demanda potencial de hidrogeno verde en las industrias de la región.	CORFO	ENERGIA - GORE					un estudio que indique la demanda potencial de Hidrogeno verde por parte de las industrias de la Región.	% industrias analizadas con potencial de uso de hidrogeno verde.	Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.1	Impulso a las Energías Renovables, energías no convencionales y tecnologías limpias.	Implementar plan de acero verde	Seremi Economía						Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir

M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.1	Impulso a las Energías Renovables, energías no convencionales y tecnologías limpias.	Desarrollar un estudio de factibilidad técnico-económica-socioambiental de proyectos alineados con la hoja de ruta de hidrógeno verde regional.	CORFO	ENERGIA - GORE					Contar con estudio regional que contenga análisis técnico-económico-socioambiental de proyectos establecidos en hoja de ruta de hidrógeno verde	N° proyectos analizados que estén contenidos en la hoja de ruta.	Por definir	Por definir	Por definir	
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.2	Absorber CO2 de la atmósfera	Generar instrumentos de fomento forestal que permitan a los pequeños y medianos propietarios aumentar las hectáreas de plantaciones en la región.	Por definir	Seremi economía					Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.3	Apoyo en la Reducción de Emisiones en la Industria	Sistematización de la información energética regional disponible, para establecer brechas y oportunidades en materia de eficiencia energética regional	Seremi Energía	nueva					Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.5	Producción Agropecuaria Baja en Carbono	Fortalecer programas de capacitación a productores/as para evitar la pérdida de suelos y mejorar la productividad, logrando reducir las emisiones de gases de efecto invernadero	Minagri (INDAP, CNR, CONAF, INFOR, INIA)	Gobierno Regional, INFOR, ODEPA, FIA, CIREN, CORMA, Sociedad Nacional de Agricultura, Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático		X	X	X	X	1.200 productores capacitados	productores capacitados año t	Por definir	##### #####	FNDR, FIA, INDAP.

M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.5	Producción Agropecuaria a Baja en Carbono		Promover prácticas relacionadas a la reutilización y revalorización de los residuos agrícolas y forestales para evitar quemadas.	Minagri (INDAP, CNR, CONAF, INFOR, INIA)	Gobierno Regional, CORMA, Sociedad Nacional de Agricultura, Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático			X	X	X	(revisa Minagri)	Cantidad de unidades productivas que han recibido información sobre cómo reutilizar los residuos agrícolas y forestales	Por definir	1.500.000.000	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones		Desarrollar infraestructura para promover el uso de transporte público y transporte cero emisiones.	Seremi transporte	GORE						Por definir	Por definir	Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones		Generar proyecto de cámaras de Fiscalización automatizada en corredores de Transporte Público y Pistas Solo Bus para Gran Concepción	Seremi transporte	GORE		X	X			Por definir	Por definir	Por definir	1.200.000.000	FNDR
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones		Ejecutar Pista Solo Bus en calle San Martín entre Av. Paicaví y Galvarino	Seremi transporte	Municipalidad de Concepción	X					Por definir	Por definir	Por definir	24.000.000	Municipalidad de Concepción
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones		fomentar mejoras tecnológicas en transporte de carga que permitan disminuir Gases de efecto invernadero.	Por definir							Por definir	Por definir	Por definir	378.000.000	CORFO, Fondo Adaptación (AF), FONDO VERDE PARA EL CLIMA (GCF), GORE
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad	M1.4	Fomento al transporte bajo en emisiones		Financiamiento anual de programa Renueva Tu Micro, año 2025. 25 Buses eléctricos por año.	Seremi transporte	Gobierno Regional del Biobío	X	X	X	X	X	Por definir	Por definir	Por definir	3.000.000.000	FNDR

M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad		Aprovechamiento energía fotovoltaica para embarcaciones y buceo	Transitar hacia el uso de energía fotovoltaica en motorización de embarcaciones artesanales menores.	INDESPA	SERNAPESCA - GORE	X	X	X	X		Estudio terminado al segundo año y pruebas piloto finalizadas al cuarto año		Por definir	Por definir	Por definir
M1	Transición energética hacia energías renovables y carbono neutralidad			Transitar hacia el uso de energía fotovoltaica en motorización de sistema de buceo semi autónomo (HOOKA)	INDESPA	SERNAPESCA - GORE	X	X	X	X		Estudio terminado al segundo año y pruebas piloto finalizadas al cuarto año		Por definir	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.1	Gestión integral de residuos a nivel municipal.	Elaborar una ordenanza municipal tipo para la gestión de residuos domiciliarios (gestión sostenible de residuos y el compostaje)	Seremi del Medio Ambiente		X	X				Tener una ordenanza municipal tipo adoptada por el 80% de los municipios de la región.	Porcentaje de municipios que han adoptado la ordenanza.	Informes de adopción de la ordenanza por parte de los municipios.	Por definir	Por definir
M2	Promoción de la economía circular a diversas escalas	M2.2	Fortalecimiento, regularización y modernización tecnológica para la valoración de residuos.	Desarrollar programas de manejo de residuos, incluyendo orgánicos, en establecimientos educacionales con centrales de alimentos que incluya capacitaciones a establecimientos educacionales y organizaciones de la región	Seremi del Medio Ambiente	ARMBB	X	X	X	X	X	Identificar 50 establecimientos que posean una alta generación de residuos orgánicos declarados en los sistemas de información públicos.	número de establecimientos identificados.	Informes de identificación y evaluación.	Por definir	Por definir

T1	Educación y Capacitación para el Cambio Climático	T1.1	Educación y Sensibilización sobre el cambio climático	Ejecutar actividades de capacitación orientadas a líderes del sector privado (ej. emprendedores/as, cargos de responsabilidad en empresas) en contenidos sobre cambio climático específicamente relacionados a mitigación y adaptación.	CORFO	Seremi del Medio Ambiente, Gobierno Regional	X	X	X	X	X	Realizar actividades de difusión e intercambio de experiencias entre los beneficiarios de los programas de CORFO y aliados estratégicos (Ej. Biobío Zero)	N° de actividades realizadas	Informes	Por definir	Por definir
T1	Educación y Capacitación para el Cambio Climático	T1.1	Educación y Sensibilización sobre el cambio climático	Realizar actividades de capacitación a dirigentes del COSOC del GORE	GORE	Seremi del Medio Ambiente	X	X	X	X	X	Capacitar a todos los integrantes del COSOC	N° de actividades realizadas	Listados de asistencia	Por definir	Por definir

