



Plan de Acción Regional de Cambio Climático de Magallanes (PARCC)

Producto 1. Informe de contexto
regional de cambio climático



Plan de Acción Regional de Cambio Climático de Magallanes (PARCC)

Producto 1. Informe de contexto regional de
cambio climático

Índice

0. Abreviaturas.....	1
1. Introducción y objetivos	2
2. Metodología y alcance.....	4
3. Contexto regional de cambio climático	5
3.2. Caracterización geográfica de la región	5
Características físicas y naturales.....	5
Características demográficas, sociales y económicas	24
3.3. Análisis de las proyecciones climáticas regionales: caracterización del clima presente y proyecciones climáticas futuras.....	36
3.3.1. Análisis de las principales proyecciones y amenazas climáticas en la región de Magallanes	37
3.3. Aproximación secuencial a los principales impactos del cambio climático en la región	69
3.3.1. Metodología, estructura y alcance.....	69
3.3.2. Evidencias de cambio climático en la región de Magallanes: Vulnerabilidad, impactos y riesgos	71
4. Inventarios regionales de GEI y forzantes climáticos de vida corta.....	96
4.1. Análisis de las emisiones de GEI.....	96
4.1.1. Revisión preliminar del Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero (IRGEI)	97
4.1.2. Análisis de emisiones GEI en Magallanes	106
4.2. Inventarios de emisiones de las fuentes de carbono negro, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles de la región.....	108
4.2.1. Rol del carbono negro, SO ₂ y COV, y principales resultados	108
4.2.2. Inventarios disponibles en la región.....	109
4.2.3. Análisis de las emisiones de carbono negro, SO ₂ y COV en la región.....	110
4.2.1. Análisis de las emisiones de carbono negro, SO ₂ y COV por comuna	116
4.3. Propuesta de metodología para Dióxido de azufre y Compuestos Orgánicos Volátiles.....	118
4.3.1. Metodología genérica para estimar emisiones	118
5. Conclusiones.....	122
6. Bibliografía.....	124

Índice de Figuras

Figura 1. Alcance y aproximación metodológica del “Informe de contexto regional”.....	4
Figura 2. Localización de la región de Magallanes y límites provinciales y comunales. Elaboración propia...	6
Figura 3. Mapa geomorfológico de la región de Magallanes. Elaboración propia a partir de la información cartográfica del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS).....	8
Figura 4. Témpanos de hielo en el lago Grey y glaciar Grey al fondo. Fuente: Archivo propio (2023).....	10
Figura 5. Glaciar Tyndall desde el río Serrano. Fuente: Archivo propio (2023).....	10
Figura 6. Glaciar Balmaceda desde el fiordo Última Esperanza. Fuente: Archivo propio (2023).....	11
Figura 7. Glaciar Serrano y lago Toro. Fuente: Archivo propio (2023).....	11
Figura 8. Distribución de los Glaciares. Fuente: elaboración propia (2023).....	12
Figura 9. Retroceso glaciar Vergara. Fuente: Postales de Hielo (2022).....	14
Figura 10. Principales ríos en la región de Magallanes.	15
Figura 11. Cuencas representativas de la región de Magallanes. Fuente: Atlas Nacional del Agua 2016. ...	17
Figura 12. Cuencas hidrográficas de la región de Magallanes. Fuente: Elaboración propia.....	18
Figura 13. Mapa de humedales, turberas y lagos de la región de Magallanes. Fuente: Elaboración propia partir de los datos de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile.....	19
Figura 14. Mapa de los pisos de vegetación en la región de Magallanes.	23
Figura 15. Pirámide de población de la región de Magallanes y distribución de grandes grupos de edad...	25
Figura 16. Pirámides de población de la Antártica Chilena, Laguna Blanca, Primavera, Río Verde, San Gregorio y Timaukel.	25
Figura 17. Representación porcentual de los diferentes pueblos originarios en la región de Magallanes. Fuente: Censo 2017 (http://resultados.censo2017.cl/).....	27
Figura 18. PIB per cápita por regiones en 2021. Fuente: Observatorio del Sistema de Ciencia,.....	27
Figura 19. Número de concesiones solicitadas por año en la región de Magallanes desde 1988 a 2018 y número de concesiones otorgadas. Fuente: modificado por IDEAL (2019) desde Peña y Lillo (2019). .	30
Figura 20. Individualización de las concesiones de acuicultura por tipo. Fuente: Subpesca.....	31
Figura 21. Industrias energéticas, forestales y mineras y explotaciones pesqueras. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente.....	32
Figura 22. Gasto en I+D respecto al PIB en 2021 por regiones. Fuente: Observatorio del Sistema de Ciencia,.....	33
Figura 23. Matriz de Bienestar Humano Territorial (dimensión socioeconómica) en la región de Magallanes.	34
Figura 24. Tipos de energía y combustibles empleados en los hogares en 2015.	35
Figura 25. Tipos climáticos de Magallanes, basado en la clasificación de W. Köppen.	39
Figura 26. Influencia de El Niño y La Niña en el régimen de precipitaciones y en la temperatura. los tonos amarillos indican que el fenómeno genera una tendencia seca o cálida, los celestes una más húmeda o fría y los verdes una mezclada, que se invierte con las estaciones. Fuente: Mett Office (El Niño Southern Oscillation (ENSO) region sea surface temperature forecasts, 2023).....	42
Figura 27. Precipitación acumulada anual en sitios de monitoreo de la DGA y la DMC en la Región de Las Magallanes. El tamaño y color del círculo indica el promedio la precipitación acumulada en el año, utilizado los datos disponibles en el periodo 1940 a 2023. En la parte inferior se muestra la precipitación acumulada mensual y anual para la estación del aeropuerto de Punta Arenas. Fuente: Explorador Climático (https://explorador.cr2.cl/).....	43
Figura 28. Promedio anual de la temperatura máxima y mínima en la estación del aeropuerto de Punta Arenas. La línea segmentada representa la tendencia desde el año 1970 hasta el presente.....	44
Figura 29. Cambio precipitación acumulada anual (%). Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (2022).....	46
Figura 30. Cambio precipitación acumulada anual (%) por trimestres. Fuente: ARClim.....	47
Figura 31. Escenario precipitación acumulada histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClim.....	48

Figura 32. Lluvia máxima diaria (mm). Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2022)	50
Figura 33. Cambio de lluvia máxima diaria por trimestre. Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím..	51
Figura 34. Escenario lluvia máxima diaria histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClím	52
Figura 35. Cambio de temperatura media anual (°C). Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2022)	54
Figura 36. Cambio temperatura media trimestral en Magallanes (°C). Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím.....	56
Figura 37. Escenario temperatura media histórico y futuro por trimestre (°C). Fuente: ARClím	56
Figura 38. Promedio de las temperaturas máximas anuales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas anuales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím´	58
Figura 39. Promedio de las temperaturas máximas invernales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas invernales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím	59
Figura 40. Promedio de las temperaturas máximas estivales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas estivales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím	59
Figura 41. Promedio de las temperaturas mínimas anuales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas anuales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím	60
Figura 42. Promedio de las temperaturas mínimas invernales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas invernales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím	60
Figura 43. Promedio de las temperaturas mínimas estivales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas estivales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.	61
Figura 44. Cambio porcentual de nieve acumulada (%) para el periodo futuro.	62
Figura 45. Cambio nieve acumulada por trimestre. Fuente: ARClím	63
Figura 46. Escenario nieve acumulada histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClím	64
Figura 47. Número de días de hielo en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del número de días de hielo en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.	65
Figura 48. Número de días fríos en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del número de días fríos en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.	66
Figura 49. Viento máximo diario (m/s) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del viento máximo (m/s) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.	66
Figura 50. Variación media de oleaje, nivel medio del mar y temperatura superficial del agua de mar para el año 2040 en Magallanes. Fuente: CEPAL	67
Figura 51. Variación de la cota de inundación y la operatividad portuaria para el año 2040 en Magallanes. Fuente: CEPAL	68
Figura 52. Esquema metodológico para la identificación de impactos	70
Figura 53. Balance de GEI por sector en 2020 - Región Magallanes. Fuente: Elaboración propia con base al MMA (2022).....	98
Figura 54. Emisiones GEI por fuente del sector energía 2020. Fuente: Elaboración propia en base al MMA (2022).....	99
Figura 55. Consumo energético por tipo de transporte (Tcal), año 2018. Fuente: Informe de Deuman con base en CNE, (2019).....	99
Figura 56. Evolución del parque automotriz durante el periodo 2016-2021. Fuente: Informe Deuman con base INE, (2022).....	100
Figura 57. Distribución de las emisiones GEI del sector transporte por cada subsector, año 2020.	100
Figura 58. Emisiones GEI por tipo de vehículo para el año 2020. Fuente: Elaboración propia con base en MMA, (2022).....	101
Figura 59. Emisiones GEI del sector IPPU (2020). Fuente: Elaboración propia en base MMA (2022).....	102

Figura 60. Principales emisiones GEI del subsector agricultura por categoría, año 2020.....	103
Figura 61. Emisiones GEI por tipo de ganado, año 2020. Fuente: Elaboración propia con base en MMA, (2022)	103
Figura 62. Emisiones GEI y absorciones sector AFOLU, año 2020. Fuente: Elaboración propia en base al MMA, (2022).....	104
Figura 63. Generación de RSD por comuna de Magallanes en 2017. Fuente: Informe Deuman en base al Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables.	105
Figura 64. Distribución de la generación de residuos industriales por rubro económico en Magallanes. 2017. Fuente: Informe Deuman en base al RECT – SINADER	105
Figura 65. Distribución de las emisiones de GEI por subsector Residuos en 2020.	106
Figura 66. Principales emisiones GEI por fuente en 2020. Fuente: Elaboración propia con base a MMA, (2022)	107
Figura 67. Localización de las principales fuentes de emisiones GEI. Fuente: Informe Deuman con base en Methanex, (2022); ENAP, (2022) y CNE, (2022)	108
Figura 68. Serie de tiempo de las emisiones de carbono negro durante el periodo 1990-2020 desagregadas por sector, Región de Magallanes.....	111
Figura 69. Emisiones de carbono negro del sector energía para el año 2020, Región de Magallanes	111
Figura 70. Distribución de emisiones de COV (derecha) y SO ₂ (izquierda) totales, considerando las emisiones provenientes de fuentes difusas para el 2020, Región de Magallanes.....	113
Figura 71. Emisiones de COV y SO ₂ totales, por sector año 2020, Región de Magallanes	113
Figura 72. Emisiones de COV (derecha) y SO ₂ (izquierda) totales provenientes de fuentes difusas, para el periodo 2020, Región de Magallanes.....	114
Figura 73. Evolución de las emisiones de COV por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes	115
Figura 74. Evolución de las emisiones de SO ₂ por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes	115
Figura 75. Evolución de las emisiones de COV por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes	116
Figura 76. Evolución de las emisiones de SO ₂ por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes	116

Índice de tablas

Tabla 1. División administrativa de la región de Magallanes. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)	6
Tabla 2. Clasificación de glaciares. Fuente: Cartografía de la Dirección General de Aguas en IDE (2020)	9
Tabla 3. Distribución de glaciares por cuenca. Fuente: Cartografía de la Dirección General de Aguas en IDE (2020).....	13
Tabla 4. Cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) a nivel regional. Fuente: Atlas del Agua 2016 (DGA, 2015).....	17
Tabla 5. Cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) a nivel regional. Fuente: Inventario Nacional de Humedales (https://simbio.mma.gob.cl/Humedales/).....	21
Tabla 6. Pisos vegetacionales según Luebert y Pliscoff (2017).	22
Tabla 7. Datos de población por comunas. Fuente: elaboración propia a partir del Censo de 2017 (http://resultados.censo2017.cl/)	24
Tabla 8. PIB por actividad económica en la Región de Magallanes en 2019	28
Tabla 9. Población ocupada por rama de actividad económica en promedio para 2022.	29
Tabla 10. Componentes del clima analizados en el presente informe. Fuente: elaboración propia	37

Tabla 11. Cuadro comparativo precipitación acumulada anual por comuna. Fuente: ARClím.....	46
Tabla 12. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en diciembre-enero-febrero.	48
Tabla 13. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en marzo-abril-mayo.....	49
Tabla 14. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en junio-julio-agosto.....	49
Tabla 15. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en septiembre-octubre- noviembre.	49
Tabla 16. Cuadro comparativo lluvia máxima diaria anual por comuna. Fuente: ARClím.....	51
Tabla 17. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en diciembre-enero-febrero.	53
Tabla 18. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en marzo-abril-mayo.....	53
Tabla 19. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en junio-julio-agosto.	53
Tabla 20. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en septiembre-octubre-noviembre.	53
Tabla 21. Cuadro comparativo temperatura media anual por comuna. Fuente: ARClím.....	55
Tabla 22. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en diciembre-enero-febrero.	57
Tabla 23. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en marzo-abril-mayo. Fuente: ARClím	57
Tabla 24. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en junio-julio-agosto. Fuente: ARClím	57
Tabla 25. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en septiembre-octubre-noviembre.	58
Tabla 26. Cuadro comparativo nieve acumulada anual por comuna. Fuente: ARClím.....	62
Tabla 27. Estructura y organización para el análisis de las evidencias regionales del cambio climático. Fuente: elaboración propia.....	70
Tabla 28. Síntesis de las principales evidencias de los cambios del clima en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia.....	74
Tabla 29. Número de incendios y superficie afectada (ha) en Magallanes en los últimos años. Fuente: CONAF (https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia- diaria/).....	76
Tabla 30. Síntesis de principales fenómenos meteorológicos extremos en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia.....	77
Tabla 31. Evolución del periodo de retorno de 50 años de altura significativa de ola en varios puntos de estudio.	84
Tabla 32. Tasa de variación media anual de estaciones mareográficas en Chile. Fuente: López, 2010.....	84
Tabla 33. Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia.....	88
Tabla 34. Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia.....	95
Tabla 35. Reclassificación de los sectores económicos del RETC, de acuerdo con la clasificación del IPCC. .	112
Tabla 36. Distribución de las emisiones de COV por comuna para el año 2020, Región de Magallanes	117
Tabla 37. Distribución de las emisiones de SO ₂ por comuna para el año 2020, Región de Magallanes	118

Por favor, tenga en consideración el medio ambiente antes de imprimir este documento

0. Abreviaturas

ACS	Agua Caliente Sanitaria
AFOLU	Agricultura, Ganadería, Forestación y otros Usos del Suelo (siglas en inglés)
ARClim	Atlas de Riesgos Climáticos para Chile
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CHPS - CHS	Campo de Hielo Patagónico Sur – Campo de Hielo Sur
CN	Carbono Negro
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CORECC	Comités Regionales de Cambio Climático
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
DGA	Dirección General de Aguas
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
EBCT	Empresas de Base Científico-Tecnológica
EEA	European Environmental Agency
EMEP	Environmental Monitoring Evaluation Programme
FANS	Incremento de florecimientos algales nocivos
FIAPP	Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLOF	Glacial Lake Outburst Flood
ICU	Isla de Calor Urbana
IDLOF	Ice-Dammed Lake Outburst Flood
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
IPPU	Sector Procesos Industriales y Uso del Producto
IRGEI	Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero
LMCC	Ley Marco de Cambio Climático (PLMCC)
MBHT	Matriz de Bienestar Humano Territorial
MMA	Ministerio del Medio Ambiente de Chile
MP2.5	Material Particulado de diámetro 2,5 micras
NMM	Nivel Medio del Mar
OCC	Observatorio de Cambio Climático
PARCC	Plan de Acción Regional de Cambio Climático de Chile
PIB	Producto Interior Bruto
RECT	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
RSD	Residuos Sólidos Domiciliarios
SAM	Modo Anular Sur
SIG	Sistema de Información Geográfica
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

1. Introducción y objetivos

Marco general

La *Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas (FIIAPP)* participa en el programa **EUROCLIMA+** basado en la cooperación delegada de la Unión Europea sobre sostenibilidad ambiental y cambio climático con América Latina, con el objetivo es reducir el impacto del cambio climático y sus efectos en América Latina promoviendo la mitigación y adaptación al cambio climático, la resiliencia y la inversión. Bajo este marco se desarrolla el presente *Plan de Acción Regional de Cambio Climático en la región de Magallanes* que constituye la “*línea de acción nº 1: Políticas, planes e instituciones vinculadas al clima*”, con el objetivo de apoyar al Gobierno de Chile en la realización de las cuatro acciones que conforman el **Plan de Acción País Chile - EUROCLIMA+**:

Plan de Acción País Chile - EUROCLIMA+
1 – Desarrollo de dos Planes de Acción Regionales de Cambio Climático (PARCC) correspondientes a las regiones de Antofagasta y Magallanes
2 – Diseño de medidas de implementación de Hidrógeno Verde (HV) para contemplar en dichos PARCC
3 – Identificación e incorporación de instrumentos de financiación para ejecutar las acciones de los PARCC
4 – Mejora de la información climática de la plataforma ARClím e inclusión de nuevas fuentes de información

En este contexto, se celebró el “*Taller N°1 regional Diálogo País Chile, Región de Magallanes*” como la acción de lanzamiento que daba inicio al proceso de elaboración del *Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) de la Región de Magallanes*.

Los principales objetivos de este Taller fueron los siguientes:

- Identificar los principales desafíos de adaptación que presenta el cambio climático para la región.
- Identificar las vulnerabilidades que presentan los impactos del cambio climático para la región
- Identificar las oportunidades de reducción de GEI que posee la región
- Identificar la capacidad de adaptación que tiene la región para hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático en la región.
- Presentar la hoja de ruta del proceso de elaboración del PARCC.

Todos los resultados de este Taller se han tomado en consideración en la elaboración de este **Producto 1. Informe de Contexto Regional de Cambio Climático en la región de Magallanes**.

Objetivos y contenidos

El principal objetivo de este Producto es elaborar un informe sobre el [contexto de cambio climático en la región de Magallanes](#) a partir de una revisión de los principales impactos ambientales, sociales y económicos del cambio climático que ya se han evidenciado en la región.

Para ello se realiza en primer lugar una aproximación a las principales características geográficas de la región, tanto desde el punto de vista físico, abordando la descripción del clima, el relieve, la hidrografía y los principales recursos naturales y elementos biofísicos, como desde el punto de vista de la geografía humana, como por ejemplo los principales sectores productivos y económicos en la región, las características demográficas y otros indicadores sociales. En definitiva, una caracterización para dilucidar cuales son los elementos físicos y humanos presentes de la región, para poder apreciar su exposición y vulnerabilidad general de la región al cambio climático.

En segundo lugar, se aborda el análisis de las proyecciones del clima a escala regional, tanto para el clima presente o de referencia (periodo 1980-2010) como para las proyecciones climáticas futuras (2035-2065), a partir de los datos del *Atlas de Riesgos Climáticos para Chile (ARClm)*. El objetivo es establecer un contexto adecuado para la formulación de un Plan de Acción Regional del Cambio Climático (PARCC), coherente y riguroso con las hipótesis formuladas respecto al cambio del clima a una escala territorial detallada, para la toma de decisiones que ayuden a llevar a cabo un proceso de adaptación efectivo de los principales sectores y sistemas sociales, ambientales y productivos, evitando o minimizando la vulnerabilidad y los impactos sobre los mismos.

En tercer lugar, se elabora una detallada aproximación a los principales impactos del cambio climático en la región, a partir de una profunda revisión bibliográfica basada en la información científica existente a escala regional y subregional. El objetivo es definir una base de las evidencias del cambio climático y sus impactos sobre distintos sectores sociales, económicos y ambientales

Por último, se establece el contexto regional y sectorial de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), incluyendo un análisis de los forzantes climáticos de vida corta, tales como carbono negro, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles.

2. Metodología y alcance

En la siguiente figura se muestra el alcance y aproximación metodológica del presente informe:

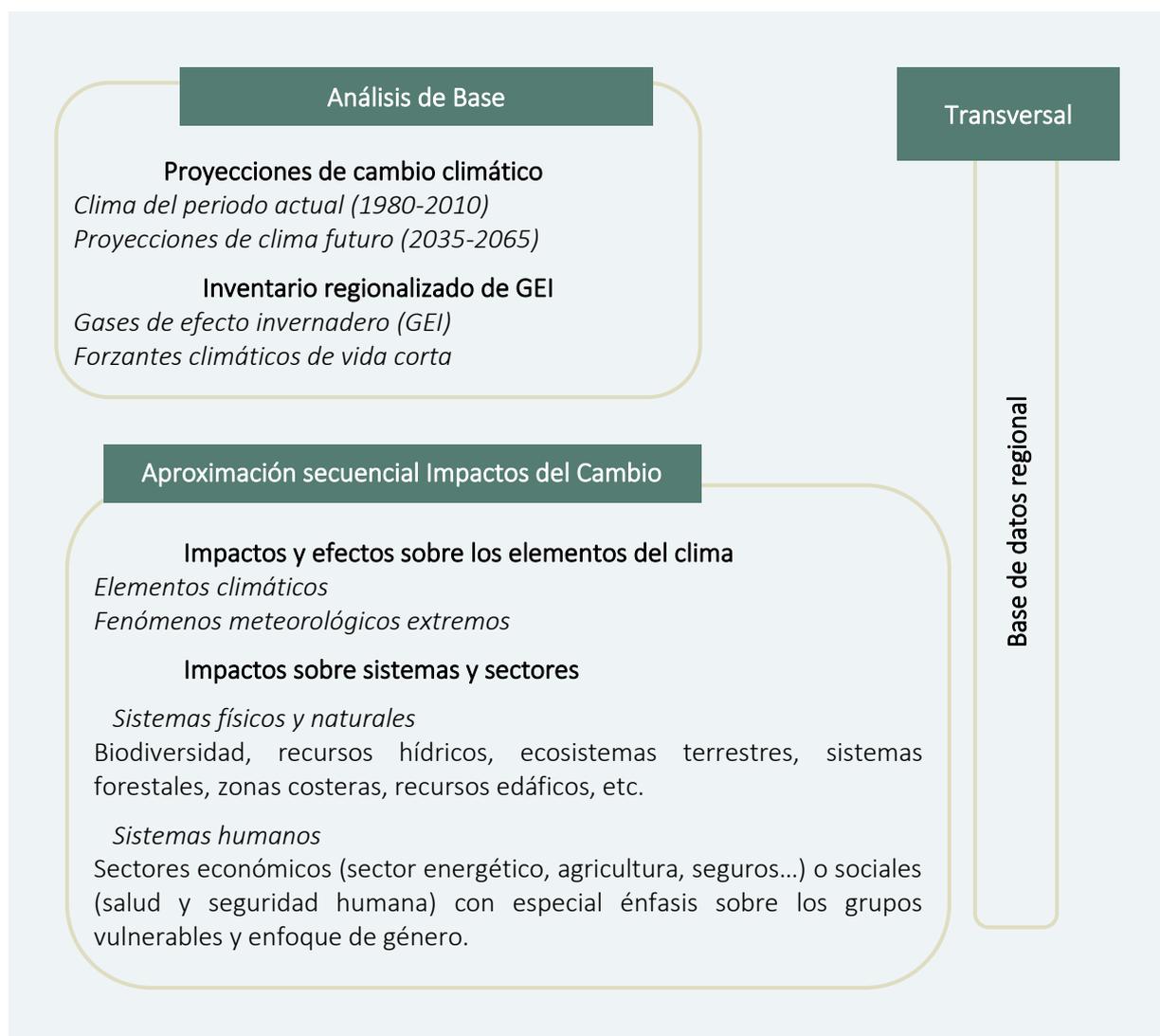


Figura 1. Alcance y aproximación metodológica del “Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes”

En cada uno de los apartados correspondientes a los contenidos descritos en la figura se describirán en detalle las fuentes de datos empleadas, así como el enfoque metodológico llevado a cabo.

3. Contexto regional de cambio climático

3.2. Caracterización geográfica de la región

En este apartado se realiza una caracterización de la Región de Magallanes, tanto desde la perspectiva de la geografía física y los elementos naturales, como desde el punto de vista humano. Se trata de aspectos relevantes y, en cierta manera determinantes, para los análisis posteriores en materia de vulnerabilidad e impactos frente al cambio climático, pero también para la reducción de las emisiones y el establecimiento del potencial de mitigación de la región.

Características físicas y naturales

Los principales rasgos naturales y geográficos de Magallanes forman un territorio cuya valor principal es que sea una de las regiones mejor conservadas del planeta (Mittermeier et al. 2002). La presencia de los hielos cuaternarios, el modelado sobre las tierras de la región, los diferentes procesos de glaciación acaecidos en el Cuaternario, y su posición remota y alejada de la intervención humana son algunos de los factores que inciden en la extraordinaria conservación de hábitats y ecosistemas. Algunos datos corroboran esta afirmación, tales como que más del 70 % de su cobertura vegetal nativa se conserva, incluye una extensa área geográfica, superior a los 10.000 km², de hábitats nativos no fragmentados, y posee una de las menores densidades poblacionales en zonas templadas a nivel mundial (Mansilla et al., 2012). Además, presenta peculiaridades únicas como que en sus tierras crecen los bosques más australes del planeta, extendiéndose hasta el Cabo de Hornos. Por otra parte, los obstáculos orográficos como la Cordillera de los Andes, así como las condiciones climáticas influenciadas por el Océano Atlántico y el Pacífico, la topografía y la localización geográfica, aíslan al bioma de los bosques templados del sudoeste de Sudamérica, generando unos elevados niveles de endemismos.

Entre los elementos de gran valor natural son las vastas extensiones de hielos continentales y glaciares, puesto que en la región se encuentran los Campos de Hielo Patagónico Norte y Sur y los numerosos glaciares de la Cordillera Darwin y archipiélagos aledaños (Porter & Santana 2003). Y es que los glaciares y masas de hielo continental representan importantes reservas de agua dulce, pero también son un excelente laboratorio y campo de investigación para el estudio del cambio climático.

En definitiva, todos los rasgos y elementos físicos que conforman la región de Magallanes otorgan un elevado valor natural a estas tierras australes, que es necesario abordar con esmero para delinear un análisis adecuado de los impactos del cambio climático en la región.

Localización y principales datos geográficos

La Región de Magallanes se localiza en el extremo sur de Chile y se extiende por los territorios sudamericano y antártico. Es la región más grande del país, abarcando su superficie 132.297 km². Se divide administrativamente en 4 provincias – *Antártica Chilena, Magallanes, Tierra del Fuego y Última Esperanza*– que, a su vez, se dividen en 11 comunas. La capital regional es la ciudad de *Punta Arenas*.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

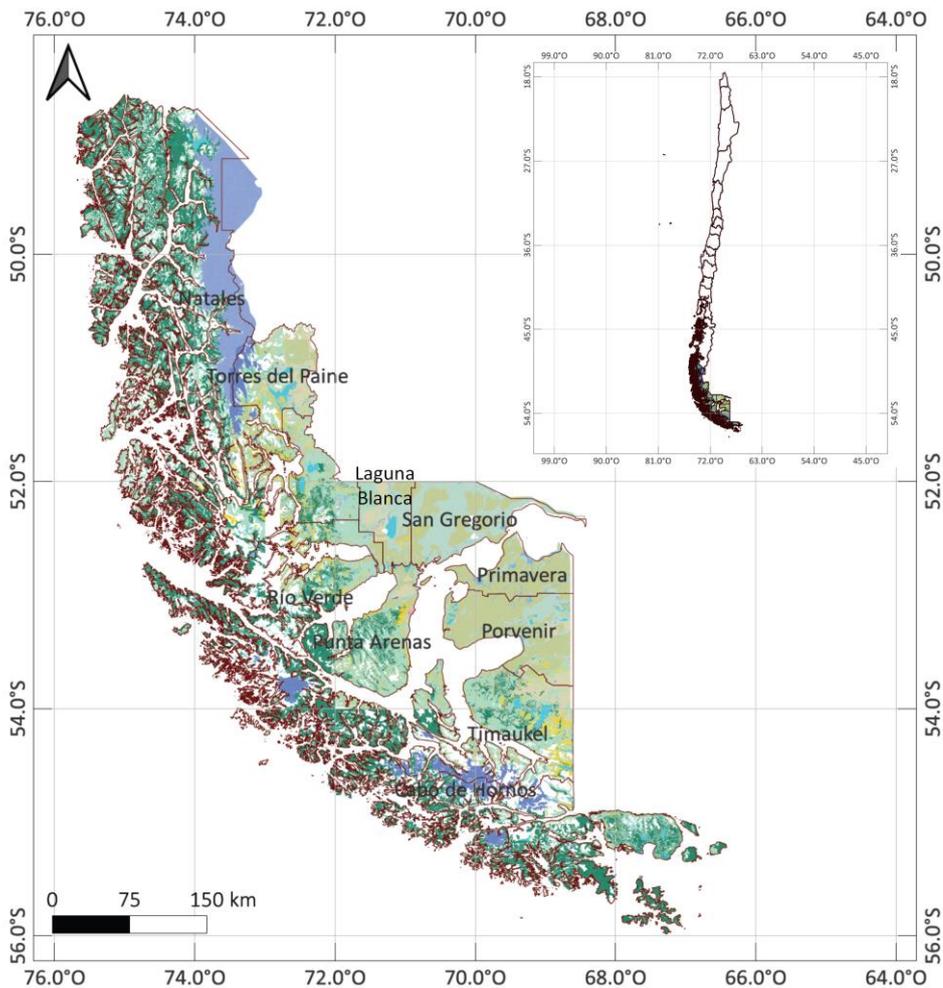


Figura 2. Localización de la región de Magallanes y límites provinciales y comunales. Elaboración propia a partir de los datos de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile

Los nombres de las comunas de las cuatro provincias se recogen en la siguiente tabla:

Comunas de la región de Magallanes y la Antártica Chilena		
Provincia	Capital	Comuna
Antártica Chilena	Puerto Williams	Antártica
		Cabo de Hornos
Magallanes	Punta Arenas	Laguna Blanca
		Punta Arenas
		Río Verde
		San Gregorio
Tierra del Fuego	Porvenir	Porvenir
		Primavera
		Timaukel
Última Esperanza	Puerto Natales	Natales
		Torres del Paine

Tabla 1. División administrativa de la región de Magallanes. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Ubicada en la Patagonia chilena, limita al norte con la Región de Aysén, al noreste con la provincia argentina de Santa Cruz, al este con el océano Atlántico y la provincia argentina de Tierra del Fuego,

Antártida e Islas del Atlántico Sur, al sur con el *polo sur* o con el *pasaje de Drake* —si se trata de los territorios bajo soberanía efectiva— y al oeste con el *océano Pacífico*.

Desde el punto de vista geográfico, el relieve y la geomorfología van a determinar la presencia de unidades geográficas diferenciadas que pueden dividirse en cuatro grandes sistemas físicos (Arenas Vásquez et al., 2019): *Sistema Archipelágico*, una unidad de tipo insular que recorre toda la región de norte a sur, conformado por un sistema de islas y canales separados del continente por una serie de estrechos; el *Sistema Patagónico Occidental*, adyacente al anterior y constituido por canales, senos y fiordos y por la Cordillera Patagónica Occidental, destacando los extensos campos de hielo y ventisqueros que provocan una inaccesibilidad importante con la región de Aysén; a continuación, se desarrolla una unidad geográfica de similares características, el *Sistema Subandino Oriental*, paralelo al anterior, pero con unas condiciones topográficas y climáticas menos extremas, lo que ha favorecido la existencia de ciudades y fijación de población, como es el caso de la ciudad de Puerto Natales; la cuarta unidad corresponde a la *Pampa Magallánica*, que se extiende por gran parte del territorio regional a ambos lados del Estrecho de Magallanes y se caracteriza por una topografía plana, o de suaves ondulaciones y pequeños cordones de escasa altura en la que se localizan los principales asentamientos de población.

Relieve

Las unidades geográficas o grandes sistemas físicos descritos son un reflejo del relieve, que al mismo tiempo van a determinar los principales tipos de clima existentes en la región y, por tanto, los cambios climáticos proyectados. De manera general, el paisaje es fruto del avance y retroceso de distintos glaciares desde el Pleistoceno. Según el sitio web de la *Biblioteca Nacional Chilena*, las grandes unidades geomorfológicas, de oeste a este, que pueden apreciarse en la zona son:

Patagonia Oriental Trasandina o Pampa Magallánica

De relieve plano con una altura promedio de 500 msnm (en adelante m), además de un clima de bajas temperaturas y escasas precipitaciones, caracterizada por vientos secos provenientes de Oriente. Predomina la estepa fría subandina de hierbas y pastos duros, debido a precipitaciones entre 200 y 400 mm y temperaturas promedio de 6 °C, de ahí que también sea conocida como *Meseta Oriental Trasandina* y *Estepa Fría Magallánica*. Desde su límite norte, la *Patagonia Chilena* se extiende desde la *Cordillera Dorotea*, interrumpida en su parte central por el *Estrecho de Magallanes* y continuando en *Isla Grande de Tierra del Fuego*, donde se encuentran las bahías de *Inútil*, *Felipe* y *Lomas*; hasta el *seno Almirantazgo* en el contacto con la *Cordillera de Darwin*.

Cordillera de los Andes Patagónicos

Coincide con las unidades geográficas del Sistema Patagónico Occidental y Sistema Subandino Oriental, por lo que incluye desde el *Campo de Hielo Sur* hasta la *Cordillera Darwin*. Presenta las mayores altitudes de la región, superiores a 2.000 m, con cumbres reconocidas mundialmente como el cerro *Fitz-Roy* de 3.340 m en el límite norte; la *Cordillera del Paine* a 3.000 m, el *cerro Bolador* de 2.940 m o el *cerro Cervantes* de 2.380 m. En la zona septentrional se encuentra el *Campo de Hielo Sur*. En su parte central, coincidente con el Sistema Subandino Oriental, la cordillera presenta menores alturas (1.500 m) debido a la erosión glaciaria. Al sur del *estrecho de Magallanes* la cordillera cambia de rumbo a suroriente y las alturas vuelven a cotas elevadas, por encima de los 2.000 m, terminando en la *Cordillera de Darwin*, con picos

como el *cerro Sarmiento de Gamboa* a 2.300 m, *Italia* de 2.350 m y *Darwin* con 2.438 m. Esta unidad geomorfológica concluye en los *canales Ballenero y Beagle*, formando parte de esta las islas *Hoste y Navarino* en su parte más meridional.

El clima es frío de altura con temperaturas bajo cero todo el año y precipitaciones anuales de 2.000 mm. La vegetación del lugar es escasa debido a la altura, las nieves permanentes y existencia de glaciares.

Cordillera Occidental Archipiélica

Se trata de la unidad geográfica descrita como Sistema Archipelágico y se caracteriza geomorfológicamente por ser una zona fragmentada que forma archipiélagos e islas de hasta 1.000 m de altura y se extiende desde el límite norte de la región hasta la *isla del Cabo de Hornos* y la separan del continente los canales *Paso del Indio, Paso Ancho, Sarmiento, estrecho de Magallanes* y los canales *Cockburn, Ballenero y Beagle*. En este lugar el clima es frío, húmedo y lluvioso, presentando precipitaciones de 3.500 mm anuales. Sus temperaturas son bajas y se dan vientos fuertes. En general, las precipitaciones disminuyen y las temperaturas aumentan de Occidente a Oriente. Aquí se desarrolla el bosque magallánico, denso y húmedo.

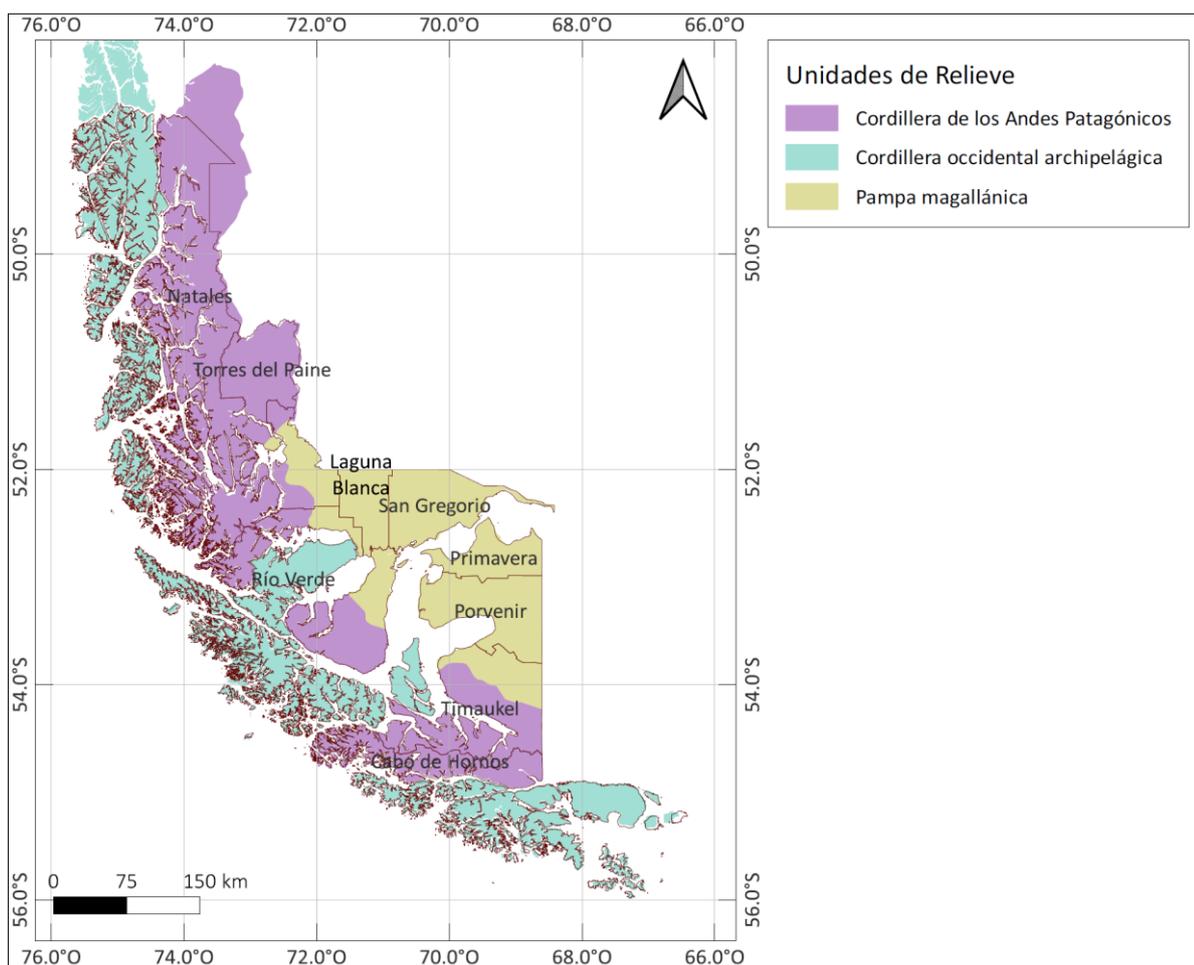


Figura 3. Mapa geomorfológico de la región de Magallanes. Elaboración propia a partir de la información cartográfica del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)¹

¹ Disponible en: <http://datos.cedeus.cl/>

Glaciares

Tanto por la importante presencia que tienen los glaciares en la región, como por la amenaza que supone el cambio climático para su permanencia, que a su vez puede tener serias consecuencias y daños irreparables sobre otros elementos físicos y sistemas, es fundamental realizar una profusa y detallada caracterización de este elemento tan relevante de la geomorfología regional.

Los glaciares en Chile abarcan el 80 % de la superficie total de los glaciares de Sudamérica, extendiéndose por una superficie de unos 23.000 km². El 89,4 % se encuentran en *Patagonia y Tierra del Fuego* (IDEAL, 2019). Por otra parte, el Campo de Hielo Sur es el segundo campo de hielo extrapolar contiguo más grande del mundo, extendiéndose sobre unos 350 kilómetros con un área de 12.363 km², de los cuales aproximadamente 9.700 km² se encuentran en Chile (Fundación Aquae, 2021). La masa de hielo alimenta decenas de glaciares de la zona, entre los que destacan el Glaciar Pío XI o Glaciar Bruggen (1.265 km², la mayor en área y más larga del hemisferio sur fuera de la Antártida), O'Higgins (820 km²), Grey (270 km²) y Tyndall (331 km²). Los glaciares que van hacia el oeste desembocan en los fiordos de los canales patagónicos del Océano Pacífico.

Gracias a las características geográficas y climáticas de la región, existen diversos tipos de glaciares que suman un total de 10.427 km² de superficie y que constituyen 1.508 km³ de volumen. De acuerdo con la información obtenida de la DGA (2022), los glaciares efluentes concentran la mayor superficie y volumen de la región. Por otra parte, las cuencas costeras entre límite de la región y *Seno Andrew* registran la mayor suma de área y de volumen de la zona, sin embargo, es en la cuenca de *Tierra del Fuego* donde existe un mayor número de glaciares.

Clasificación	Suma del Área (km ²)	Suma del Volumen (km ³)	Cantidad de glaciares	Promedio Altura Media (m)	Promedio de la Pendiente (%)
Glaciar de montaña	1.692,33	68,00	1.393	926,22	23,66
Glaciar de valle	713,16	50,16	107	938,08	20,03
Glaciar efluente	7.742,71	1.386,41	163	1.119,71	17,41
Glaciar rocoso	7,16	0,11	84	962,87	20,60
Glaciarete	271,24	3,35	5.309	927,44	25,08
TOTAL	10.426,60	1.508,04	7.056	932,23	24,49

Tabla 2. Clasificación de glaciares. Fuente: Cartografía de la Dirección General de Aguas en IDE (2020)

A continuación, se muestra un mapa y una relación de los principales glaciares en la región de Magallanes y la Antártica Chilena, con los datos más relevantes y principales cambios en las últimas décadas (Andrés Rivera, www.glaciologia.cl):

- *Glaciar Témpanos*: ubicado en el extremo noroeste del CHS.
- *Glaciar Pío XI*: es el más grande del Campo de Hielo Sur y de Chile, con 1.304 km² de superficie (Rivera, 2018). Sus frentes Norte y Sur han estado avanzando en forma semi-ininterrumpida desde mediados de la década de 1950. Entre el 2018 y 2020 su frente Sur está en una posición máxima histórica, formando en su frente sur una prominente morrena de empuje (Rivera et al., 2021).
- *Glaciar Dyckson*: está ubicado en la frontera de Chile y Argentina, en parte dentro del Parque Nacional Torres del Paine de Chile y del Parque Nacional los Glaciares de Argentina. Presenta un

fuerte retroceso durante el presente siglo. El adelgazamiento evidenciado en la zona es bastante significativo (-2.5 a -8 m/año), aunque en los últimos años el frente ha mostrado cierta estabilidad, en parte debido a la aparición de rocas en la base del frente principal.

- *Glaciar Olvidado*: se localiza en el noreste del CHS y muestra retroceso desde 1998, con una variación de -19,2 km² entre 2011 y 2014.
- *Glaciar Grey*: se localiza en la parte occidental del parque nacional Torres del Paine y presenta masa de hielo de 6 kilómetros de ancho y más de 30 metros de altura dividido en dos frentes. Se encuentra en retroceso y recientemente tuvo un gran desprendimiento.



Figura 4. Témpanos de hielo en el lago Grey y glaciar Grey al fondo. Fuente: Archivo propio (2023)

- *Glaciar Amalia*: es uno de los más grandes del Campo de Hielo Sur y su frente desprende témpanos en el fiordo Amalia. En el margen sur de su lengua terminal está ubicado el volcán Reclus. Se encuentra en retroceso.
- *Glaciar Pyngo*: ubicado entre el glaciar Zapata al oeste y el Grey al este, se encuentra en retroceso.
- *Glaciar Tyndall*: ubicado en el P.N. Torres del Paine, tiene dos frentes, el principal de ellos está sobre el lago Geike. Ha retrocedido significativamente los últimos años.

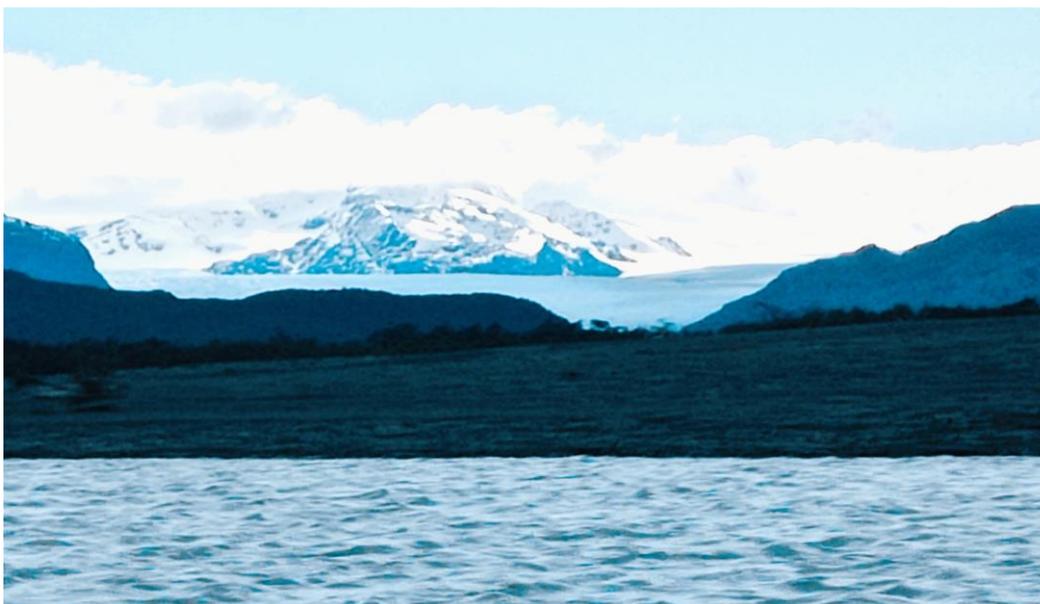


Figura 5. Glaciar Tyndall desde el río Serrano. Fuente: Archivo propio (2023)

- *Glaciar Serrano*: se localiza en la zona meridional del CHS formando parte del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, terminando en el lago Toro.



Figura 6. *Glaciar Balmaceda desde el fiordo Última Esperanza. Fuente: Archivo propio (2023)*

- *Glaciar Balmaceda*: ubicado en el extremo sur del CHS, dentro del parque Nacional Bernardo O'Higgins. Su área en 1945 era de aproximadamente 88 km² de superficie. En la actualidad sólo llega a 61 km² distribuidos en 3 cuerpos de hielo.

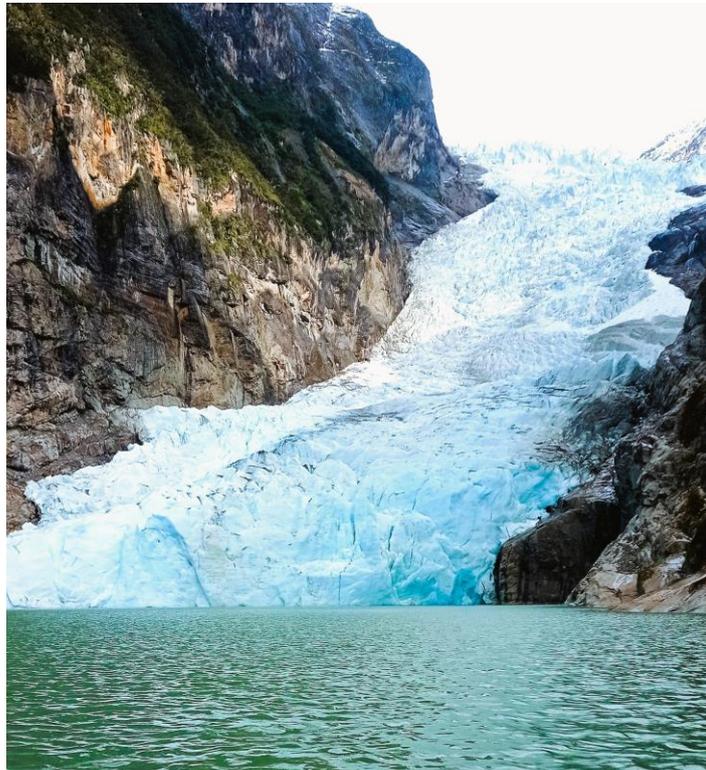


Figura 7. *Glaciar Serrano y lago Toro. Fuente: Archivo propio (2023)*

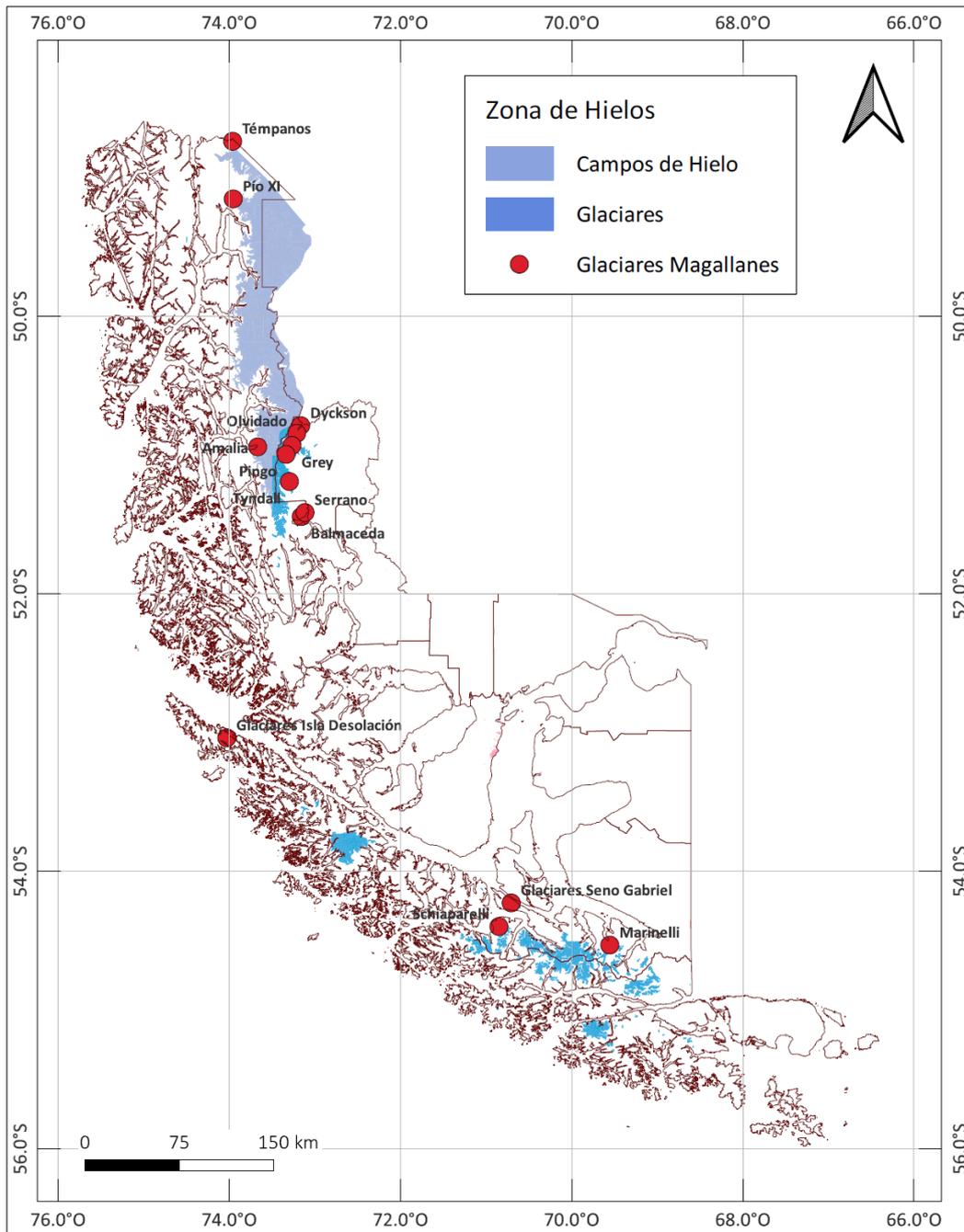


Figura 8. Distribución de los Glaciares. Fuente: elaboración propia (2023)

- *Glaciares de la Isla de Santa Inés:* los glaciares Beatriz y Alejandro están ubicados en esta Isla que forma parte del archipiélago de Tierra del Fuego, en la comuna de Punta Arenas. Se encuentran en retroceso.
- *Glaciar Schiaparelli:* es uno de los cuerpos de hielo principales que descienden del Monte Sarmiento (2300 m), habiéndose constatado su retroceso.
- *Glaciar Marinelli:* se encuentra en la vertiente norte de la Cordillera Darwin, habiendo perdido un importante volumen de hielo en el último siglo.

- *Glaciar Luis de Saboya en el Fiordo Parry:* al sur del anterior, también en la Cordillera Darwin y en retroceso.
- *Otros glaciares de la Cordillera Darwin:* numerosos glaciares se encuentran en la Cordillera Darwin además de los dos citados, presentando comportamientos contrastados; mientras que el glaciar Marinelli presenta uno de los retrocesos más intensos, otros glaciares como Garibaldi y Parry, en el margen sur, presentan avances recientes.
- *Glaciares de la Isla Hoste:* En la Isla Hoste (Mercer, 1967) y adyacentes existen 631 glaciares con 409.5 km² de hielo, destacándose los de la Península Cloue con 212.3 km² y los de la Península Rous con 18.74 km² (Bown et al., 2014).

Por otra parte, resulta interesante cuantificar el volumen actual que suponen las masas glaciares tanto en volumen como en superficie. En la tabla siguiente se muestran estos datos.

Nombre cuenca	Suma del Área (km ²)	Suma del Volumen (km ³)	Cantidad de glaciares
Costeras e islas entre R. Holleberg, golfo Alte. Laguna Blanca	458,97	25,40	1.091
Costeras entre Laguna Blanca (inc.), seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes	7,00	0,11	128
Costeras entre limite región y seno Andrew	4.106,29	872,09	1.200
Costeras entre seno Andrew y R. Holleberg e islas al oriente	2.427,33	326,30	1.440
Islas al sur del canal Beagle y territorio antártico	354,20	19,99	738
Islas al sur Estrecho de Magallanes	260,52	16,04	384
Islas entre canales Concepción, Sarmiento y E. de Magallanes	1,17	0,01	35
Islas entre limite región y Canal Ancho y Estrecho de la Concepción	43,68	0,79	536
Tierra del Fuego	2.480,46	212,89	1.480
Vertiente del Atlántico	286,99	34,42	24

Tabla 3. Distribución de glaciares por cuenca. Fuente: Cartografía de la Dirección General de Aguas en IDE (2020)

En la actualidad, el estado de los glaciares magallánicos en presenta registros de variaciones históricas de 100 glaciares que indican que el 87 % de estos han sufrido retrocesos, disminuyendo hasta 278 metros por año en el caso del glaciar O'Higgins entre 1945 y 1986 (Rivera, Casassa, Acuña, & Lange, 2000).

Resulta complejo el análisis del impacto del cambio climático sobre los glaciares, debido a los múltiples factores que influyen en su retroceso y disminución. Las condiciones primarias que dan forma a la respuesta de los glaciares patagónicos son complejas puesto que están determinadas, a gran escala, por la relación existente entre la topografía andina y los vientos dominantes del oeste y con el flujo de vapor de agua transportado en estas latitudes, lo que crea una fuerte brecha climática, particularmente en términos de humedad y precipitación.

A escala local, las diferencias espaciales oeste-este en las características climáticas, en particular en el CHS, se han descrito en términos de cobertura de nubes, tasas de caída de la temperatura del aire, efecto de enfriamiento de los glaciares, acumulación de nieve y ocurrencia de eventos Föhn. A su vez, estas

características definen las diferencias oeste-este sobre la superficie del glaciar, por ejemplo, al producir facies de nieve variables y dar lugar a estaciones de deshielo asincrónicas (Bravo et al., 2021).

“Se ha estimado que el derretimiento anual de estos sistemas suma aproximadamente 38 mil millones de toneladas de agua dulce al año lo que equivale al 32 % de la capacidad total de los embalses de Chile. Este derretimiento implica un aumento del nivel del mar de 0,1 mm (Rignot, Rivera, & Casassa, 2003) y dependiendo del escenario climático usado, podría causar un aumento del nivel del mar de entre 4 y 14,4 mm al año 2100 (Shannon et al., 2019).”

Reporte regional Centro IDEAL (2019) p. 14

Por otro lado, gracias al proyecto fotográfico, audiovisual y editorial *“Postales de Hielo”* que documenta la transformación del paisaje en la *Patagonia Austral* (Postales de Hielo, 2022) es posible evidenciar las grandes diferencias de masa glaciar entre distintos periodos de tiempo.

Frente a esta situación de cambio climático *“algunos ecosistemas como los glaciares de altura y las grandes masas de hielos polares, los efectos del cambio climático son particularmente visibles y constituyen una evidencia medible de los cambios que están ocurriendo en el Antropoceno”* (IDEAL, 2019 p. 12). El deshielo de importantes masas glaciares significa una disminución de la salinidad y aumento de la temperatura del mar, transformando de manera radical los ecosistemas marinos, en donde solo algunas especies podrán adaptarse a este nuevo escenario (IDEAL, 2019).



Figura 9. Retroceso glaciar Vergara. Fuente: Postales de Hielo (2022)

Hidrografía

Se trata de una de las zonas en las que se encuentran las mayores reservas de agua en Chile, que acumula, junto con la región de Los Lagos, el 68 % de la precipitación, 64 % de los lagos, el 84 % de las lagunas, el 75 % de la escorrentía superficial (ríos) y el 98 % de los glaciares (equivalentes de agua: 21.993 km²). En la Patagonia destacan también los lagos de gran extensión, profundidad, transparencia y calidad hídrica y numerosos fiordos, canales y ecosistemas marinos (Marquet, 2020).

Desde el punto de vista hidrográfico, a diferencia del resto del país, no posee grandes ríos debido a los diversos fenómenos glaciales que impidieron el flujo de las aguas; sin embargo, aquellos que existen en la región trasandina desembocan en aguas interiores o en el Océano Atlántico (Gobernación Provincial de Magallanes, 2022).

El sistema hidrográfico de la región se caracteriza por concentrarse al lado oriental o transandino; el sector occidental carece de cursos de agua. Los principales ríos que discurren por la Patagonia chilena actúan a modo de drenaje de los lagos del territorio chileno, conduciendo las aguas por territorio argentino, para desembocar en el Océano Atlántico (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2023).

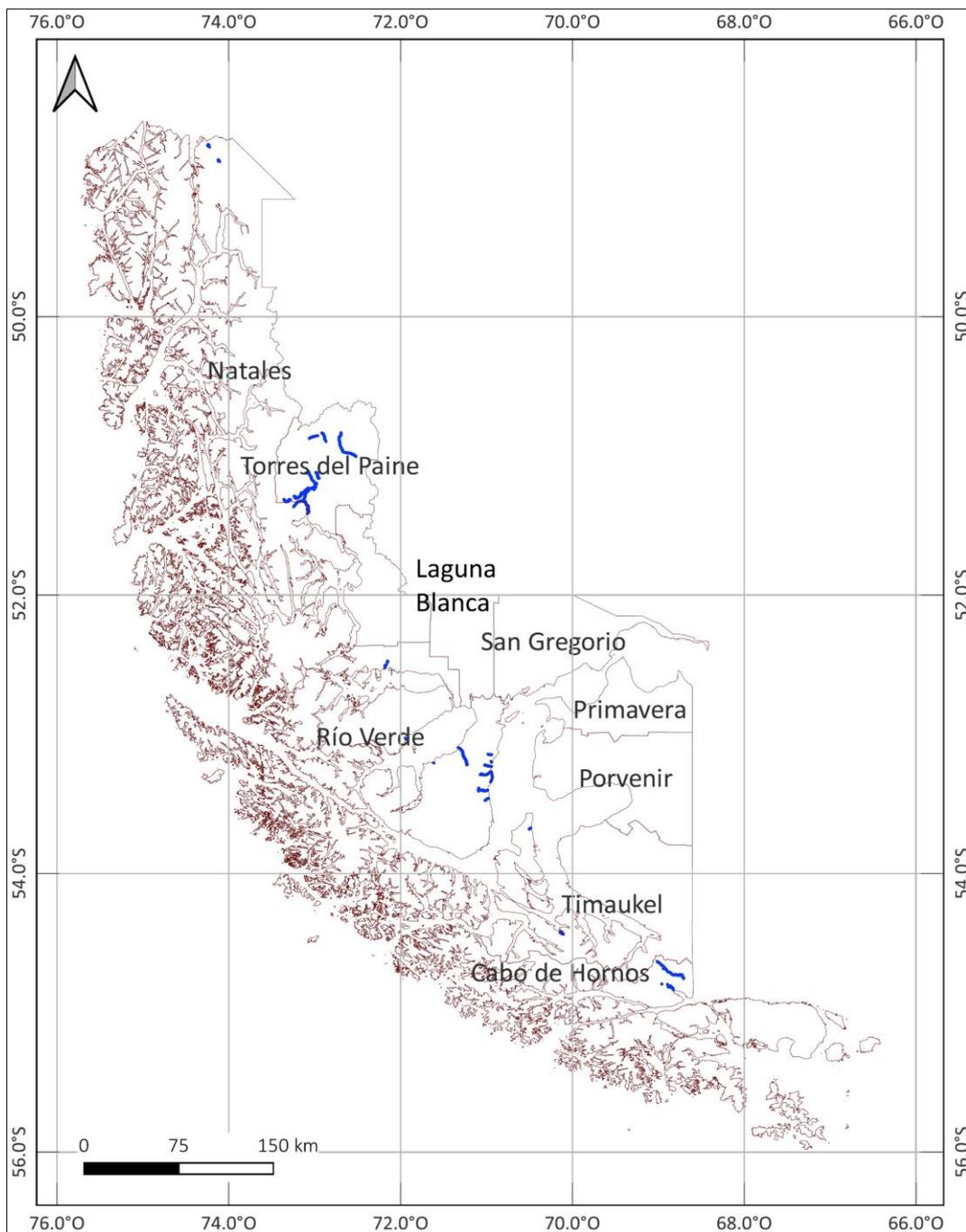


Figura 10. Principales ríos en la región de Magallanes.

Fuente: Elaboración propia partir de los datos de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile

Los **ríos** más importantes de la región son el río *Serrano*, *Gallegos*, *Chico* o *Ciaike* y *San Juan*.

La cuenca del río *Serrano* nace en el Campo de Hielo Sury abarca 7.350 km², caracterizándose por la abundante presencia de lagos, siendo los más destacados *Toro*, *Sarmiento*, *Pehoé* y *Nordenskjöld*. Su principal afluente es el río *Grey*, además del *Paine* que desemboca en el lago *Pehoé*. El sistema de alimentación de este río es pluvial, con aportes nivales por derretimiento de nieves en verano.

La cuenca del río *Gallegos* desemboca en el Atlántico por Argentina en la bahía Gallegos. Se extiende por una superficie de 10.120 km², en su mayor parte por territorio argentino. Se forma a partir de la confluencia de los ríos *Turbio* y *Penitente* y atraviesa la Patagonia hasta su desembocadura en el mar.

Al norte del Estrecho de Magallanes se ubica la cuenca del río *Chico* o *Ciaike*. Tiene una longitud de 80 kilómetros en territorio chileno y 60 kilómetros en el lado argentino y desemboca en el Atlántico.

En la península de Brunswick, al sur de Punta Arenas, discurre el río *San Juan* que, localizado a unos 60 km al sur de la ciudad, se encuentra dentro de la Reserva Nacional Laguna Parrillar. Se trata de una Reserva creada en 1977, con los objetivos de proteger y conservar la calidad de la cuenca hidrográfica de la laguna Parrillar, río San Juan y chorrillos tributarios de la laguna, así como la protección de las formaciones vegetales y fauna asociada (CONAF, Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado, 2023). En la actualidad, y con el objeto robustecer la infraestructura hídrica y asegurar el abastecimiento en cantidad y calidad, Aguas Magallanes se encuentra desarrollando un nuevo proyecto de inversión que permitirá asegurar, desde Parrillar, hasta el 45% de la demanda de agua potable de Punta Arenas (Aguas de Magallanes, 2023).

En la tabla siguiente se resumen los principales datos de las **cuenclas hidrográficas** presentes en el territorio regional de Magallanes, indicando el código, nombre, área, tipo y porcentaje dentro de la región. Las cuencas representativas de la región, según la DGA están en **negrita** y se representan en el mapa.

Cuenclas Hidrográficas en Magallanes				
Código	Nombre	Área	Tipo	Porcentaje de cuenca en la región (%)
117	Río Pascua	7.590	Exorreica	4 %
119	Cuenca del Pacífico	273	Exorreica	100 %
120	Costeras entre límite regional y Seno Andrew	13.950	Exorreica	98 %
121	Islas entre límite regional, Canal Ancho y Estrecho de La Concepción	19.850	Exorreica	100 %
122	Costeras entre Seno Andrew, Río Hollemberg e islas al oriente	17.829	Exorreica	100 %
123	Islas entre canales Concepción, Sarmiento y Estrecho de Magallanes	24.884	Exorreica	100 %
124	Costeras e islas entre Río Hollemberg y Laguna Blanca	20.665	Exorreica	100 %
125	Costeras entre Laguna Blanca, Seno Otway, Canal Jerónimo y E. Magallanes	17.763	Exorreica	100 %

Cuencas Hidrográficas en Magallanes				
Código	Nombre	Área	Tipo	Porcentaje de cuenca en la región (%)
126	Vertiente del Atlántico	9.334	Exorreica	100 %
127	Islas al sur Estrecho de Magallanes	27.931	Exorreica	100 %
128	Tierra del Fuego	42.218	Exorreica	100 %
129	Islas al sur del Canal Beagle y Territorio Chileno Antártico	35.216	Exorreica	100 %

Tabla 4. Cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) a nivel regional. Fuente: Atlas del Agua 2016 (DGA, 2015).

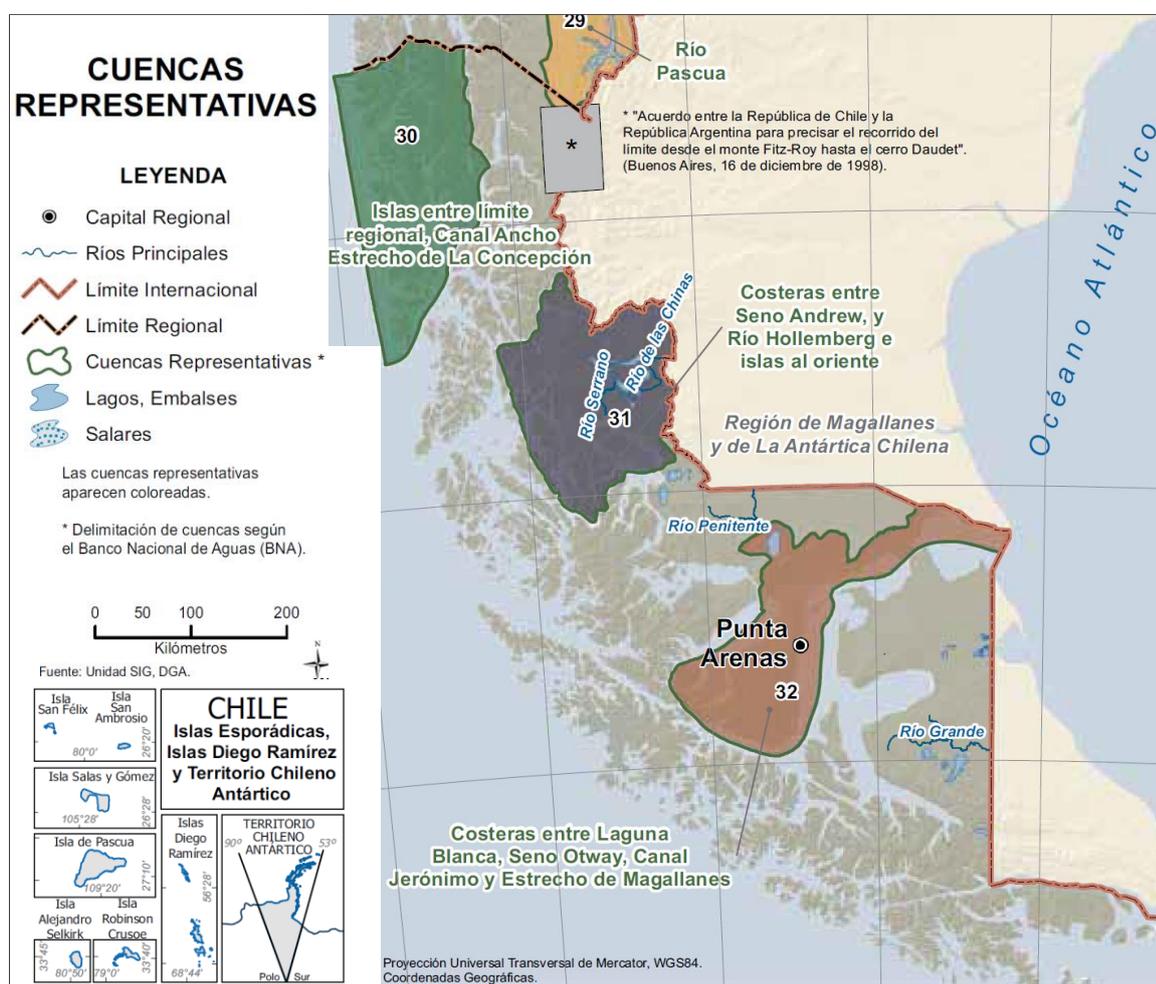


Figura 11. Cuencas representativas de la región de Magallanes. Fuente: Atlas Nacional del Agua 2016.

En el mapa siguiente se representa la delimitación de todas las cuencas hidrográficas de la región de Magallanes.

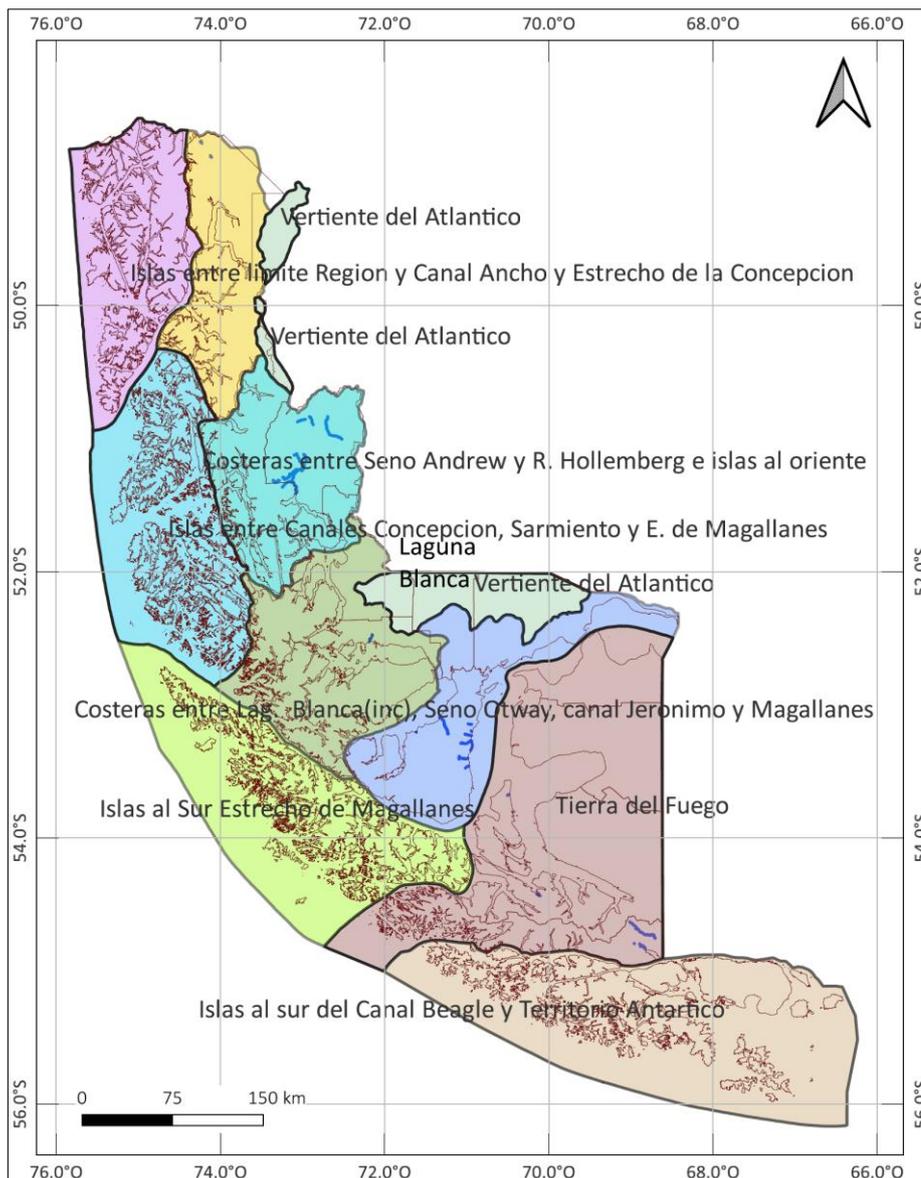


Figura 12. Cuencas hidrográficas de la región de Magallanes. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad – SIMBIO (MMA, 2023)

Respecto a los **humedales**, cabe destacar Las turberas, que son un tipo de humedal característico de las zonas de bajas temperaturas y abundante precipitación. La mayor parte de los humedales a nivel mundial se encuentran en el hemisferio norte, estando solo un 4 % de estos ecosistemas en América del Sur. Y es precisamente en la Patagonia Austral donde se encuentra la mayor superficie, habiéndose estimado su extensión en unos 45.000 km², lo que equivaldría al 1-2% de las turberas del mundo. En concreto, las turberas chilenas se localizan en la región de Magallanes principalmente, pero también en Los Lagos, ocupado una superficie entre 10.500 a 21.000 km², lo que representa el 1.4% a 2.8% del territorio nacional (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2010).

En el mapa siguiente se ha representado la localización de humedales, lagos, lagunas, etc., así como de las turberas en Magallanes, observándose la amplia extensión que cubren en el territorio regional.

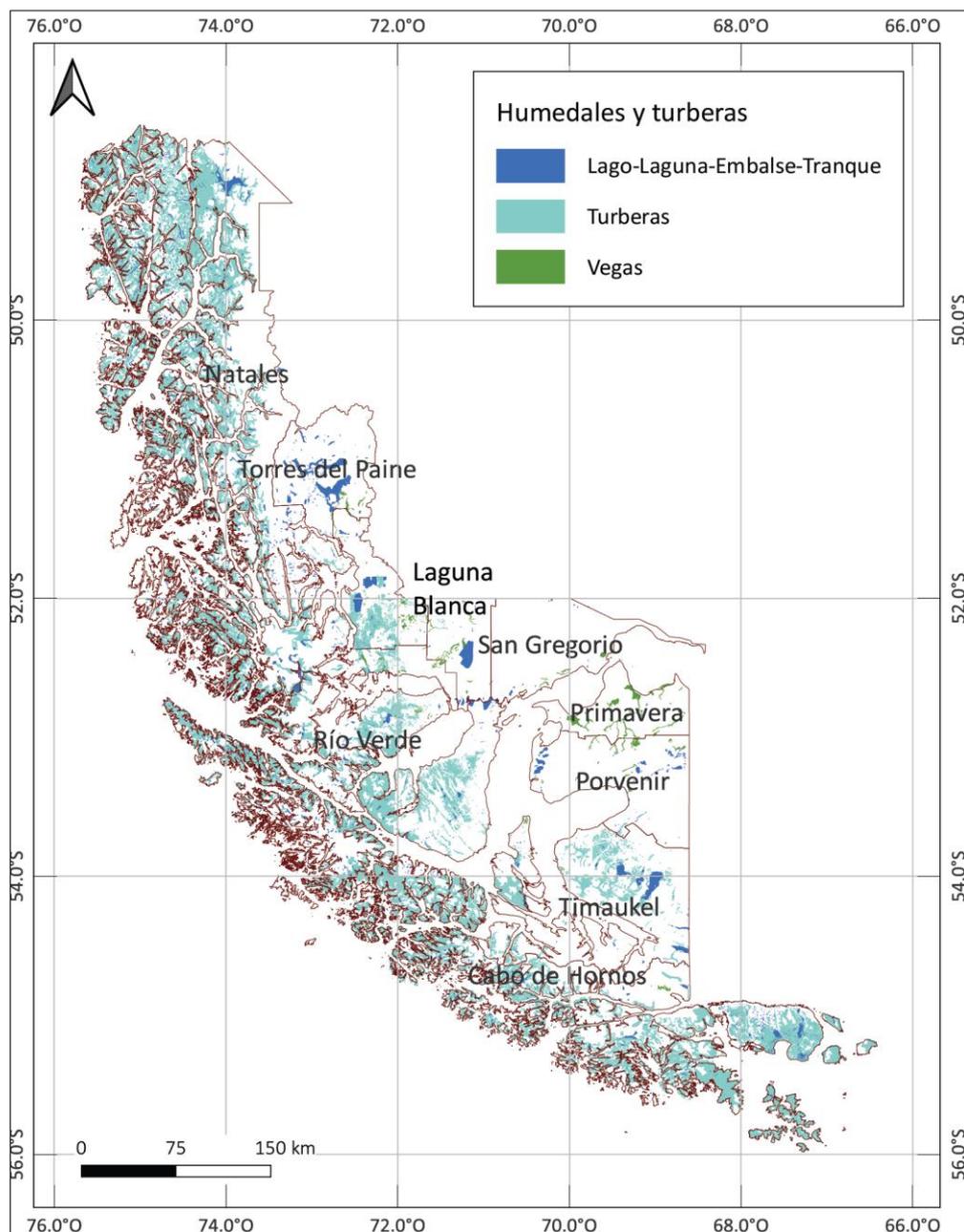


Figura 13. Mapa de humedales, turberas y lagos de la región de Magallanes. Fuente: Elaboración propia partir de los datos de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile

Las turberas son ecosistemas que se explotan para extraer turba y musgo *Sphagnum*, habiéndose iniciado esta explotación en Magallanes en los años 80.

Además de las turberas, existen en la región multitud de lagos, lagunas y otras zonas húmedas, siendo una de las regiones con una mayor superficie al contar con 2.886 km² entre lagos, ríos y otros humedales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2010).

En la tabla siguiente se recogen los humedales inventariados para la región de Magallanes y sus principales características, según el Inventario Nacional de Humedales de Chile².

² <https://humedaleschile.mma.gob.cl/inventario-humedales/>

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

Principales humedales continentales en Magallanes				
Código	Nombre	Hectáreas	Tipo	Ecosistemas
HPU-12-02	Humedal Villa Tehuelches	40.695	HNLU	• Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HPU-12-05	Sector Puente Bistch	0,5	HNLU	• Sin registro
HPU-12-06	Humedal Sector Río Ciervos	25,43	HNLU	• Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HPU-12-07	Punta Arenas 1	10,5	HNLU	• Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HPU-12-08	Punta Arenas 2	3,83	HNLU	• Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HPU-12-09	Punta Arenas 3	0,72	HNLU	• Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HRU-12-01	Sector Ruta 9	32,91	HNLU	• Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HRU-12-03	Lago Fagnano	3.320,73	HNLU	• Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Drimys winteri</i>
HRU-12-04	Bahía Lomas	7.092,98	HNLU	• Estepa mediterránea oriental de <i>Festuca gracillima</i> • Estepa mediterránea oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Mulinum spinosum</i> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HUR-12-02	Estero Bitsn	12,43	HNLU	• Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Maytenus disticha</i> • Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HUR-12-04	Humedal Punta Arenas	5,62	HALU	Sin registros
HUR-12-05	Laguna de Patinar Reg. Pudeto	2,48	HALU	Sin registros
HUR-12-07	Estero Puerto Natales	19,52	HALU HNLU	• Estepa mediterránea oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Mulinum spinosum</i> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i>
HUR-12-08	Golfo Almirante Montt	155.484,21	HALU HNLU	• Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Maytenus disticha</i> • Matorral caducifolio templado andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Empetrum rubrum</i> • Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Chiliodrimum diffusum</i> • Bosque mixto templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Nothofagus pumilio</i> • Bosque siempreverde antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Embothrium coccineum</i> • Turbera antiboreal costera de <i>Astelia pumila</i> - <i>Donatia fascicularis</i> • Turbera templada-antiboreal interior de <i>Sphagnum magellanicum</i> / <i>Schoenus antarcticus</i>

Principales humedales continentales en Magallanes				
Código	Nombre	Hectáreas	Tipo	Ecosistemas
				<ul style="list-style-type: none"> • Estepa mediterránea oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Mulinum spinosum</i> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i>
HUR-12-10	Sector Av. Manuel Rodríguez	2.475,76	HALU HNLU	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Maytenus distich</i> • Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i> • Bosque mixto templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Nothofagus pumilio</i> • Bosque siempreverde antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Embothrium coccineum</i> • Herbazal templado andino de <i>Nassauvia dentata</i> - <i>Senecio portalesianus</i> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i>
HUR-12-11	Tres Puentes	44,47	HALU	<ul style="list-style-type: none"> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i>
HUR-12-12	Sector Av. Pdte. Ibañez	6,89	HALU	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Drimys winteri</i>
HUR-12-11	Sector Parque María Behety	24,3	HALU	Sin registros
HUR-12-14	Parque Municipal Ukika	3,69	HALU	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> – <i>Drimys winteri</i> • Turbera templada-antiboreal interior de <i>Sphagnum magellanicum</i> / <i>Schoenus antarcticus</i>
HUR-12-16	Sector Estero Bitsn	59,46	HALU	<ul style="list-style-type: none"> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i>
HUR-12-18	Humedal Sector Quincho Municipal	4,39	HALU	Sin registros
UR-12-19	Canal	6,77	HALU	<ul style="list-style-type: none"> • Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chiliodrichum diffusum</i>
* Humedal asociado a Límite Urbano (HALU) * Humedal No asociado a Límite Urbano (HNLU)				

Tabla 5. Cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA) a nivel regional. Fuente: Inventario Nacional de Humedales (<https://simbio.mma.gob.cl/Humedales/>)

Vegetación

La flora de Chile presenta una extraordinaria riqueza y biodiversidad que ha sido objeto de estudio desde siempre. En relación con el cambio climático, “*el sur de Chile se ha convertido en un laboratorio natural para frenar el cambio climático y la región de Magallanes cobra gran importancia acompañada del Centro Internacional Antártico o los indomables vientos patagónicos*” se afirma recientemente en medios de comunicación (Nieto Mariño, 2022) con un titular tan contundente como valorable: “*La asombrosa biodiversidad de Magallanes (Chile) que cautivó a los exploradores*”.

En el mismo artículo se afirma que “*Magallanes es un experimento geográfico extraordinario donde se juntan el océano Pacífico, el Atlántico y el mar del Sur, pero, al mismo tiempo, es un lugar muy frágil y*

susceptible al cambio climático... Estudiar hoy en día este vasto territorio helado es primordial, puesto que, por su influencia atmosférica y oceánica, juega un rol determinante en el clima del resto del planeta".

La vegetación está fuertemente influenciada por las características climáticas, siendo un fiel reflejo de las precipitaciones y su distribución. De este modo, en la zona Archipelágica Occidental se desarrolla la formación boscosa magallánica, de características densas y húmedas, con especies como el coigüe de Magallanes, el ciprés de las Guaitecas o el ñirre. A mayores altitudes se desarrolla, ya en la cordillera, el ecosistema de tundra con musgos y líquenes. En el sector occidental del Estrecho de Magallanes predomina la selva húmeda y fría compuesta por especies como canelo, lenga, coigüe magallánico, entre otras (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2023).

En las zonas donde el clima se hace más extremo, con nieves son permanentes y unas temperaturas más bajas, acompañadas de vientos húmedos y fríos, la vegetación no se puede desarrollar de manera densa, por lo que entre se desarrolla una formación de lengas con un crecimiento muy achaparrado que, progresivamente se va convirtiéndose a formaciones de hierbas y gramíneas (herbazales de altitud) que dan paso, en las altitudes superior a 900 metros a pastos, musgos y líquenes. En algunas zonas crece el bosque subantártico de lenga y ñirre.

Las precipitaciones más escasas en la zona transandina oriental, que no superan los 400 mm anuales, y las temperaturas anuales presentan un promedio de 6° C, se desarrolla la estepa fría subandina de hierbas y pastos duros. En la zona transandina oriental es posible encontrar un mosaico vegetal de estepa fría subandina de hierbas y pastos duros como el coirón, debido principalmente a las condiciones de sequedad, con precipitaciones entre 200 y 400 mm y temperaturas promedio de 6°C durante todo el año.

En cuanto a la distribución porcentual de las principales formaciones vegetales en la región, el bosque siempre verde alcanzaría la mayor cobertura, con un 30,08 % de la superficie, las turberas un 19,52 % y, en tercer lugar, estepas y pastizales con un 16,60 %, tal como se recoge en la tabla siguiente indicando superficie y porcentaje respecto al total regional.

Formación	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
Herbazal de altitud	4.862,98	3,86
Matorral bajo de altitud	6.960,30	5,52
Matorral caducifolio	7.214,91	5,72
Bosque caducifolio	10.731,84	8,51
Sin vegetación	12.843,97	10,19
Estepas y pastizales	20.931,44	16,60
Turberas	24.608,06	19,52
Bosque siempreverde	37.920,98	30,08
Total general	126.074,4859	100,00

Tabla 6. Pisos vegetacionales según Luebert y Pliscoff (2017).
 Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en IDE (2020)

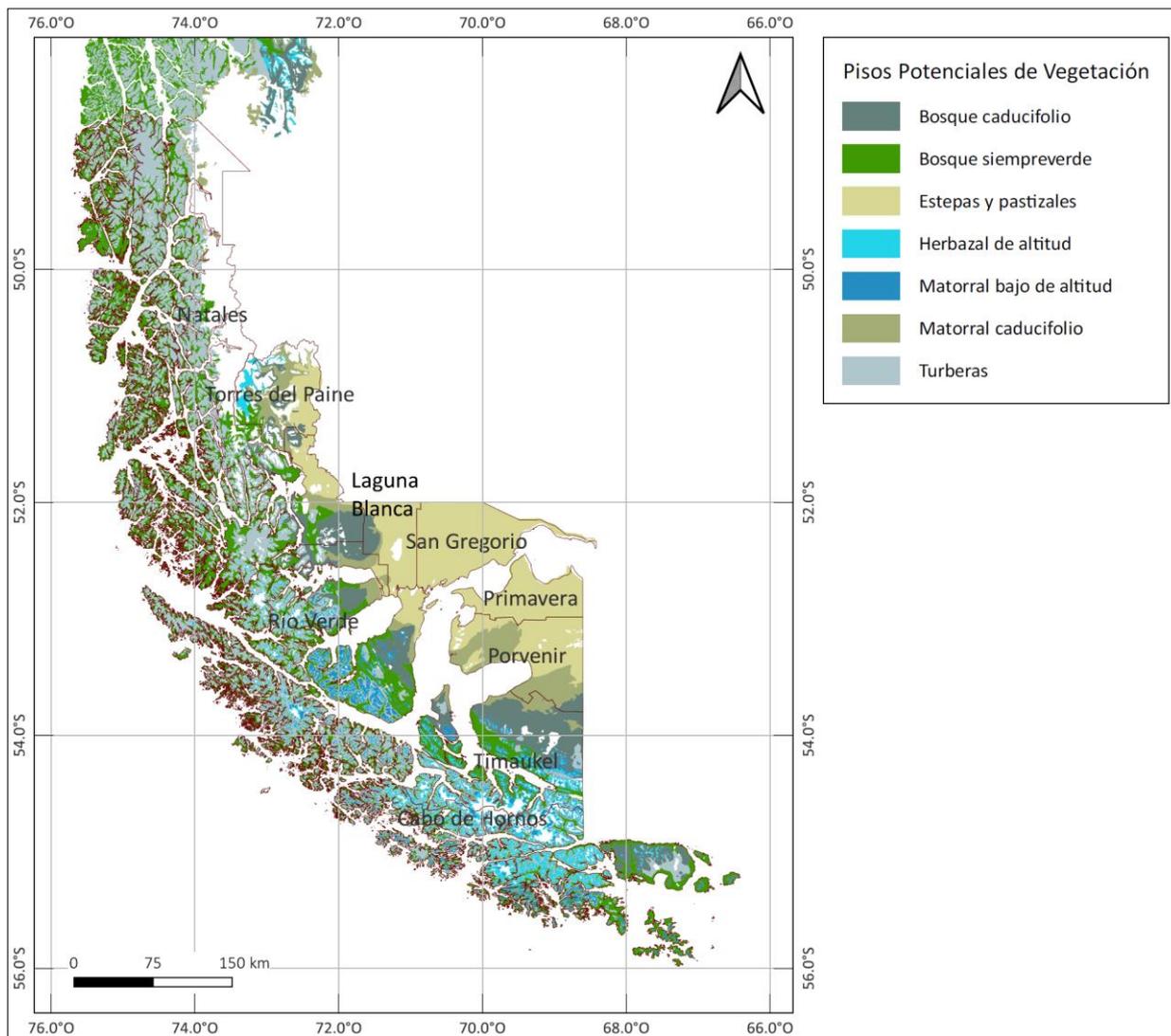


Figura 14. Mapa de los pisos de vegetación en la región de Magallanes.

Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía del Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad – SIMBIO (MMA)

Características demográficas, sociales y económicas

Población

Según el Censo 2017 la población de la región asciende a 166.533 habitantes, con una densidad de 0,12 habitantes por kilómetro cuadrado. La distribución por comunas se muestra en la siguiente tabla:

DATOS DE POBLACIÓN POR COMUNAS					
Provincias	Comunas	Población			Densidad de población
		Hombres	Mujeres	Total	Habitantes / km ²
Antártica Chilena	Antártica	126	12	138	0
	Cabo de Hornos	1.195	868	2.063	0,13
Magallanes	Laguna Blanca	191	83	274	0,08
	Punta Arenas	65.538	66.054	131.592	7,41
	Río Verde	522	95	617	0,07
	San Gregorio	619	180	799	0,12
Tierra del Fuego	Porvenir	3.993	2.808	6.801	0,93
	Primavera	930	228	1.158	0,27
	Timaukel	343	62	405	0,04
Última Esperanza	Natales	10.992	10.485	21.477	0,44
	Torres del Paine	800	409	1.209	0,18
TOTA REGIONAL		85.249	81.284	166.533	0,12

Tabla 7. Datos de población por comunas. Fuente: elaboración propia a partir del Censo de 2017 (<http://resultados.censo2017.cl/>)

Todas las comunas tienen una densidad de población extremadamente baja, debido entre otros factores a la dificultad de las comunicaciones y el clima salvaje e inhóspito de gran parte del territorio regional. La mayor parte de la población se concentra en la capital de la provincia de Magallanes, en Punta Arenas, a pesar de lo cual no se llega a alcanzar ni una densidad de 10 habitantes/km², situándose en 7,41.

Esta es una de las regiones menos pobladas de Chile en la actualidad, y también ha sido un territorio que se ha colonizado y poblado recientemente. En 1885 la población superaba escasamente los 2.000 habitantes, ascendiendo rápidamente a 5.170 en 1895, las cuales residían fundamentalmente en la zona de Punta Arenas. Ya en el año 1907 el censo oficial registraba la cifra de 17.330 personas, de las cuales un tercio era población foránea, siendo los grupos más numerosos los croatas (30 %), británicos (ingleses y escoceses), españoles (asturianos principalmente) e italianos, alemanes o franceses (Martinic Beros, 2002). Fue el establecimiento de explotaciones ganaderas la actividad que atrajo a un elevado número de inmigrantes europeos que, junto a los propios chilenos, principalmente de Chiloé, contribuyeron a elevar la población en poco tiempo.

La edad promedio en la región es de 36,7 años, siendo los grupos de población mayoritarios los comprendidos entre los 25 a 34 años, con una población infantil más baja y bastante inferior a la población adulta, y una población de adultos mayores que va disminuyendo progresivamente desde los 65 hasta los 90, de manera más acusada entre los hombres.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

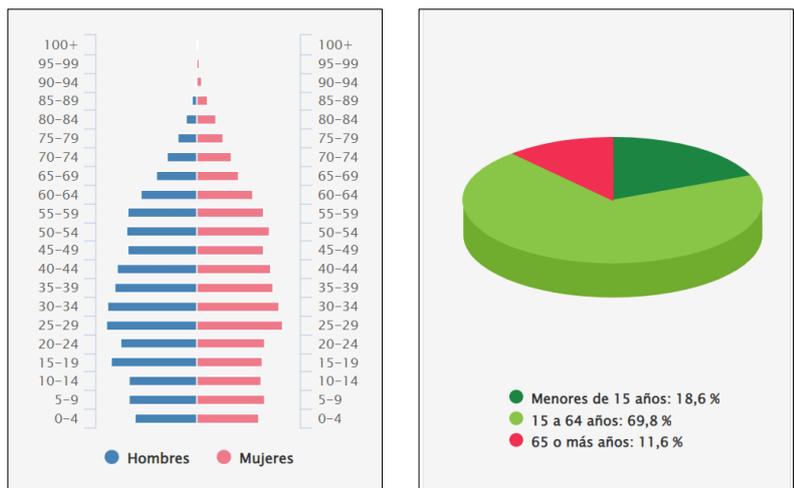


Figura 15. Pirámide de población de la región de Magallanes y distribución de grandes grupos de edad
Fuente: Censo 2017 (<http://resultados.censo2017.cl/>)

Sin embargo, a nivel comunal, destaca la gran diferencia entre sexos, siendo mayoritaria la población masculina. Es el caso de la mayor parte de las comunas a excepción de Punta Arenas, aunque en seis de ellas es especialmente llamativo. Para reflejar esta situación de manera visual, se muestran las pirámides de población de estas seis comunas.

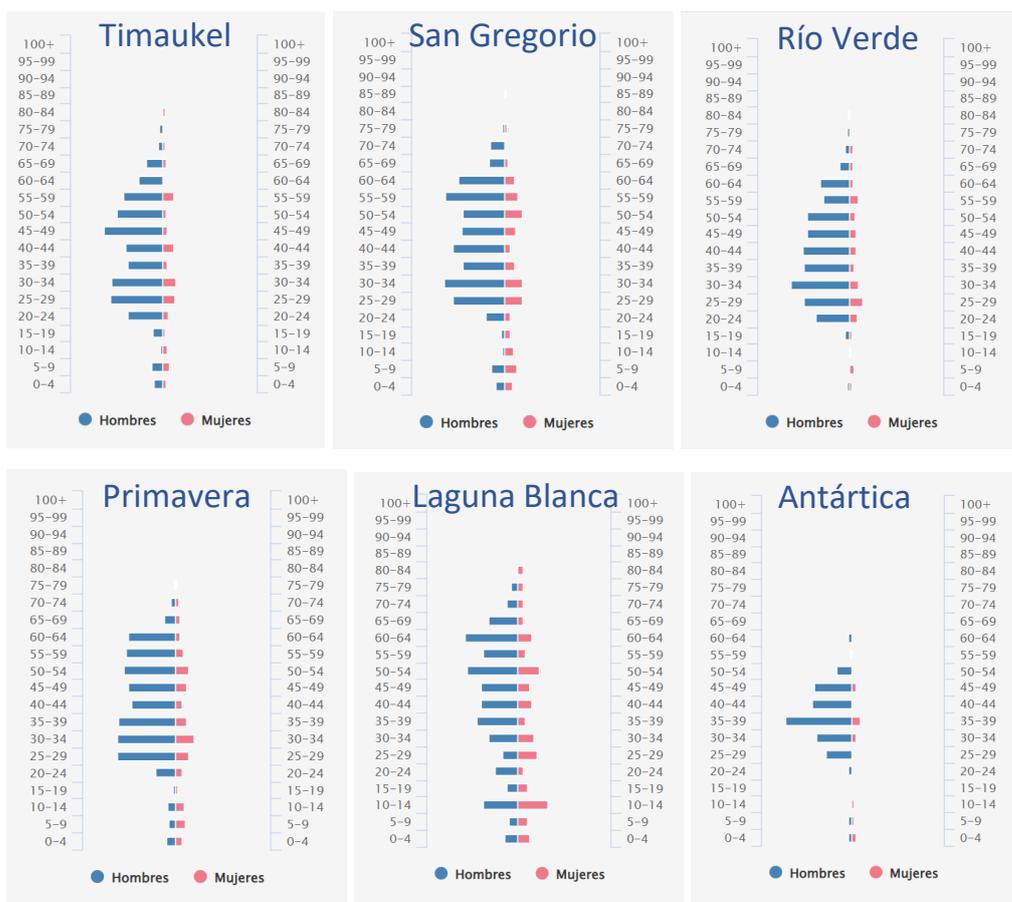


Figura 16. Pirámides de población de la Antártica Chilena, Laguna Blanca, Primavera, Río Verde, San Gregorio y Timaukel.
Fuente: Censo 2017 (<http://resultados.censo2017.cl/>)

A diferencia de las peculiaridades de la Antártica chilena, en donde el índice de masculinidad es de 1.050 hombres por cada 100 mujeres, destacan las comunas de Río Verde y Timaukel con índices de masculinidad de 549,5 y 553,2 respectivamente.

En cuanto a la **pauta rural y urbana**, se trata de una población básicamente urbana, con un porcentaje de un 91,9 % de población urbana frente al 8,1 % que es rural, aunque si consideramos la práctica despoblación de la mayor parte del territorio regional y ausencia de núcleos urbanos, en las comunas de Laguna Blanca, Primavera, Río Verde, San Gregorio y Timaukel, el 100 % de la población censada es rural.

La distribución de la población en el territorio hay que buscarla en la evolución histórica demográfica, que está asociada a la actividad económica reciente. Por una parte, la actividad agropecuaria y, por otra, actividades como el desarrollo de la minería carbonífera, la explotación petrolera y el auge de la exploración y explotación de hidrocarburos entre 1952 y 1970 hicieron aumentar la población. Entre 1982 y 1992 la provincia de Magallanes incrementó también su población rural en un 28,3 %, hecho que se atribuye principalmente al desarrollo hortícola e industrial en el entorno inmediato a Punta Arenas (Martinic B., 2006). En el mismo periodo, por el contrario, se registró un descenso en las comunas de Río Verde y San Gregorio debido a la disminución de las actividades petroleras en San Gregorio.

Estos patrones demográficos, con base rural (principalmente actividad criadora ovejera extensiva) junto a la minería extractiva y exploratoria, explica también los elevados índices de masculinidad, debido a la tradición ocupacional marcada por la masculinidad exclusiva, cuestión que no resulta favorable para el establecimiento de población de carácter integral, es decir, con la presencia de familias. Esto se traduce en un progresivo desarraigo para la escasa población residente, en especial para las mujeres, circunstancia que atenta seriamente contra los esfuerzos que se han planteado y procurado poner en práctica para aumentar el número de familias en los campos (Martinic B., 2006).

Todas estas son cuestiones serán tenidas en consideración para la definición de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, considerando el enfoque de género de manera transversal e integrándolo en las principales medidas de los sectores de actividad y productivos, para generar equilibrio territorial y de desarrollo equitativo y justo.

En definitiva, el sistema urbano de la región se caracteriza por el centralismo de la capital regional, Punta Arenas, primacía que queda reforzada por la mayor especialización y dotación de servicios y equipamientos existentes en la ciudad. Por otra parte, las condiciones geográficas del territorio generan dos zonas diferenciadas desde el punto de vista del poblamiento: una primera zona discontinua de los sistemas archipelágico y patagónico occidental, caracterizada por presentar segmentación del terreno debido a la acción glacial con presencia de fiordos y canales, unido a unas condiciones climáticas muy extremas; ello genera un espacio poco apto para el desarrollo de asentamientos humanos y la presencia de vías de comunicación. Una segunda zona, de mayor habitabilidad en los territorios subandino oriental y las pampas, con topografía más suave y condiciones climáticas más moderadas, donde la población ha encontrado una geografía más amable para su asentamiento, y donde existen vías de comunicación terrestres para las interconexiones (Arenas Vásquez et al., 2019).

Pueblos originarios

Los pueblos originarios suponen el 23 % de la población regional, siendo el grupo más numeroso el *Mapuche* con el 93,1 % y el resto muy minoritarias. La única comuna en la que no predomina el pueblo *Mapuche* es Cabo de Hornos, que tiene un 20,8 % de pueblos originarios pertenecientes a la comunidad *Yagán* o *Yámara*.

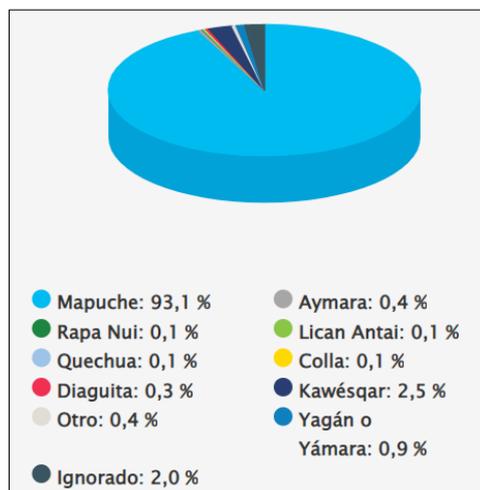


Figura 17. Representación porcentual de los diferentes pueblos originarios en la región de Magallanes. Fuente: Censo 2017 (<http://resultados.censo2017.cl/>)

Aspectos económicos

La Región de Magallanes presenta uno de los mejores indicadores económicos de Chile, al ser la cuarta, por detrás de Antofagasta, Tarapacá y Atacama en el *producto interior bruto (PIB) per cápita*, con 11,5 millones de pesos en el año 2021.

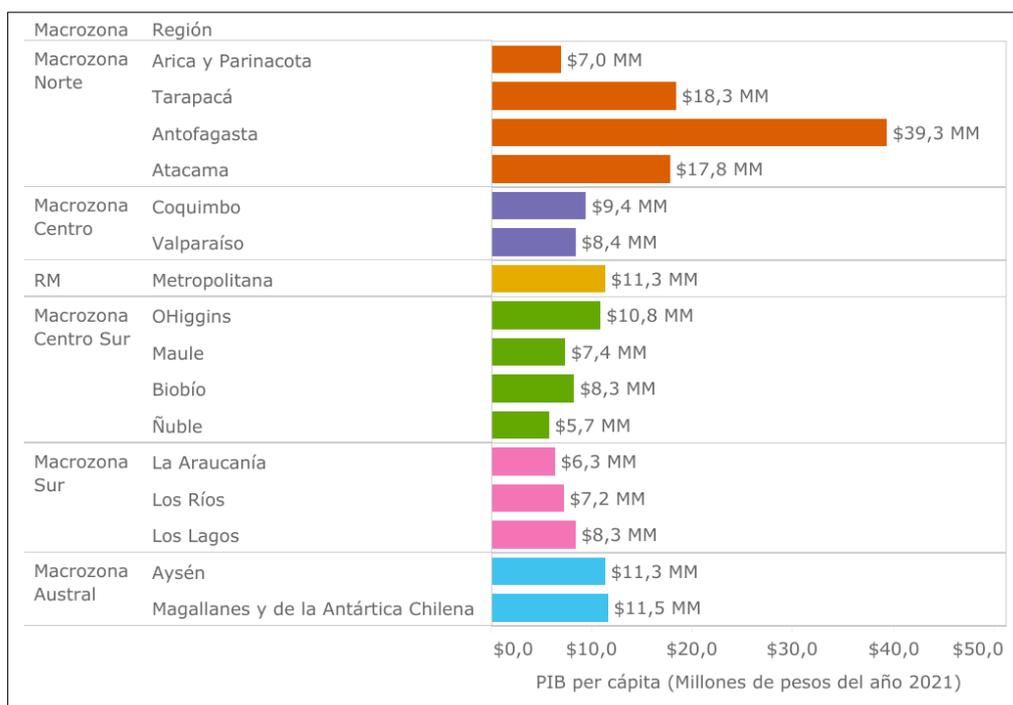


Figura 18. PIB per cápita por regiones en 2021. Fuente: Observatorio del Sistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación es una iniciativa del Ministerio de Ciencia

Su desarrollo económico se basa en la explotación primaria de sus recursos naturales: gas natural, ganadería ovina, recursos pesqueros y de acuicultura, industria forestal y servicios turísticos, estos últimos desarrollados sólo en años recientes pero con el mayor crecimiento relativo (Castillo et al., s. f.).

Las principales actividades económicas, desde el punto de vista de su aportación al PIB nacional son la industria manufacturera, con una contribución al PIB regional del 24,42 %, seguido de la administración pública (11,6 %), los servicios personales (11,5 %) y los servicios financieros y empresariales (10,6 %).

PIB por actividad económica a precios corrientes		
SECTOR	PIB (miles de millones de pesos)	Porcentaje sobre el total (%)
Agropecuaria-silvícola	30	1,41
Pesca	94	4,42
Minería	87	4,09
Industria manufacturera	520	24,42
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	40	1,88
Construcción	160	7,52
Comercio, restaurantes y hoteles	200	9,39
Transporte, información y comunicaciones	121	5,68
Servicios financieros y empresariales	226	10,62
Servicios de vivienda e inmobiliarios	159	7,47
Servicios personales	245	11,51
Administración pública	247	11,60
PIB total	2.128	100,00

Tabla 8. PIB por actividad económica en la Región de Magallanes en 2019
 Fuente: Cuentas Nacionales e Chile 2013-2020 (Banco Central de Chile, 2020)³

Si atendemos al número de personas ocupadas por sector de actividad, las estadísticas para el año 2022 indican que es el “comercio al por mayor y al por menor” el sector que más personas ocupa, con casi un 17 %, seguido de la “Administración pública y defensa” con un 12,5 %, la “construcción” (10 %) y las “industrias manufactureras” (8,7 %).

SECTORES DE ACTIVIDAD	Población ocupada por rama de actividad económica			
	Población ocupada total (nº de ocupados)		Porcentaje de población ocupada en el sector (%)	
	Chile	Magallanes	Chile	Magallanes
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	543.787	6.294	6,14	6,78
Explotación de minas y canteras	270.814	2.158	3,06	2,32
Industrias manufactureras	876.332	8.080	9,89	8,70
Suministro electricidad, gas, vapor y A/A	42.980	432	0,49	0,47
Suministro de agua	59.577	347	0,67	0,37
Construcción	769.848	9.303	8,69	10,02
Comercio al por mayor y al por menor	1.680.800	15.163	18,97	16,33
Transporte y almacenamiento	551.447	6.841	6,22	7,37
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	396.125	5.317	4,47	5,73
Información y comunicaciones	202.404	1.162	2,28	1,25
Actividades financieras y de seguros	175.451	1.359	1,98	1,46
Actividades inmobiliarias	106.189	529	1,20	0,57

³ Disponible en: https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/enlaces/Informes/AnuariosCCNN/anuario_CCNN_2020.html

	Población ocupada por rama de actividad económica			
	Población ocupada total (nº de ocupados)		Porcentaje de población ocupada en el sector (%)	
Actividades profesionales, científicas y técnicas	325.597	1.818	3,67	1,96
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	280.654	2.261	3,17	2,43
Administración pública y defensa	496.659	11.616	5,60	12,51
Enseñanza	735.212	7.355	8,30	7,92
Activ. atención salud humana y asistencia social	608.787	7.458	6,87	8,03
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	92.189	885	1,04	0,95
Otras actividades de servicios	320.831	2.157	3,62	2,32
Activ. de los hogares como empleadores	303.046	2.255	3,42	2,43
Activ. de organizaciones y órganos extraterritoriales	1.200	13	0,01	0,01
No sabe / No responde /3	21.263	50	0,24	0,05
Población ocupada (total)	8.861.192	92.853	100	100

Tabla 9. Población ocupada por rama de actividad económica en promedio para 2022.
 Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (Mercado Laboral; Ocupación y desocupación)⁴

En líneas generales, estos sectores que aglutinan la mayor parte de personas ocupadas son coincidentes con la tendencia en el resto del país, a excepción de la actividad “*Administración pública y defensa*” que es característico de la región debido a que el personal y los funcionarios del Estado que desempeñan labores en regiones extremas tienen mayores retribuciones.

A continuación, se describen algunos sectores en detalle por el potencial impacto que puede tener el cambio climático sobre ellos al tener una fuerte influencia de las condiciones climáticas incidiendo de manera notable en su sensibilidad y vulnerabilidad al clima. Además, se trata de sectores que, aunque no necesariamente constituyan uno de los más destacados en cuanto a su aportación al PIB o número de ocupados, si son muy característicos de la región y están muy asociados a la cultura y tradición magallánica, como es el caso de la ganadería y la pesca.

Sector agroganadero

Desde el punto de vista de la superficie regional es un sector con un peso muy destacado. De este modo, de unos 13,2 millones de hectáreas que constituyen la superficie continental e insular de la región de Magallanes y Antártica Chilena, 5,7 millones de hectáreas, es decir, el 43 % de la superficie, conforman usos destinados a la explotación agropecuaria. La actividad forestal y la ganadería son las actividades económicas más antiguas de la región, junto con la actividad marítimo-portuaria. En concreto, el ganado ovino es el mayor respecto al total nacional, ya que supone el 56 % del mismo. (Ministerio de Agricultura & Fundación para la Innovación Agraria, 2015). Así, la masa ovina regional representa el 90 % de las exportaciones de carne y lana nacionales.

El sector silvoagropecuario tiene un peso del 1,4 % sobre el PIB regional y un 0,53 % a nivel nacional, con un aporte de 24 mil millones de pesos en el año 2018 (ODEPA, 2020). Por otra parte, se produce cerca del 87 % del total de carne ovina chilena, constituyéndose también como el principal producto silvoagropecuario de exportación con un monto acumulado de \$35.021 USD en 2019 (ODEPA, 2020).

⁴ <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/mercado-laboral/ocupacion-y-desocupacion>

En lo que respecta a la **actividad agrícola**, en el último Censo Nacional Agropecuario (INE, 2007), la región de Magallanes concentraba el 0,2 % (6.767,3 ha) de la superficie total nacional dedicada a explotaciones agropecuarias. Las explotaciones agrícolas con una superficie mayor a 100 ha representaban el 51,6 % del total de explotaciones registradas en Magallanes. Por tipos de cultivos son las plantas forrajeras las mayoritarias, ocupando un 96,1 % del total de superficie cultivada en la región, seguido del cultivo de leguminosas (2,0 %) y de hortalizas (1,2 %). También se registraron algunas explotaciones de cultivos frutales de zarzaparrilla y frutillas, abarcando algo menos de 9 ha (0,1 %).

Sin embargo, y tal como se ha mencionado, es la **actividad ganadera** la que tiene un elevado protagonismo en Magallanes, abarcando además de la ganadería ovina, cabañas de bovinos, caballares, alpacas, chinchillas, caprinos, ciervos y conejos (ODEPA, 2020).

Pesca y acuicultura

En la actualidad, Chile ocupa el octavo lugar en la producción acuícola mundial, y es el segundo productor de salmón después de Noruega, contribuyendo con el 20% de la producción total (FAO, 2018). La industria acuícola en Magallanes responde a la necesidad de empresas pesqueras de Los Lagos y Aysén de expandirse a otros lugares, debido a las limitaciones fijadas luego de la crisis sanitaria del año 2007, la cual se reflejó en el aumento de solicitudes de concesión hasta el año 2016 (IDEAL, 2019)

Las cifras indican que la cosecha del sector acuícola de la región representa el 79% del total del país, siendo el segundo sector exportador luego de la minería, contribuyendo con el 10% de las exportaciones de alimentos. De esta producción el 80% está destinado a mercados internacionales, principalmente Estados Unidos (26%), Rusia (22%), Japón (11%), y China (9%) a precios que variaron entre US\$ 7 y US\$12/kg en el año 2018 (IDEAL, 2019).

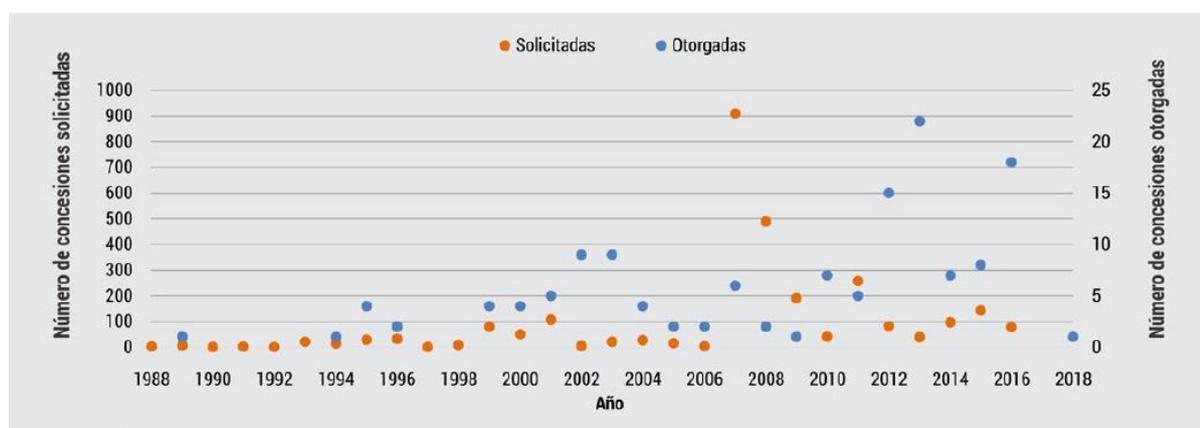


Figura 19. Número de concesiones solicitadas por año en la región de Magallanes desde 1988 a 2018 y número de concesiones otorgadas. Fuente: modificado por IDEAL (2019) desde Peña y Lillo (2019).

Según la información presente en SUBPESCA acerca de la individualización de las concesiones de acuicultura, se afirma que éstas se concentran en la empresa NOVA AUSTRAL S.A. con 28 concesiones en su mayoría de salmónidos en Punta Arenas, seguido por AQUACHILE MAGALLANES SPA con 26 concesiones de salmónidos en Natales, luego CERMAQ CHILE S.A. con 17 concesiones de salmónidos en Río Verde y finalmente ACUÍCOLA CORDILLERA LDTA con 10 concesiones en su mayoría de salmónidos en Río Verde. Además, en general estas concesiones se encuentran principalmente en la comuna de Natales y Río Verde, y el 80% de las empresas se especializan en salmones.

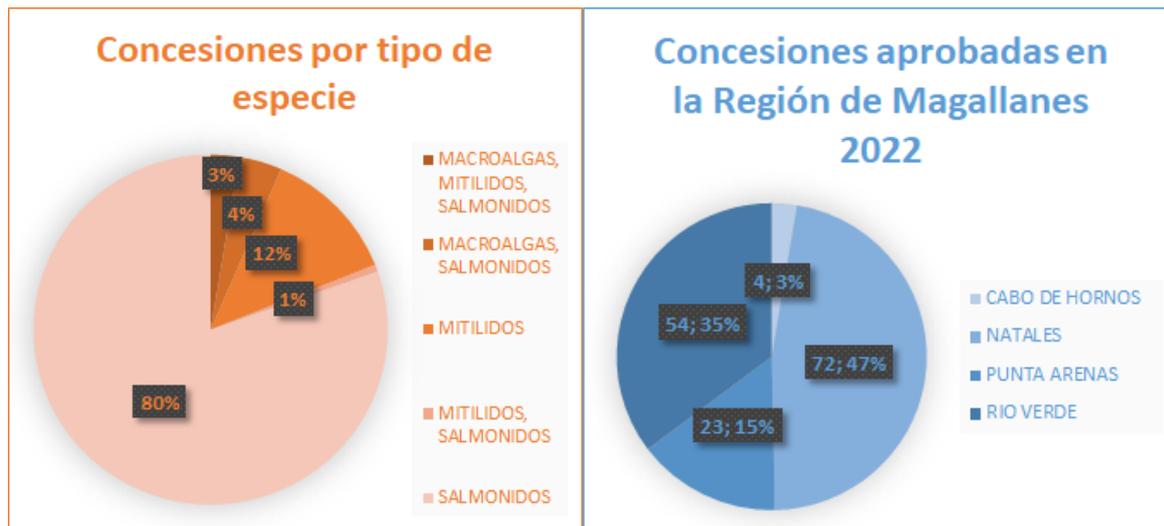


Figura 20. Individualización de las concesiones de acuicultura por tipo. Fuente: Subpesca

Dentro de los antecedentes recopilados, cabe mencionar que las repercusiones ambientales debido a un exceso de siembra de alevines que afecta a la degradación del suelo marino, contaminación del agua, pérdida de biodiversidad, además de una pérdida de oxígeno en los cuerpos de agua y propagación de algas que impiden el tránsito de luz en el fondo marino (Fiscalía Nacional, 2022), lo que ante un escenario de cambio climático puede intensificarse, especialmente la pérdida de oxígeno y la formación de algas, debido al derretimiento glaciar y el aumento de temperaturas.

Otro de los rasgos de la industria pesquera es la potenciación de la extracción de especies como la centolla, el centollón (*Paralomis granulosa*), el erizo y la luga roja (*Gigartina skottsbergii*) por la demanda internacional, transformando la pesca como una actividad de subsistencia a un sector clave para la economía del país; “En el presente, la contribución de la pesca artesanal al Producto Interno Bruto regional se ubica alrededor del 4% (80 mil millones de pesos anuales) y es superior al aporte del sector silvoagropecuario.” (IDEAL, 2019 p. 24).

La pesquería resulta una actividad de gran importancia económica pero que ha funcionado bajo perspectivas que suponen diversas problemáticas entorno a la sobreexplotación de los recursos marinos y la pesca ilegal, por lo que el Centro IDEAL (2019) presenta en su reciente informe diversas alternativas que se deben considerar al momento de avanzar en una práctica más sustentable y en el actual contexto de adaptación al cambio climático.

Respecto a la distribución territorial de las principales actividades económicas, en los mapas siguientes se muestra la distribución de la pesquería y de las actividades mineras y energéticas.

Plan de Acción Regional de Cambio Climático en Magallanes
Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

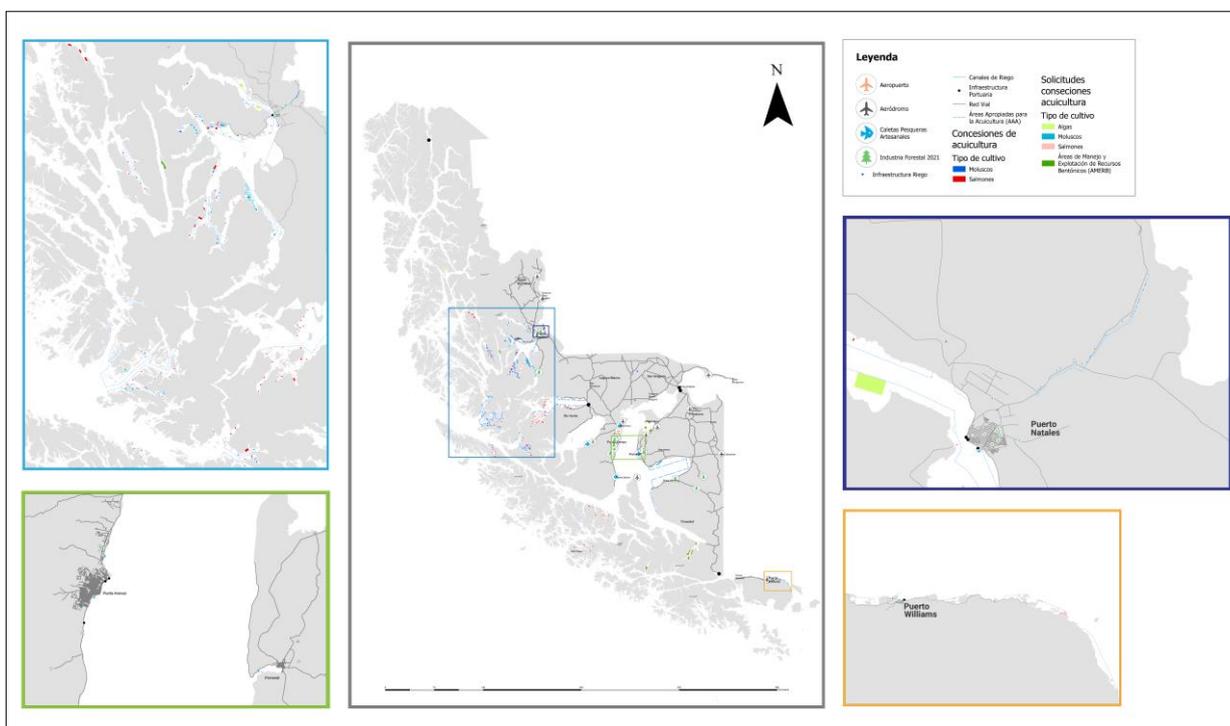
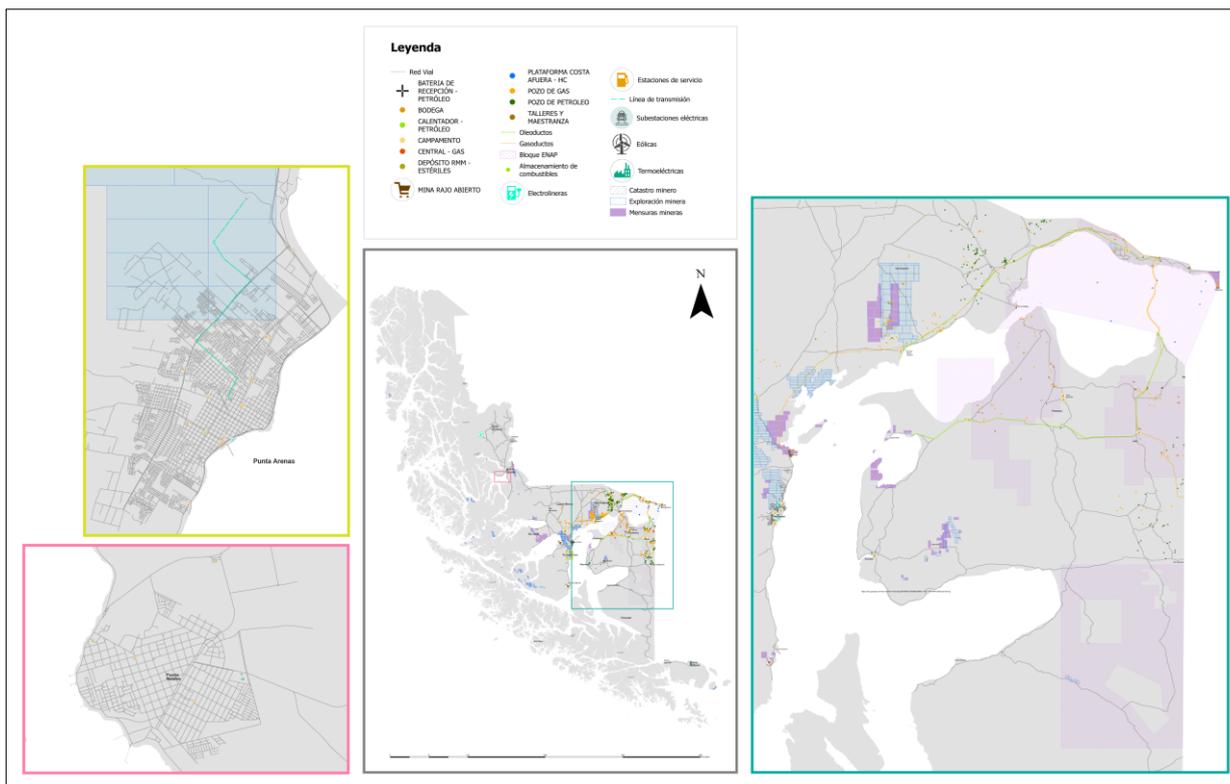


Figura 21. Industrias energéticas, forestales y mineras y explotaciones pesqueras. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente

Desde el punto de vista de la Investigación (I) y Desarrollo (D) ocupa el puesto noveno en el **gasto en I+D respecto al PIB**, con un 0,28 %.

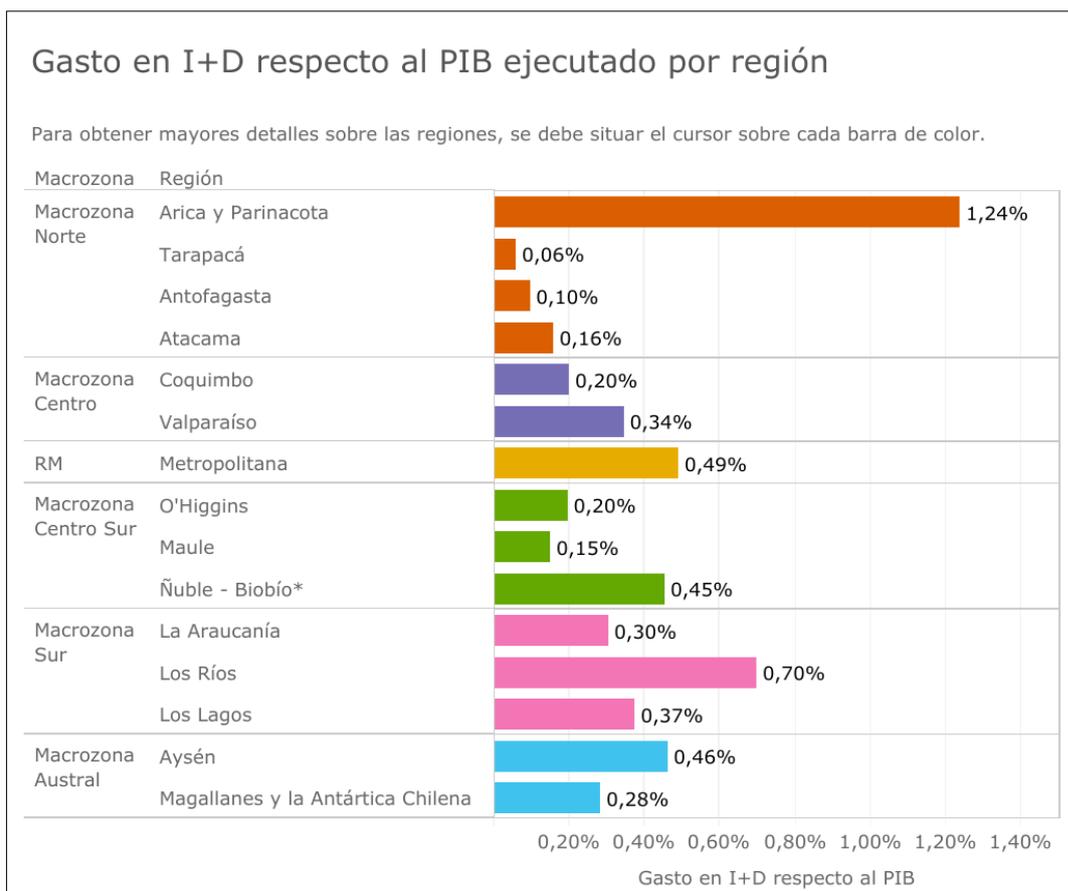


Figura 22. Gasto en I+D respecto al PIB en 2021 por regiones. Fuente: Observatorio del Sistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación es una iniciativa del Ministerio de Ciencia

Sin embargo, respecto al **porcentaje de empresas que innovan** en la macrozona geográfica donde se encuentra Magallanes (Macrozona Austral que la forma junto a la región de Aysén) la tasa de innovación es del 20,1 % que es la más elevada de todas las Macrozonas de Chile. Se trata de un indicador interesante puesto que la innovación genera mejoras en la productividad de las empresas y puede ser determinante en el crecimiento en el largo plazo.

No obstante, en la región existen desigualdades socioeconómicas de cierta relevancia. Así, es interesante mostrar otros indicadores interesantes para caracterizar la región desde el punto de vista socioeconómico, como por ejemplo la denominada *Matriz de Bienestar Humano Territorial (MBHT)*⁵, considerado un sistema de información compuesto por 18 indicadores territoriales, integrado en cuatro dimensiones para evaluar el bienestar humano a nivel regional y comunal.

Es particularmente interesante la *dimensión socioeconómica*, que se representa en la figura siguiente donde se puede comprobar que el rasgo más característico de la región es la elevada variabilidad del índice, que en promedio es de 0,67 para el conjunto regional. Se trata una variable que valora la condición social como una dimensión estructurante del bienestar territorial, especialmente considerando los altos índices de segregación que se refleja en la separación espacial de distintos grupos sociales en el territorio. Este índice utiliza la información censal a nivel de hogares, con variables similares elaboradas por el

⁵ Gobierno de Chile. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Consultado en: [MBHT - Matriz de Bienestar Humano Territorial \(subdere.gov.cl\)](http://subdere.gov.cl)

Instituto Nacional de Estadísticas para 2017. Todas las variables se han normalizado de manera que el valor más alto (1) es lo más deseable.

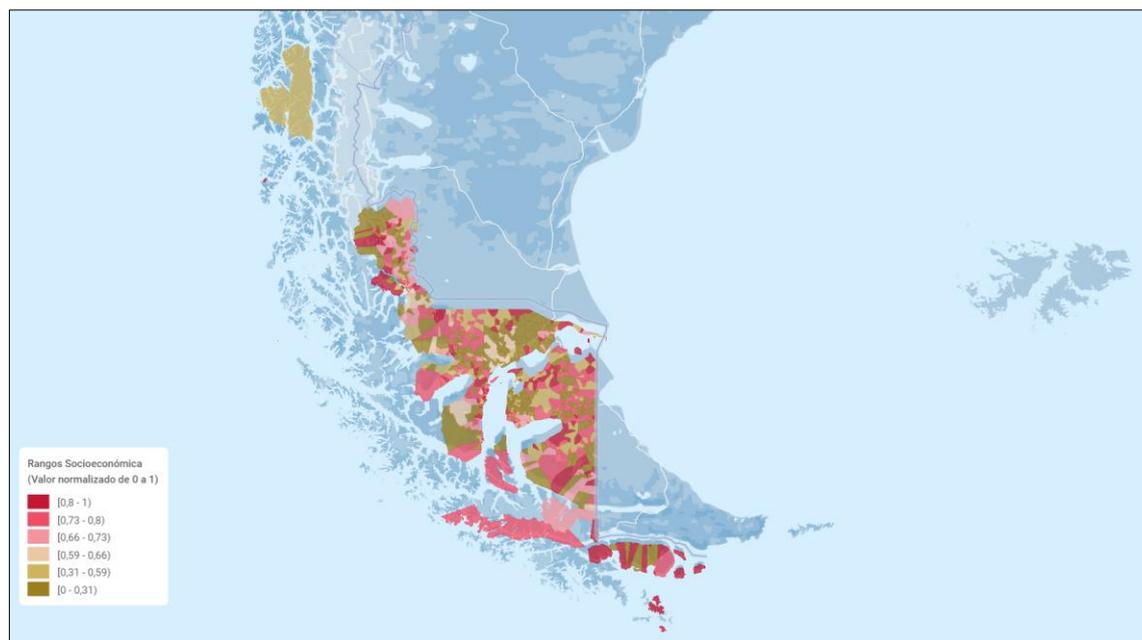


Figura 23. Matriz de Bienestar Humano Territorial (dimensión socioeconómica) en la región de Magallanes.
Fuente: Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (subdere.gov.cl)

Respecto a otros indicadores de tipo socioeconómico, la *Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN)*, para finales del año 2020, ofrece el dato de población en **situación de pobreza** en la Región de Magallanes, que ascendía a 10.110 personas, esto es, el 6,07 % de la población regional.

Respecto a los diversos indicadores de la **distribución de los ingresos** para la región de Magallanes, la participación del ingreso del trabajo en el ingreso monetario de los hogares es del 76 %, siendo el ingreso autónomo promedio del hogar de 1.082.958 \$.

Según la Encuesta Casen 2020, la tasa de **participación laboral** en la región, que informa del porcentaje de la población en edad de trabajar que participa activamente en el mercado del trabajo (ocupados y desocupados), fue de 55,9 %, habiendo disminuido en tres puntos porcentuales respecto al año 2011. La tasa de ocupación, que da cuenta del número de ocupados en la región en relación con la población en edad de trabajar (activos e inactivos), alcanza el 49,9 %, habiendo disminuido en cinco puntos. La tasa de desocupación, que indica el porcentaje de personas activas que se encuentran desocupadas, ha sido del 10,8 % en 2020, habiendo ascendido respecto al 7 % registrado en el año 2011.

Respecto a la **educación**, la escolaridad promedio de la región alcanza los 11,8 años en 2020, mientras que el porcentaje de población sin educación formal es del 1,9 %, mientras que el porcentaje de población con nivel educacional superior completa es del 26,6 %.

Las estadísticas sobre el **consumo de combustibles y fuentes de energía para usos domésticos** indican que, para las cocinas, se usa el gas de manera generalizada, mientras que para la generación de agua caliente sanitaria (ACS), también se emplea el gas en el 95 % de los hogares, así como para la calefacción. Hay que tener en cuenta que los datos disponibles son del año 2015 por lo que es muy probable que las estadísticas a la fecha actual hayan cambiado en mayor o menor grado. Estos datos son interesantes

desde el punto de vista de la reducción de emisiones y al analizar los Inventarios Regionales de GEI en el apartado 4, con el objetivo de establecer el peso que supone el consumo de energía doméstica en el conjunto regional y el potencial de mitigación de las posibles medidas a establecer.

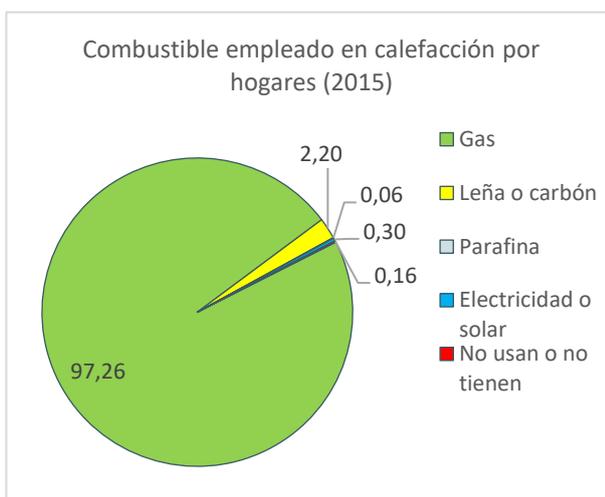
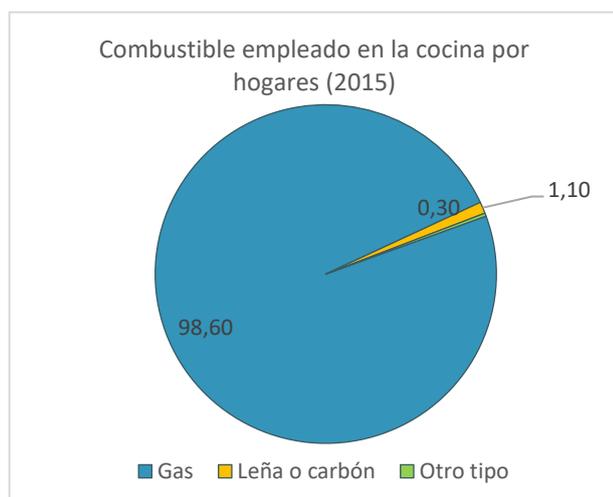
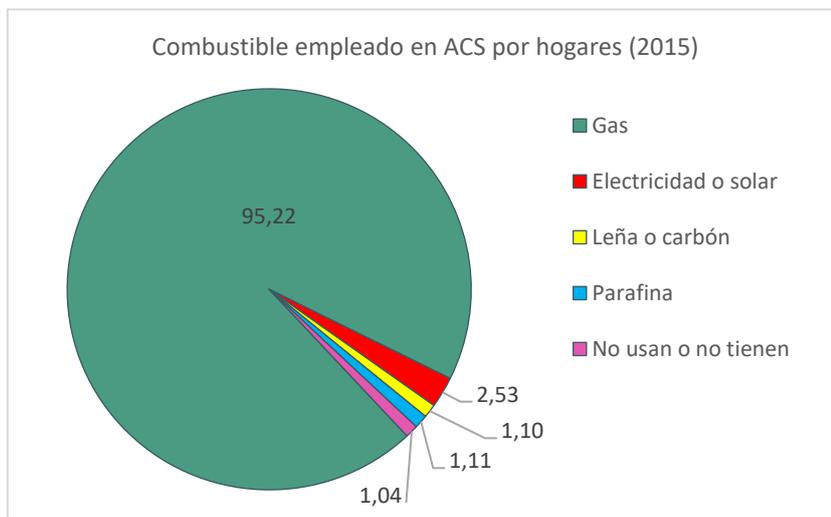


Figura 24. Tipos de energía y combustibles empleados en los hogares en 2015.
 Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN)

3.3. Análisis de las proyecciones climáticas regionales: caracterización del clima presente y proyecciones climáticas futuras

En este apartado se realiza un “[Análisis de las proyecciones de cambio climático en el ámbito territorial de la Región de Magallanes y de la Antártica chilena](#)”, con el objetivo de analizar las tendencias del clima en el futuro respecto al clima actual o presente.

La principal fuente de datos para analizar las proyecciones climáticas regionales en el futuro es el [Atlas de Riesgos Climáticos para Chile \(ARClím\)](#), que se trata de un conjunto de mapas de amenazas climáticas para Chile, en el que se incluye cobertura territorial comunal y/o puntual, por lo que es una herramienta fundamental para la elaboración del *Plan de Acción Regional de Cambio Climático de Magallanes*. A partir de esta fuente, se ha elaborado una cartografía específica de las principales variables climáticas, así como otros análisis adicionales por considerarse de especial interés en la región como, por ejemplo, la nieve acumulada, *número de días fríos al año* o el *número de días de hielo*, al representar una amenaza notable para los ecosistemas presentes en la región y, de manera muy especial, para los glaciares.

Otra de las fuentes de datos para esta sección ha sido el “[Informe de Ampliación y Mejora de los Sistemas de Información Climática ARClím. Identificación de información crítica de plataformas ARClím, OOC y COPERNICUS](#)” que tiene como objetivo la mejora de la información climática de la plataforma ARClím y la inclusión de nuevas fuentes de información. El objetivo específico es facilitar la colaboración y sinergia entre las instituciones encargadas del Atlas de ARClím, la plataforma europea COPERNICUS y el Observatorio de Cambio Climático (OCC), para promover el uso de los datos e información climática relevante en la elaboración y monitoreo de los PARCC, e integrar nueva información en la plataforma ARClím proveniente de las cadenas de impacto del propio PARCC.

Contenidos y alcance

El análisis se centra en las proyecciones climáticas del [Explorador de Amenazas de la plataforma ARClím](#), que es la fuente recomendada de información climática para la evaluación de riesgos y la elaboración de cadenas de impacto (<https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/>). Esta herramienta provee información diversa y valiosa acerca de más de 50 índices climáticos tales como temperatura media, días calurosos, frecuencia de precipitación extrema, entre muchos otros. Estos índices están calculados para el clima presente (1980-2010) y futuro (2035-2065) en base a los resultados de un ensamble de más de 20 modelos globales de la iniciativa CMIP-5. Presentan gran nivel de detalle puesto que la resolución espacial es de 5 kilómetros.

En la tabla siguiente se sintetizan las variables o componentes del clima que se han analizado en el presente Informe.

Tipo de índice	Variable o índice	Fuente de datos	Periodo
Precipitación	Precipitación acumulada anual	Elaboración propia a partir de ARClím	Proyecciones climáticas del periodo actual (1980-2010)
	Precipitación trimestral		
	Lluvia máxima diaria trimestral		
	Lluvia máxima diaria trimestral		
Temperatura	Temperaturas medias anuales (°C)		
	Temperaturas medias trimestrales (°C)		

	Promedio de temperatura máxima diaria anual (°C)		Proyecciones de clima para el periodo futuro (2035-2065)
	Promedio de temperatura máxima diaria invierno (°C)		
	Promedio de temperatura máxima diaria verano (°C)		
	Promedio de temperatura mínima diaria anual (°C)		
	Promedio de temperatura mínima diaria invierno (°C)		
	Promedio de temperatura mínima diaria verano (°C)		
Otros índices	Nieve acumulada anual (mm)	Elaboración propia a partir de ARCLIM	
	Nieve acumulada trimestral (mm)		
	Número de días fríos anuales (días)		
	Número de días de hielo anuales (días)		
	Viento máximo diario (m/s)		
	Valor medio del oleaje (m)	Elaboración propia a partir del "Estudio regional de los efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe" CEPAL	Proyecciones (año 2040)
	Valor medio del nivel del mar (mm)		
	Temperatura superficial del agua de mar (°C)		
	Cota de inundación a 50 años (m)		
	Nº de horas de parada en puertos (h)		

Tabla 10. Componentes del clima analizados en el presente informe. Fuente: elaboración propia

3.3.1. Análisis de las principales proyecciones y amenazas climáticas en la región de Magallanes

3.3.1.1. Principales rasgos del clima de Magallanes

La Región de Magallanes y la Antártica chilena, debido a su enorme extensión y su posición geográfica en el extremo austral del país, presenta importantes variaciones que, a través del relieve, la influencia oceánica y otros factores locales del clima, introducen una amplia variedad climática. El principal rasgo es la abundante ventosidad, una amplitud térmica reducida y un clima frío con periodos de máximas precipitaciones en invierno.

De este modo, la **circulación atmosférica** propia de estas latitudes, la **influencia oceánica** especialmente la del océano Pacífico y la presencia del **relieve**, que se concreta en los Andes del sur de la Patagonia, son tres factores fundamentales en el clima imperante en la región.

La **circulación atmosférica** es un aspecto fundamental en esta región, al estar definida por el cinturón de vientos del oeste y el paso de sistemas frontales que se ven transformados por la *Cordillera de los Andes*. Los vientos provenientes del oeste son permanentes durante el año, pero se intensifican durante el verano austral (Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL, 2019). Los vientos cargados de humedad procedentes del océano Pacífico encuentran un obstáculo en los *Andes patagónicos* lo que obliga a estas masas de aire a ascender, generando intensas y copiosas precipitaciones. Después, continúan su camino hacia el este con un bajo contenido de humedad, lo que se traduce en un descenso notable de las precipitaciones hacia el este y noreste. En las costas pacíficas de Magallanes predominan las fuertes borrascas de intensas precipitaciones. Por el contrario, el frente

costero atlántico es notablemente más seco debido a que los vientos húmedos del oeste van perdiendo el agua en su desplazamiento sobre el continente.

El **relieve** también supone un factor geográfico del clima de primer orden para determinar los rasgos climáticos de Magallanes. En la zona meridional se erige la Cordillera Patagónico-Fueguina, cubierta de glaciares y hielos permanentes, que a su vez se fragmentan en múltiples macizos que se combinan con fiordos y canales labrados durante las glaciaciones del Pleistoceno. En la zona más septentrional se encuentran las alturas más importantes con el Cerro Fitz-Roy (3.340 m), Paine (2.670 m) y Monte Balmaceda (2.000 m); en el sector meridional, solo se superan los 2.000 m en Tierra del Fuego, en el Monte Darwin (2.438 m) y Cerro Sarmiento (2.300 m). El obstáculo orográfico que supone la Cordillera Patagónico-Fueguina, provoca que, a barlovento, se produzcan imponentes montos de precipitación, con totales pluviométricos que oscilan entre 3.000 a 4.000 mm anuales. A sotavento, el viento del océano sufre el efecto *fohn*, haciendo que las precipitaciones desciendan a menos de 500 y 300 mm anuales. De este modo, la precipitación sobre esta región se produce principalmente por perturbaciones incrustadas en el flujo zonal del oeste y está fuertemente modificada por los Andes australes (Garreaud et al. 2013). Por lo tanto, el levantamiento en el lado de barlovento conduce a condiciones hiper húmedas a lo largo de la costa del Pacífico y la vertiente occidental de los Andes (en algunos sectores de islas, como Isla Guarello, se han llegado a registrar en años húmedos 9000 mm de precipitación); por el contrario, la subsidencia cuesta abajo seca las llanuras orientales, lo que lleva a condiciones áridas y altamente evaporativas, generando un gran contraste entre ambas laderas.

Además, la presencia de la Cordillera, unido a la latitud de la región, da como resultado la presencia de un clima glaciar de montaña en altitudes superiores a 1.400 m con temperaturas muy bajas. Este régimen térmico, y especialmente la precipitación y su distribución, determinan el tipo de vegetación existente, predominando el bosque magallánico a barlovento, mientras que en las zonas más secas se desarrolla la estepa formada por arbustos y gramíneas.

Una característica común a toda la región se caracteriza son sus bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. Debido a su proximidad a los 60°S (una zona caracterizada por sistemas de baja presión y ciclones subpolares), los sistemas frontales pasan regularmente por la región.

Debido a la combinación de altas precipitaciones y bajas temperaturas, la región presenta una criosfera con múltiples elementos, tales como glaciares, manto nival, glaciaretos, etc. En esta zona se ubica parte del Campo de Hielo Sur, una de las masas glaciares más grandes a nivel planetario, posterior en tamaño solo a los polos y Groenlandia.

Atendiendo a la clasificación climática de W. Köppen, los tipos climáticos presentes en la región de Magallanes son los siguientes (Santibáñez Q., 2017):

- *Clima de tundra isotérmico (ETiKc)*: Corresponde a toda la zona más occidental en torno a los 51 °S (algo más al norte del Estrecho de Magallanes) hasta el extremo sur, con la influencia fundamental del océano Pacífico y por el *mar de Drake* en la zona más meridional. Las precipitaciones son abundantes, más concentradas en verano que en invierno, y en torno a 1.000 mm anuales, aunque en algunos ámbitos, como *Puerto Williams*, las precipitaciones no llegan a los 600 mm al año. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 5 °C a 7 °C, mientras que la amplitud térmica es baja, con una diferencia de unos 4 °C entre el mes más cálido y el más frío gracias a la

proximidad del océano Pacífico; es por esta razón por la que se le añade el concepto de “isotérmico” debido a la escasa variabilidad térmica. Aquí se dan todas las condiciones para la formación de la tundra, tanto las características climáticas como las del suelo, que no permiten un mayor desarrollo de la vegetación.

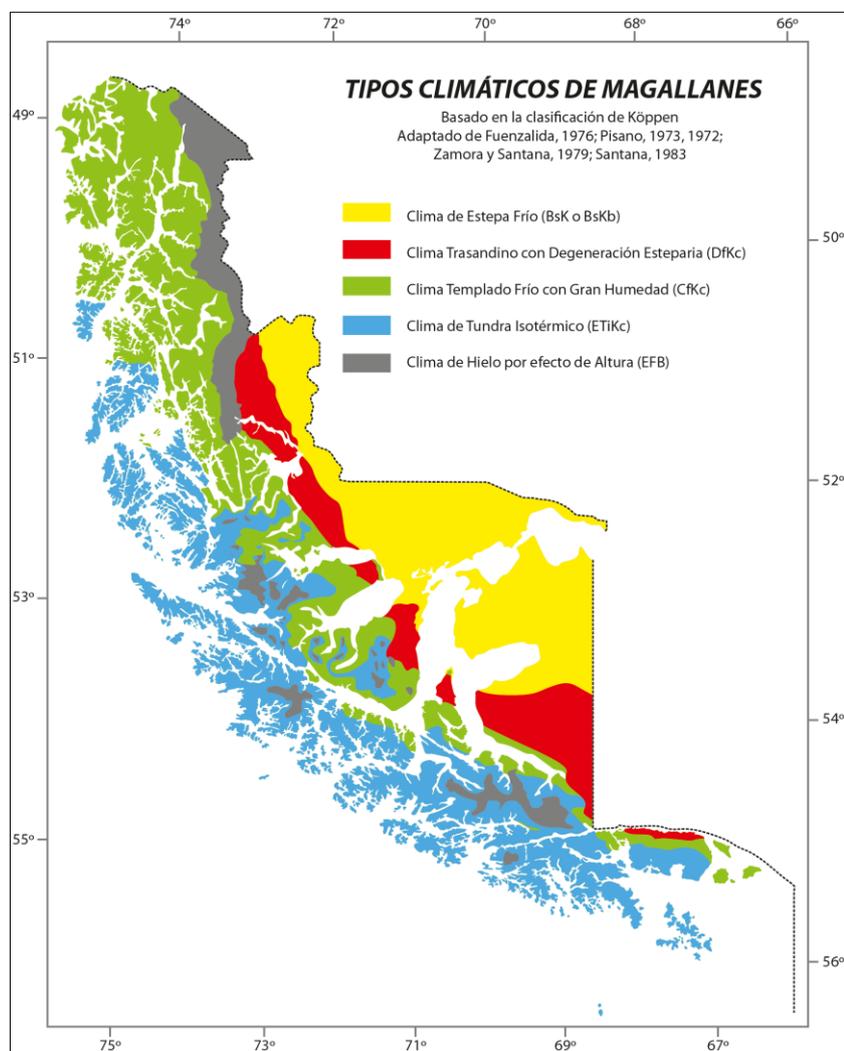


Figura 25. Tipos climáticos de Magallanes, basado en la clasificación de W. Köppen.
Fuente: Atlas Agroclimático de Chile (Santibáñez Q., 2017)

- *Clima templado frío con gran humedad (Cfk'c)*: Ubicado al oeste de la cordillera de los Andes patagónicos y en la zona geográfica archipelágica, se caracteriza por una elevada precipitación anual, superando los 3.500 mm. La nubosidad atmosférica es muy alta y la temperatura media anual es de 9 °C. Este clima corresponde al denominado bosque magallánico, denso y húmedo, en el que se pueden encontrar especies como el coigüe de Magallanes y ciprés de las Guaitecas, entre otras.
- *Clima de hielo por efecto de altura (EFB)*: coincidente con el *Campo de Hielo Sur* y la *Cordillera Patagónica*, se caracteriza por las bajas temperaturas existentes debido al efecto de la altitud que provoca la existencia de hielos eternos. Se localiza principalmente en el norte de la región en una estrecha franja al este del clima templado frío con gran humedad, y otras localizaciones aisladas cuyas condiciones geográficas principales son las altitudes más elevadas. Es por tanto el clima

característico de las zonas más altas de la *Cordillera Patagónica*. La precipitación es elevada, particularmente en las laderas que descienden hacia el Pacífico o hacia los Canales. Los vientos son muy fuertes y las temperaturas, debido a la escasez de registros por las duras condiciones climáticas, no son estadísticamente significativas, pero se estima que las temperaturas medias deben ser ligeramente inferiores a 0 °C y las máximas medias es probable que no superen los 0 °C.

- *Clima trasandino con degeneración esteparia (Dfk'c)*: Se localiza entre la *cordillera Paine* hacia el sur y sureste, la *península de Brunswick* y el sector sur de *Tierra del Fuego*, y se caracteriza por un régimen de precipitaciones constante durante todo el año y cantidades entre 300 y 500 mm. Las temperaturas medias anuales se sitúan en 6 °C – 7 °C. Estos rasgos permiten el desarrollo de una vegetación denominada selva húmeda y fría.
- *Clima de estepa fría (BSk'c)*: corresponde a las zonas de baja altitud localizadas en la zona suroriental de la región, extendiéndose desde Argentina hasta la mitad norte de Tierra del Fuego. Las precipitaciones van disminuyendo a medida que los territorios se encuentran más alejados de la *Cordillera Patagónica*, variando entre los 400 mm en el sector norte cercano a la cordillera, hasta unos 250 mm en el extremo oriental del *estrecho de Magallanes*. Las temperaturas medias de verano superan los 10 °C y en invierno apenas llegan a los 2 °C. La combinación de escasas precipitaciones y bajas temperaturas imprimen el carácter de estepa, por lo que predominan las hierbas y pastos duros.

El Niño Oscilación del Sur (ENOS)

Es importante considerar una componente de la variabilidad climática conocida como ***El Niño Oscilación del Sur*** por las importantes consecuencias que tiene sobre el clima regional y como afecta a algunos sectores o a la intensificación y mayor recurrencia de algunos fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones o precipitaciones intensas. El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es una alteración del sistema océano-atmósfera en el Pacífico tropical caracterizado por una fase cálida conocida como El Niño y una fase fría que es La Niña, y que tiene consecuencias importantes en el clima alrededor del planeta, pero también para la región. Es importante destacar que numerosas variables climáticas están involucradas en este fenómeno; entre las cuales cabe destacar la temperatura del mar, las corrientes marinas, el nivel del mar, los vientos, la presión atmosférica, las lluvias, etc.

Se trata, por tanto, de un fenómeno natural interanual que se caracteriza por la variación de la temperatura superficial del océano en la parte central y oriental del Pacífico tropical, y que está relacionada con cambios atmosféricos. Este fenómeno es cíclico y presenta tres fases diferenciadas; El Niño, fase de calentamiento y lluvias en el Pacífico oriental; La Niña, fase de enfriamiento; y una fase neutra. La relación o acoplamiento entre estos ciclos tiene una influencia notoria en las condiciones climáticas de Chile, incluyendo la región de Magallanes, y genera impactos socioeconómicos de cierta relevancia, al modificar el régimen de lluvias y provocar efectos sobre pesquerías, fenómenos climáticos extremos, agricultura, ganadería, etc.

Estos ciclos descritos presentan una duración que varía entre 9 meses y 2 años y se alternan cada 3-5 años. Este ciclo ha persistido sin grandes interrupciones durante los últimos 11.000 años, pero los científicos auguran cambios futuros a consecuencia del cambio climático.

Entre las componentes que influyen en la existencia de este fenómeno destacan dos fundamentales: la componente oceánica y la componente atmosférica. Para la primera, la temperatura del mar tiene una relación íntima con la atmósfera debido a que se influyen mutuamente y estas variaciones de temperatura afectan la estabilidad del aire, la circulación de la atmósfera, la transferencia de calor, y, por consiguiente, influye también en el régimen de lluvias. De forma general, se puede observar un evento “El Niño” cuando hay un incremento en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico tropical, lo que indica, por lo tanto, una fase cálida. Por otro lado, cuando hay reducciones de la TSM y se observa la fase fría del evento, hay la presencia de “La Niña (Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica -CIIFEN-, 2023). La otra componente vincula al ENOS es la variación de presión atmosférica en dos regiones del océano Pacífico Sur. La región ecuatorial, más cálida y con mayor radiación solar anual, presenta bajas presiones atmosféricas, mientras que, en las regiones polares, con menor temperatura atmosférica, registra mayores presiones atmosféricas. En zonas de altas presiones, el aire se encuentra comprimido, por lo que va a buscar espacios hacia donde pueda desplazarse, mientras que en las zonas de bajas presiones hay mayor espacio, razón por la que las zonas de baja presión atraen las de alta presión. Cuando hay inversión de estas condiciones, es decir cuando este sistema de presión alta y baja se invierten en estas, hay una Oscilación (Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica -CIIFEN-, 2023).

Según la naturaleza y generación de este complejo fenómeno se advierte la posible influencia del cambio climático sobre la modificación de este fenómeno que, por otra parte, tiene influencia a su vez sobre el clima mundial. Se trata de un acoplamiento atmósfera-océano, ya que los cambios de presión atmosféricos están influyendo en los cambios de temperatura oceánicos, y viceversa. Algunos ejemplos de la influencia del ENOS sobre el clima planetario es que, en los años en que se registra La Niña, la temperatura media global tiende a reducirse. Pero el ENOS también influye en el régimen de la precipitación en distintos lugares del mundo y en el movimiento de la corriente en chorro, y por tanto también en el movimiento de masas de aire cálido y frío (Agencia Estatal de Meteorología, Gobierno de España, 2023).

Se trata de algunos ejemplos que muestran la necesidad de considerar este fenómeno, sus efectos y su comportamiento en las políticas y estrategias adaptación al cambio climático; los últimos estudios e investigaciones apuntan a que el cambio climático está afectando de manera importante al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur, aunque la oscilación es en sí misma tan compleja y variable que resulta difícil identificar dónde está ocurriendo el cambio con mayor fuerza (Elcacho, 2022)⁶.

Los efectos del ENSO están ampliamente estudiados, habiéndose observado, por ejemplo, que durante El Niño se produce un aumento de las precipitaciones en el invierno austral en la zona central de Chile (Verbist et al., 2010; Robertson et al., 2013) y del caudal en la Patagonia (Rivera et al., 2018).

El reto ahora es analizar las investigaciones más recientes sobre como el cambio climático afectará al ENSO y como repercutirá sobre los distintos sistemas naturales y sectores de actividad. Tal como se observa en la figura siguiente, la influencia de El Niño y La Niña es determinante en el régimen de precipitaciones y en la temperatura según las diferentes zonas o regiones del planeta y la oscilación cíclica del fenómeno.

⁶ Elcacho, J. (2022). Los fenómenos de El Niño y La Niña, alterados por el cambio climático mucho antes de lo previsto. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/natural/20221117/8610269/fenomenos-nino-nina-alterados-cambio-climatico-previsto.html>

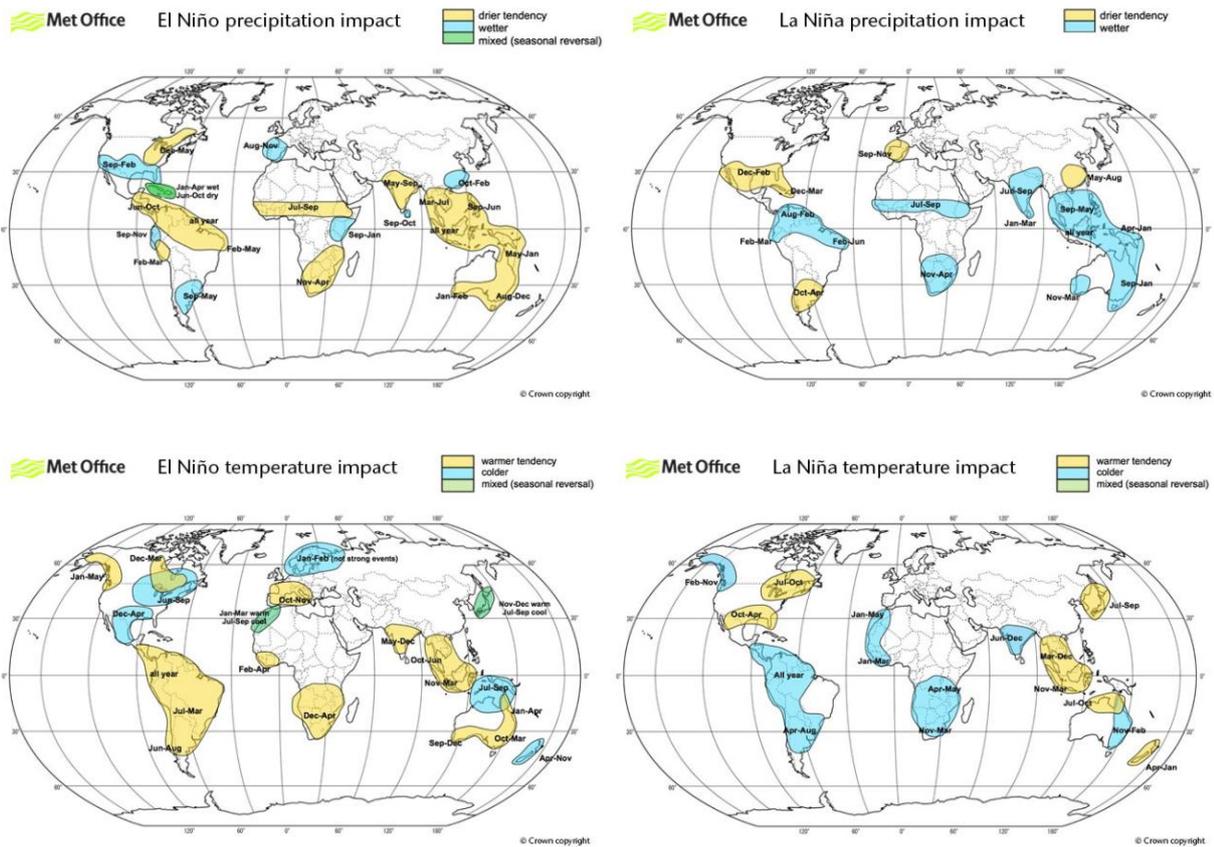


Figura 26. Influencia de El Niño y La Niña en el régimen de precipitaciones y en la temperatura. los tonos amarillos indican que el fenómeno genera una tendencia seca o cálida, los celestes una más húmeda o fría y los verdes una mezclada, que se invierte con las estaciones. Fuente: Mett Office (El Niño Southern Oscillation (ENSO) region sea surface temperature forecasts, 2023)

Precipitaciones

La Patagonia occidental presenta un clima templado hiper húmedo, un ciclo estacional modesto y una precipitación media anual en el rango de 5000–10000 mm. Estas altas acumulaciones surgen del efecto de precipitación orográfica, cuando los flujos de aire húmedo interactúan con la topografía local y sustentan extensas selvas tropicales y ríos principales, numerosos glaciares y el Campo de Hielo Sur.

La precipitación media desciende a menos de 300 mm por año en solo unas pocas decenas de kilómetros, posterior al inicio del descenso de la cordillera, lo que provoca una rápida desaparición de la vegetación y una sombra de lluvia que se extiende hasta la costa atlántica donde la precipitación media solo alcanza los 500–700 mm año.

En la siguiente figura se muestra la red de medición conjunta de la DGA y la DMC en la región, las cuales se ubican principalmente en el lado oriental de los Andes, como es posible ver en los montos de precipitación anual que registran. Un gran conjunto de estas estaciones no supera los 250 mm anuales de precipitación, mientras que estaciones en la misma latitud, pero ubicadas en el sector oeste tienen valores que superan los 1000 mm anuales. Sin embargo, existe un claro sesgo en la red de medición, careciéndose de estaciones en las zonas más lluviosas de la región. Adicionalmente a esta variabilidad espacial, es posible observar una gran variabilidad temporal. Los paneles inferiores de la figura muestran la información para la estación Punta Arenas a escala mensual y anual, para el periodo 1940–2023, el más

extenso de la zona. De esta figura es posible concluir que no existe una tendencia de largo plazo en el comportamiento de las precipitaciones. Otras estaciones de la zona replican esta señal climática.

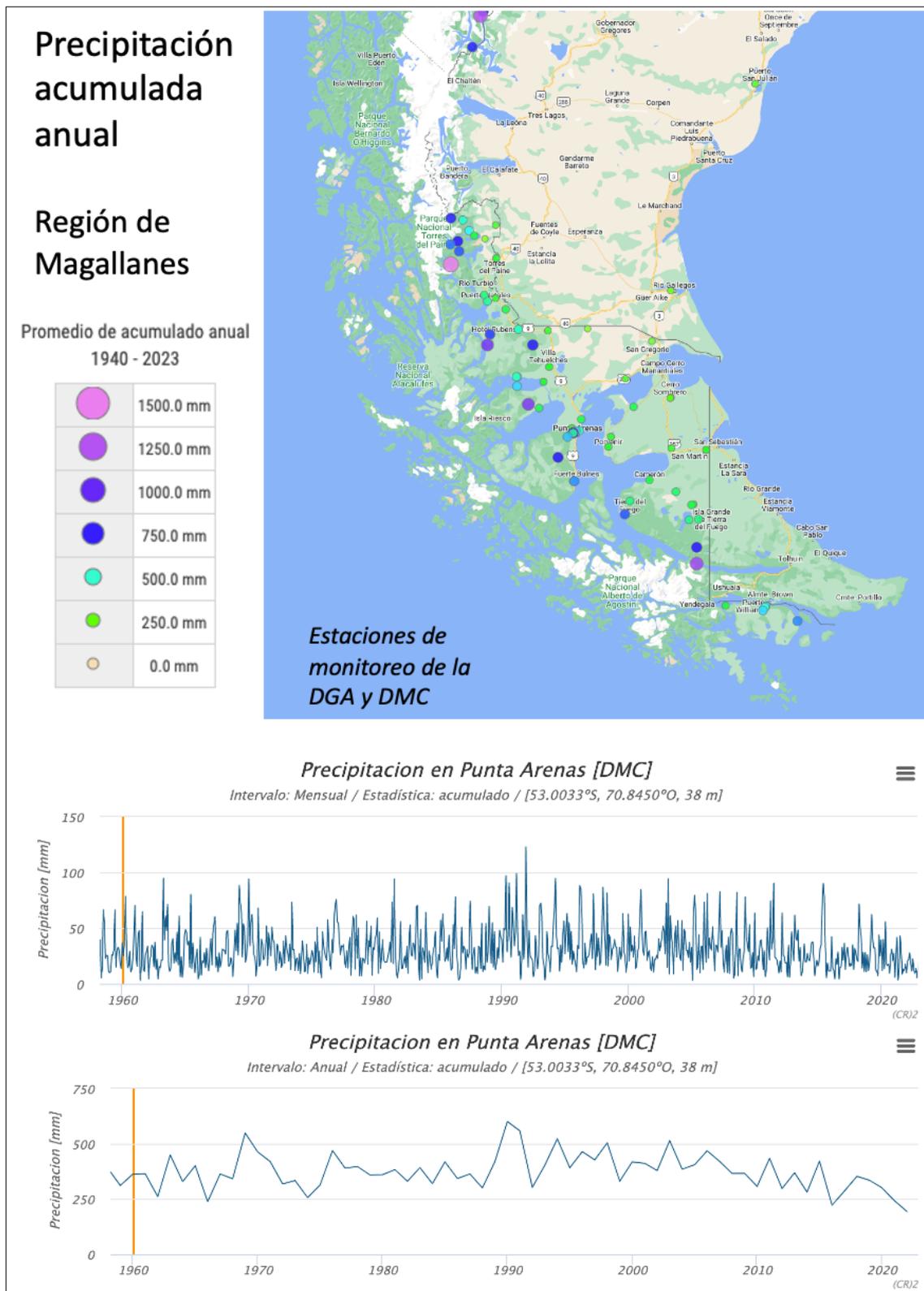


Figura 27. Precipitación acumulada anual en sitios de monitoreo de la DGA y la DMC en la Región de Las Magallanes. El tamaño y color del círculo indica el promedio la precipitación acumulada en el año, utilizado los datos disponibles en el periodo 1940 a 2023. En la parte inferior se muestra la precipitación acumulada mensual y anual para la estación del aeropuerto de Punta Arenas. Fuente: Explorador Climático (<https://explorador.cr2.cl/>).

Temperatura

Además de su aridez, la Patagonia oriental presenta un clima continental, una amplitud térmica de invierno a verano de más de 10°C y condiciones extremadamente ventosas y altamente evaporativas en superficie.

El análisis de la temperatura resulta de gran relevancia, especialmente respecto a las tendencias observadas en los últimos décadas; los campos de hielo presentes en la región se están viendo afectados por aumentos de temperatura que, según las proyecciones climáticas, se intensificarán en el futuro, impactando en las masas de hielo y generando cambios en sus volúmenes, así como también la ubicación de sus líneas de altitud de equilibrio.

Particularmente vulnerables son los glaciares de menor tamaño, que son susceptibles a grandes pérdidas de volumen (Manquehual-Cheuque et al 2021). Desde el 2014 los glaciares han disminuido en masa un 8%, pasando de 23.641 km² a 21.647 km² en 2019, según lo señalado por la Dirección General de Aguas (DGA). Esto corresponde a una disminución 1.894 km² de superficie glaciar. Solo tres de los glaciares en revisión no se encuentran en retroceso según los inventarios de glaciares de la DGA (DGA 2011). El retroceso acelerado de los glaciares genera algunas condiciones de riesgo, tales como la liberación de terreno inestable, que eventualmente genera deslizamientos y avalanchas, generando el riesgo de crecidas de orden glaciar.

Esta tendencia al aumento, como se ha mencionado, ya se registra en los datos de estaciones de medición de la región, como se puede ver en los registros de la estación Punta Arenas, donde la tendencia es clara. Ambas variables presentan una tendencia al alza de aproximadamente de 0.2°C/década que viene observándose desde inicios de la década de los años 70.

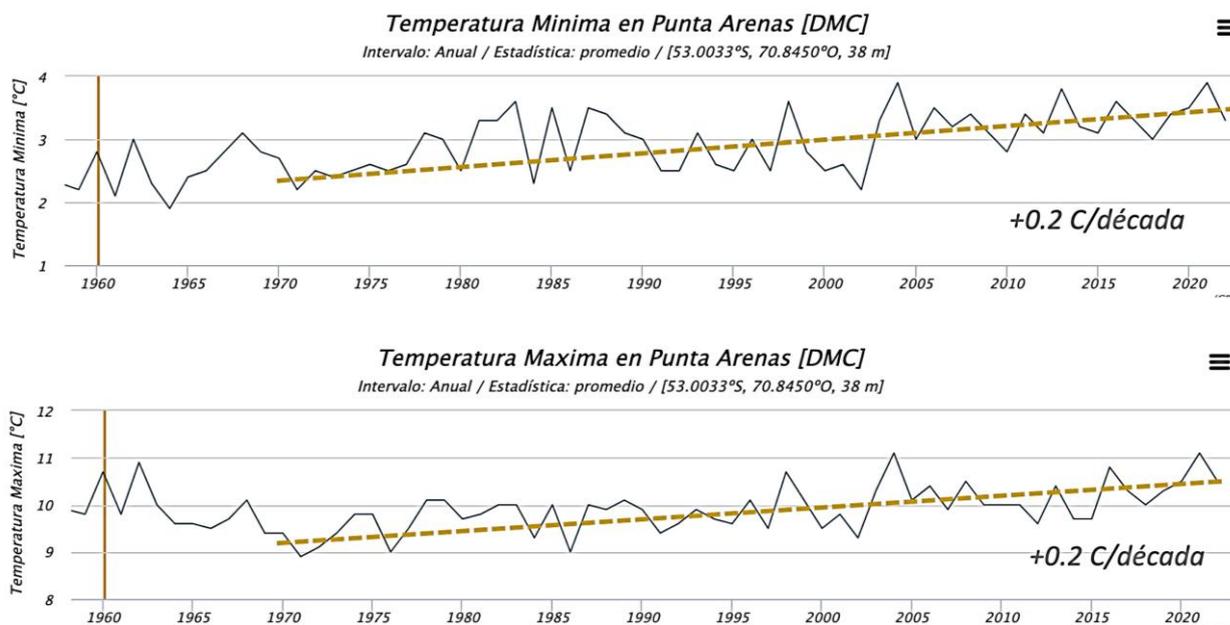


Figura 28. Promedio anual de la temperatura máxima y mínima en la estación del aeropuerto de Punta Arenas. La línea segmentada representa la tendencia desde el año 1970 hasta el presente. Fuente: Explorador Climático (<https://explorador.cr2.cl/>).

Este aumento de temperaturas trae consecuencias sobre la potencial elevación de la isoterma cero y, por tanto, en la expresión de los eventos de precipitación como lluvia (en estado líquido) o nieve (en estado sólido). Este cambio de estado en las precipitaciones se proyecta indistintamente de los eventuales aumentos en los montos de precipitación. Esto corresponde a otro factor de riesgo para los glaciares, los cuales, bajo este contexto, tendrían una menor zona de acumulación de precipitaciones sólidas y, por tanto, una mayor tendencia a la disminución de los volúmenes de los cuerpos glaciares presentes en la zona, acelerando la pérdida de criosfera en la región.

El análisis del clima quedaría incompleto sin describir brevemente el clima de Punta Arenas, la capital de la región y la ciudad más meridional del planeta. En esta pequeña urbe, el clima es frío oceánico de transición continental con inviernos largos y fríos, veranos frescos y cortos, en que tanto el otoño como la primavera son prácticamente inexistentes, constituyendo una de las áreas más inhóspitas del continente americano (Molina, 1983).

Se trata de un clima continental respecto al régimen pluviométrico, pero de clara influencia oceánica como lo testifican la débil amplitud térmica anual 8 °C y la relativa suavidad de los veranos. La cercanía del Continente Antártico es la causa de las temperaturas frescas en verano, aportando olas de frío, con temperaturas rigurosas. A partir de los 700 m de altitud, en el Estrecho de Magallanes aparece la región de hielos perpetuos. Las precipitaciones a lo largo del Estrecho sufren un debilitamiento de oeste a este, en su total anual. Si en Isla Desolación, Bahía Félix recibe 4.709 mm en el interior, Punta Arenas sólo 416,2 mm.

3.3.1.2. Análisis de las proyecciones de precipitación en la región de Magallanes

Cambio Anual de Precipitación

El cambio más significativo en la **Precipitación Anual Acumulada** se observa en la zona nororiente de la comuna de *Torres del Paine*, la comuna de *Laguna Blanca* y sus límites con *Río Verde* y *Punta Arenas*, además de los bordes del *estrecho de Magallanes* en su zona centro.

Por el contrario, el cambio menos acusado se observa en la zona norte de la comuna de *Natales*, llegando incluso a descender la precipitación hasta un 3,37 %.

En general, para toda la región, se puede afirmar que las proyecciones indican un aumento, que en promedio será del 2,28% en su precipitación acumulada anual con respecto al escenario histórico. Aunque en la zona norte de la región las proyecciones son negativas.

Los cambios en la precipitación anual serán menores en las zonas más septentrionales. De modo opuesto, en la Patagonia Trasandina, se espera un alza de precipitaciones.

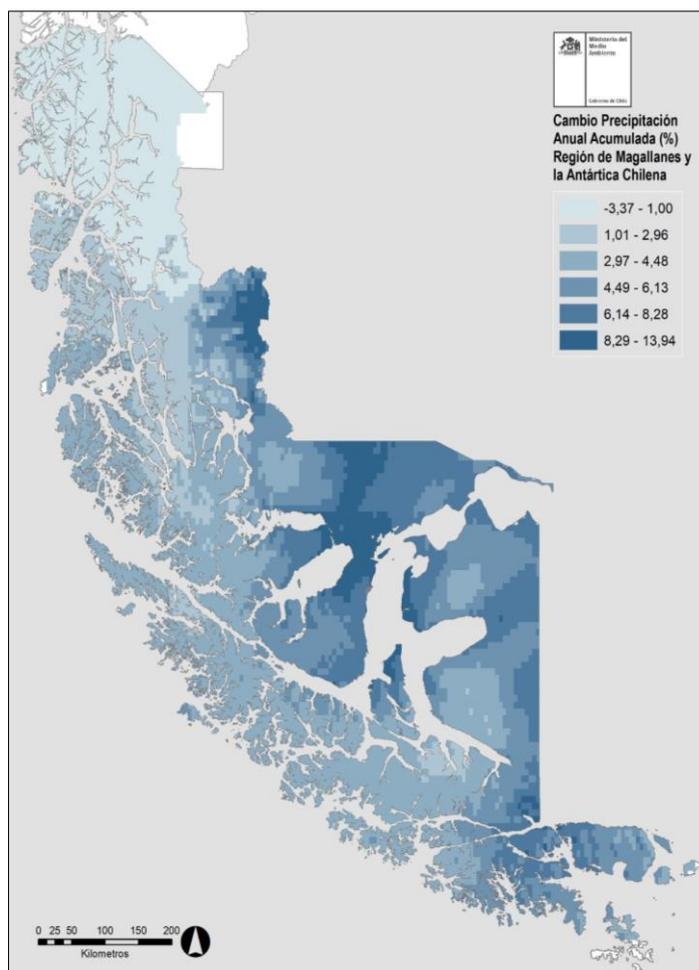


Figura 29. Cambio precipitación acumulada anual (%). Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (2022)

Cambio anual por comuna

Para la compilación de la información presente en este apartado se utilizaron las estadísticas de ARClím con el propósito de conocer el detalle comunal de la situación de cambio en la acumulación de precipitación. En la tabla siguiente se resumen los principales datos de las proyecciones de precipitación por comunas.

Proyecciones de precipitación anual acumulada por comunas			
Comunas	Presente (mm)	Futuro (mm)	Cambio (%)
SAN GREGORIO	218,85	234,32	7,07
PRIMAVERA	274,60	290,20	5,68
LAGUNA BLANCA	284,77	307,18	7,87
PORVENIR	318,22	337,26	5,98
TORRES DEL PAINE	972,03	1.013,91	4,31
CABO DE HORNO	979,53	1.022,62	4,40
TIMAUKEL	999,76	1.037,98	3,82
PUNTA ARENAS	1.185,69	1.239,13	4,51
RÍO VERDE	1.448,12	1.507,34	4,09
NATALES	2.692,08	2.718,35	0,98

Tabla 11. Cuadro comparativo precipitación acumulada anual por comuna. Fuente: ARClím

En la tabla se observa que en todas las comunas se han modelizado aumentos de precipitación para el escenario futuro. En las comunas en las que la precipitación es más baja en la actualidad (San Gregorio, Primavera, Laguna Blanca y Porvenir) y en donde no se superan los 320 mm anuales, es donde se producirán los mayores incrementos, entre casi un 6 % hasta un 7,87 %. En comunas donde la precipitación oscila entre unos 950 mm a casi 1.500 mm anuales, los aumentos de precipitación se sitúan alrededor del 4 %. Por último, en la comuna de Natales, donde las precipitaciones actuales son muy abundantes con más de 2.500 mm anuales, el incremento porcentual apenas llegará al 1 % para el escenario futuro.

Cambio trimestral de precipitación

El escenario de cambio de precipitación acumulada para la región, según las proyecciones, estaría basado en un aumento de la precipitación de hasta un 33,8 %. Sin embargo, estos valores de incremento habría que matizarlos en función de las diferentes épocas del año y las zonas.

Por una parte, el mayor aumento de la precipitación acumulada se registraría en la temporada de invierno, y en las comunas de Torres del Paine y el sector de Laguna Blanca. Por el contrario, las disminuciones en la precipitación tendrían lugar en el periodo estival y estarían más localizadas en las comunas de San Gregorio y Timaukel, así como en toda la mitad septentrional, especialmente en el extremo norte.

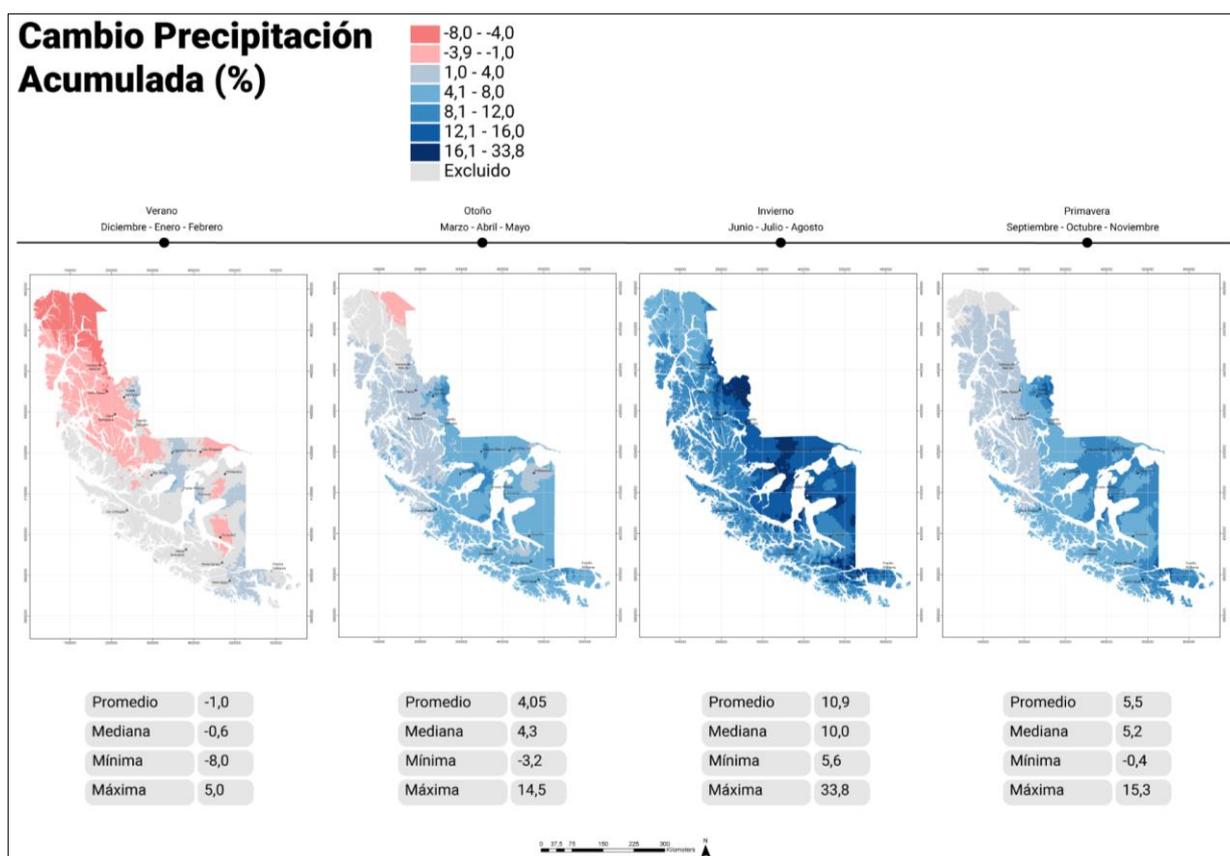


Figura 30. Cambio precipitación acumulada anual (%) por trimestres. Fuente: ARClím

Las precipitaciones acumuladas más elevadas en el periodo futuro se proyectan en las mismas zonas que en el periodo histórico, es decir, seguirían produciéndose en los mismos ámbitos territoriales. En otoño y primavera se registraría tanto disminuciones (solamente en las comunas del extremo septentrional),

como incrementos (en la mayor parte del territorio, pero especialmente en toda la zona meridional y en la mitad suroriental).

Los cambios más intensos serían en invierno y se extenderían a toda la región, siendo en todas las comunas positivos, es decir, que aumentaría la precipitación. No obstante, estos aumentos serían mucho más notables en el sureste regional.

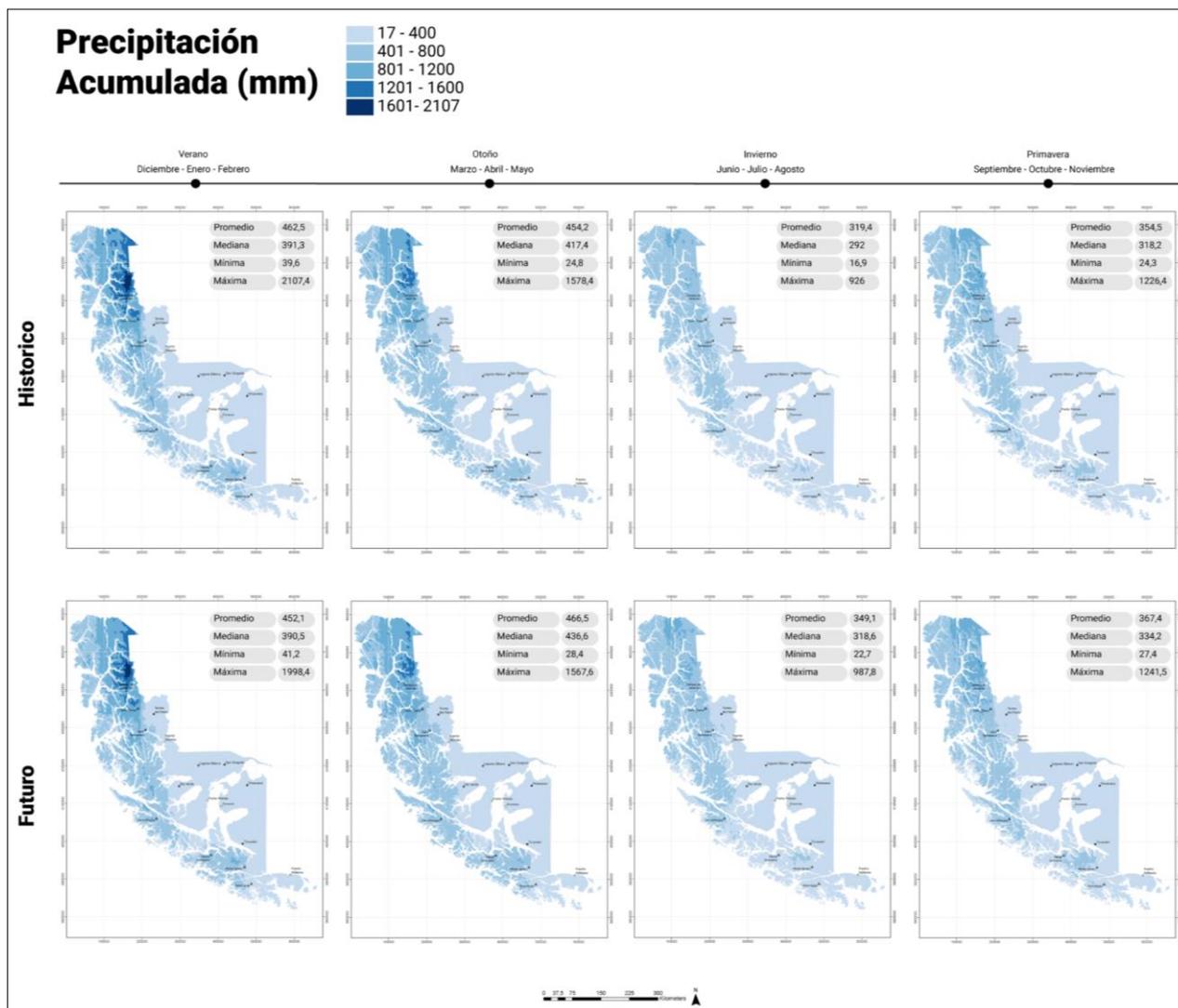


Figura 31. Escenario precipitación acumulada histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 – 400	4.554	113.850	51,18	0 - 400	4.563	114.075	51,28
400 – 800	2.914	72.850	32,75	400 - 800	2.995	74.875	33,66
800 – 1200	1.105	27.625	12,42	800 - 1200	1.090	27.250	12,25
1200 – 1600	285	7.125	3,20	1200 - 1600	223	5.575	2,51
1600 – 2107	40	1.000	0,45	1600 - 2107	27	675	0,30
Total	8.898	222.450	100	Total	88.98	222.450	100

Tabla 12. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en diciembre-enero-febrero. Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 400	4.245	106.125	47,71	0 - 400	4.068	101.700	45,72
400 - 800	3.422	85.550	38,46	400 - 800	3.520	88.000	39,56
800 - 1200	1.143	28.575	12,85	800 - 1200	1.228	30.700	13,80
1200 - 1600	88	2.200	0,99	1200 - 1600	82	2.050	0,92
1600 - 2107	0	0	0,00	1600 - 2107	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	88.98	222.450	100

Tabla 13. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en marzo-abril-mayo.
 Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 400	5.863	146.575	65,89	0 - 400	5.505	137.625	61,87
400 - 800	2.931	73.275	32,94	400 - 800	3.145	78.625	35,35
800 - 1200	104	2.600	1,17	800 - 1200	248	6.200	2,79
1200 - 1600	0	0	0,00	1200 - 1600	0	0	0,00
1600 - 2107	0	0	0,00	1600 - 2107	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	88.98	222.450	100

Tabla 14. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en junio-julio-agosto
 Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 400	5.389	134.725	60,56	0 - 400	5186	129650	58,28
400 - 800	3.050	76.250	34,28	400 - 800	3192	79800	35,87
800 - 1200	457	11.425	5,14	800 - 1200	518	12950	5,82
1200 - 1600	2	50	0,02	1200 - 1600	2	50	0,02
1600 - 2107	0	0	0,00	1600 - 2107	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	88.98	222.450	100

Tabla 15. Distribución porcentual de precipitación acumulada en el territorio en septiembre-octubre-noviembre.
 Fuente: ARClím

3.3.1.1. Lluvia máxima diaria

En base a la plataforma ARClím se elaboraron diversos mapas y descripciones que muestran la variación de lluvia máxima diaria en la región de Magallanes y la Antártica de Chile entre los periodos histórico (1980-2010) y el futuro (2035-2065).

Cambio anual de lluvia máxima diaria

De acuerdo con la información obtenida, la lluvia máxima diaria más elevada se observa en la zona norte de la región, en el Campo de Hielo Sur, con valores entre 70,4 y 104 mm, así como en la comuna de Natales, la cual concentra la mayor cantidad de lluvia diaria, sumándose Río Verde con valores que oscilan entre 39,5 y 104,0 mm.

Los niveles más bajos de lluvia diaria registrados presentan un rango entre 1,1 y 19,1 mm y se producen en la zona más austral de la región, en el entorno del sector de Puerto Williams, y las comunas de Laguna Blanca, San Gregorio, Primavera, Porvenir y el norte de Timaukel.

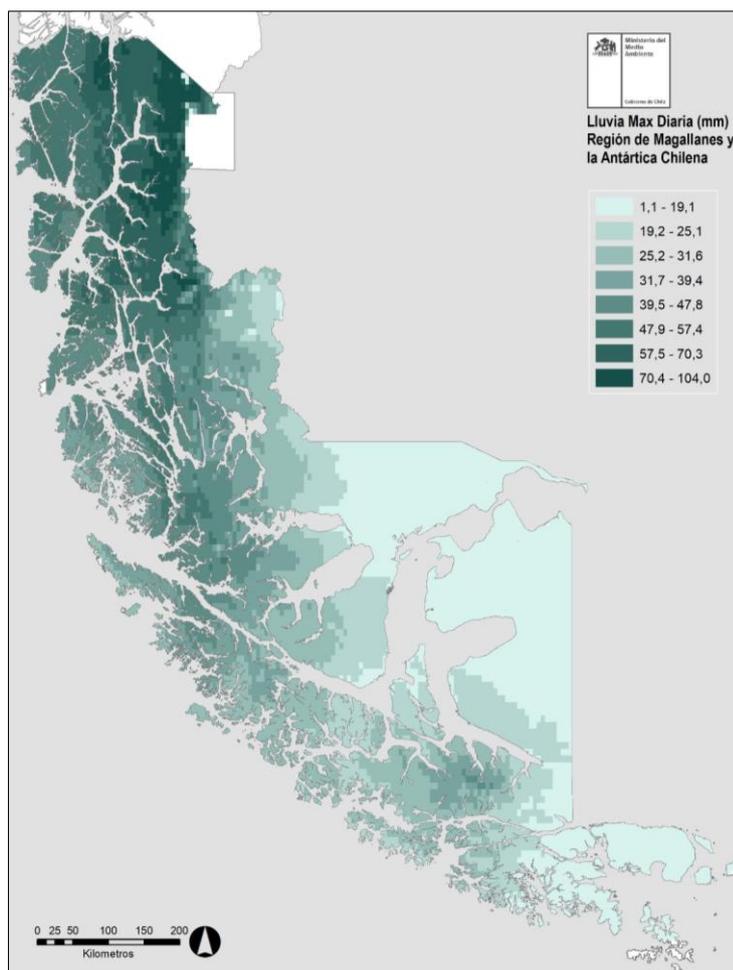


Figura 32. Lluvia máxima diaria (mm). Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2022)

Cambio anual por comuna

En la siguiente tabla se aportan los datos de las proyecciones climáticas de lluvia máxima diaria por comunas, procedentes de ARCLim.

Se puede observar que, al igual que sucede con la precipitación anual, para la lluvia máxima diaria los cambios más intensos se producen en las comunas donde actualmente menos lluvia diaria se registra (San Gregorio, Provenir, Primavera y Laguna Blanca). Se trata de comunas en las que la lluvia diaria no supera los 15 mm, y en las que se prevé un aumento entre el 16 % al 18%. No obstante, se trata de incrementos absolutos bajos, aumentando unos 2,5 mm. En la comuna de Natales, que es donde se registra la lluvia máxima diaria más copiosa (46,31 mm), los incrementos para el futuro serán los más bajos (inferior al 10 %) lo que se traducirá en una lluvia máxima diaria en el futuro de 50,69 mm.

Proyecciones de lluvia máxima diaria acumulada por comunas			
Comunas	Presente (mm)	Futuro (mm)	Cambio (%)
SAN GREGORIO	12,93	15,27	18,05
PORVENIR	13,18	15,63	18,57
PRIMAVERA	13,38	15,62	16,77
LAGUNA BLANCA	14,07	16,55	17,61

Proyecciones de lluvia máxima diaria acumulada por comunas			
Comunas	Presente (mm)	Futuro (mm)	Cambio (%)
CABO DE HORNOS	18,31	20,97	14,53
TIMAUKEL	19,72	22,34	13,28
PUNTA ARENAS	23,29	26,78	14,98
TORRES DEL PAINE	28,11	32,32	14,95
RÍO VERDE	29,16	32,98	13,12
NATALES	46,31	50,69	9,44

Tabla 16. Cuadro comparativo lluvia máxima diaria anual por comuna. Fuente: ARCLim

Cambio por trimestre

De acuerdo con la cartografía obtenida, así como las descripciones realizadas anteriormente, el cambio más significativo de lluvia máxima diaria estará situado en la temporada de invierno, siendo el Campo de Hielo Sur, el norte de la comuna de Torres del Paine, el sur de la comuna de Timaukel y la comuna de Cabo de Hornos los territorios que concentrarían los mayores incrementos.

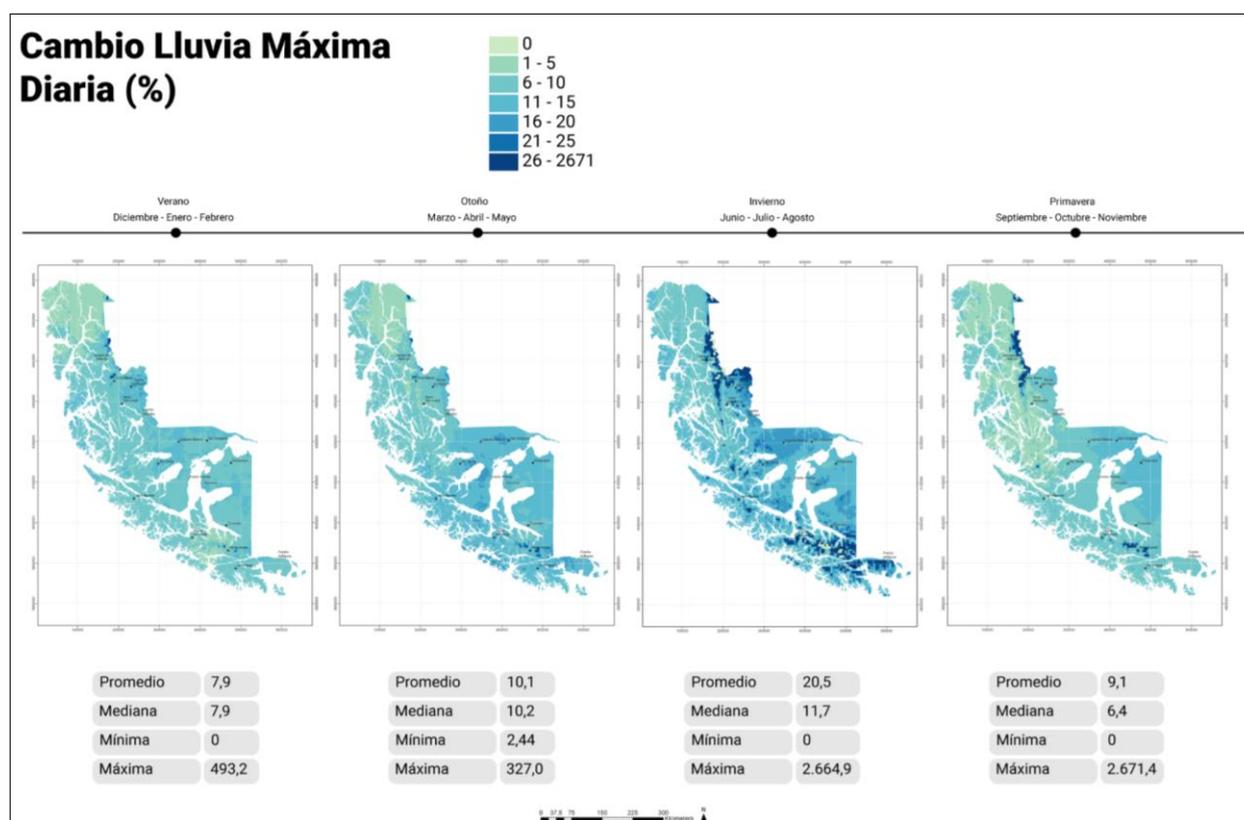


Figura 33. Cambio de lluvia máxima diaria por trimestre. Fuente: Elaboración propia a partir de ARCLim

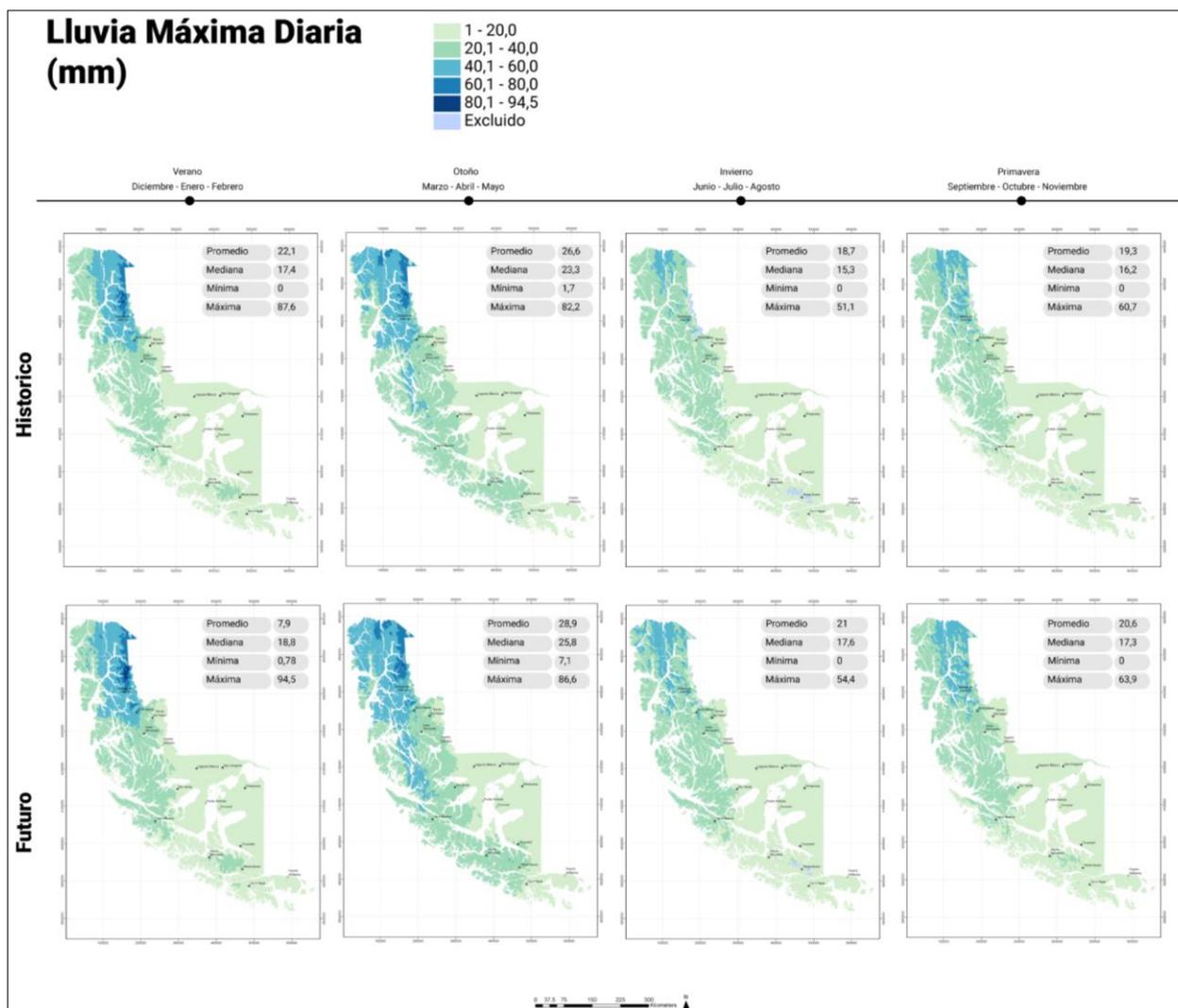


Figura 34. Escenario lluvia máxima diaria histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClím

Por otra parte, y tal como se observa en la figura anterior, los territorios donde se producen los mayores incrementos no coinciden necesariamente con los territorios donde se concentra y se concentrará la mayor cantidad de lluvia diaria precipitada. De este modo, se pueden observar dos dinámicas diferentes:

- **Territorios con lluvias máximas diarias más elevadas y mayores aumentos proyectados:** se trata de las zonas localizadas en el noreste de la región, en el entorno de Torres del Paine, y para las cuales la cantidad máxima es de 87,6 mm en el trimestre diciembre-enero-febrero (periodo actual) y 94,5 mm (periodo futuro).
- **Territorios con lluvias máximas diarias bajas a moderadas y mayores aumentos proyectados:** son las zonas al sur del Estrecho de Magallanes, en las comunas de Cabo de Hornos y Timaukel, en donde actualmente las precipitaciones son bajas a moderadas (entre 1 a 20 mm), y las proyecciones indican aumentos importantes durante el trimestre junio-julio-agosto (+18 % a nivel de toda la comuna en promedio, pero con aumentos puntuales a nivel de rejilla ráster que muestran incrementos del 389 %).

Plan de Acción Regional de Cambio Climático en Magallanes
Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 20	5.056	126.400	56,82	0 - 20	4.740	118.500	53,27
21 - 40	2.801	70.025	31,48	20 - 40	2.942	73.550	33,06
41 - 60	904	22.600	10,16	40 - 60	1.027	25.675	11,54
61 - 80	131	3.275	1,47	60 - 80	169	42.25	1,90
81 - 100	6	150	0,07	80 - 100	20	500	0,22
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 17. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en diciembre-enero-febrero.
Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 20	2.904	72.600	32,64	0 - 20	2.904	72.600	32,64
21 - 40	3.932	98.300	44,19	20 - 40	3.932	98.300	44,19
41 - 60	1.820	45.500	20,45	40 - 60	1.820	45.500	20,45
61 - 80	239	5.975	2,69	60 - 80	239	5.975	2,69
81 - 100	3	75	0,03	80 - 100	3	75	0,03
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 18. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en marzo-abril-mayo.
Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 20	5.412	135.300	60,82	0 - 20	4893	122.325	54,99
21 - 40	3.243	8.1075	36,45	20 - 40	3348	83.700	37,63
41 - 60	243	6.075	2,73	40 - 60	657	16.425	7,38
61 - 80	0	0	0,00	60 - 80	0	0	0,00
81 - 100	0	0	0,00	80 - 100	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 19. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en junio-julio-agosto.
Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Precipitación	Cuenta	Km ²	%	Precipitación	Cuenta	Km ²	%
0 - 20	5.381	134.525	60,47	0 - 20	5.381	134.525	60,47
21 - 40	3.042	76.050	34,19	20 - 40	3042	76.050	34,19
41 - 60	474	11.850	5,33	40 - 60	474	11.850	5,33
61 - 80	1	25	0,01	60 - 80	1	25	0,01
81 - 100	0	0	0,00	80 - 100	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 20. Distribución porcentual de lluvia máxima diaria en el territorio en septiembre-octubre-noviembre.
Fuente: ARClím

3.3.1.3. Análisis de las proyecciones de temperatura en la región de Magallanes

Para el análisis de las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas, se ha elaborado cartografía específica para este *Informe de contexto regional*, al estimarse necesario incluir en el análisis de las proyecciones los extremos de temperatura, en este caso para el periodo anual, y para el invierno y la primavera. Los mapas se han elaborado a partir del **Explorador de Amenazas Climáticas de ARClím**, cuyos datos se han tratado mediante el software **QGIS**, lo que ha permitido realizar un detallado análisis de la información geoestadística.

Cambio de temperatura media anual

Según la información obtenida, se presenta un incremento de temperatura media anual de 1,29 °C en toda la región en promedio. Los lugares más afectados son la comuna de Natales, en toda su extensión, la ciudad de Puerto Williams y sus alrededores. Por el contrario, las zonas donde el cambio de temperatura es menor son el borde costero de la región donde se ubican los archipiélagos e islas desde la comuna de Natales hasta Cabo de Hornos, además de los bordes del estrecho de Magallanes.

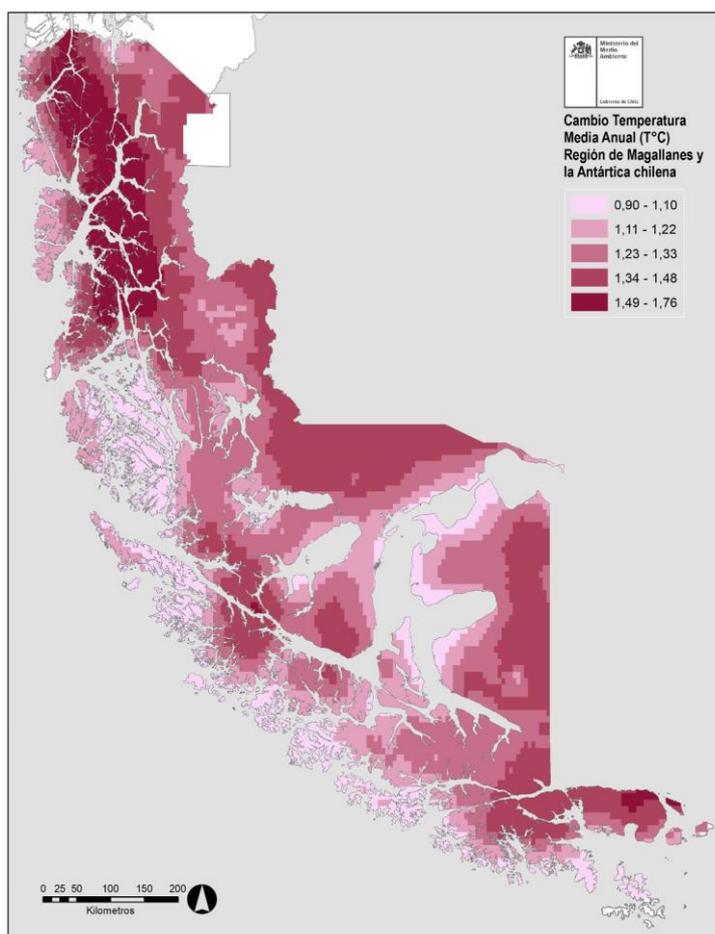


Figura 35. Cambio de temperatura media anual (°C). Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2022)

En general, el cambio más intenso de la temperatura se producirá más al norte, mientras que las zonas menos afectadas serán las cercanas a la costa del Pacífico y Estrecho de Magallanes.

Cambio anual por comuna

Para analizar el cambio anual de la temperatura media anual por comunas, se utilizaron las estadísticas de ARClím, a partir de las cuales se observa que el aumento promedio de temperatura para todas las comunas es de 1,27 °C, con valores mínimos de aumento de 1,2 °C en las comunas de Primavera y Punta Arenas a cambios máximos de 1,34 °C en Natales y 1,36 °C en Laguna Blanca. En líneas generales no se observa un patrón concreto de incremento de las temperaturas medias, y se puede afirmar que los cambios de temperaturas serán bastante homogéneos en toda la región.

Proyecciones de temperatura media anual por comunas			
Comunas	Presente (°C)	Futuro (°C)	Cambio (°C)
CABO DE HORNOS	3,22	4,48	1,25
TIMAUKEL	3,30	4,59	1,27
RÍO VERDE	4,17	5,46	1,28
PUNTA ARENAS	4,25	5,45	1,20
NATALES	4,67	6,01	1,34
TORRES DEL PAINE	4,85	6,16	1,30
PORVENIR	5,22	6,50	1,28
LAGUNA BLANCA	5,69	7,05	1,36
SAN GREGORIO	6,14	7,45	1,30
PRIMAVERA	6,39	7,59	1,20

Tabla 21. Cuadro comparativo temperatura media anual por comuna. Fuente: ARClím

Cambio de temperatura media trimestral

De acuerdo con los datos analizados, el cambio de temperatura media se agudiza en el periodo de invierno, en donde al menos el 50 % del territorio estará cubierto por un alza de más de +1,4 °C, alcanzando una máxima de +2,05 °C.

Los lugares más afectados por esta situación en junio, julio y agosto se centrarán principalmente las comunas de Natales, Torres del Paine, Laguna Blanca, Timaukel, Cabo de Hornos, Río Verde y Punta Arenas.

En los mapas siguientes se observan, tanto el cambio de la temperatura media anual por trimestres en el periodo futuro respecto al actual, como la temperatura media actual y la proyectada para ambos periodos y trimestres.

En la primera de las figuras se observa claramente como es el trimestre de invierno el que registraría los cambios de temperatura más acusados, mientras que en primavera los cambios serán los más leves.

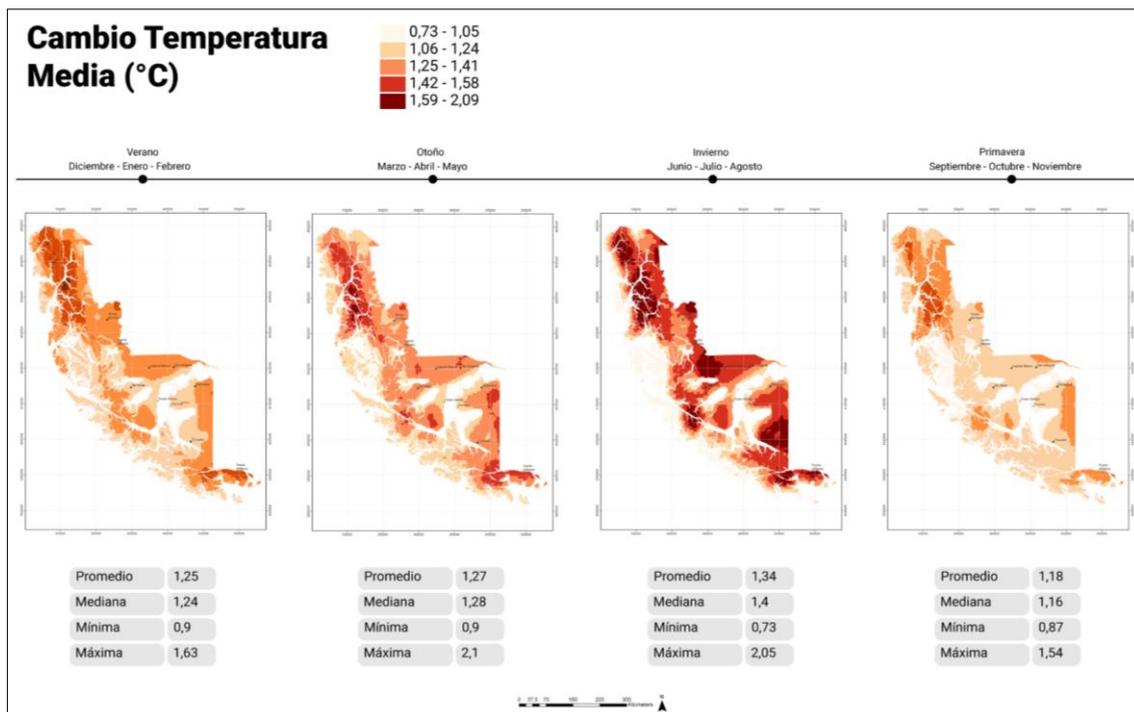


Figura 36. Cambio temperatura media trimestral en Magallanes (°C). Fuente: Elaboración propia a partir de ARClím

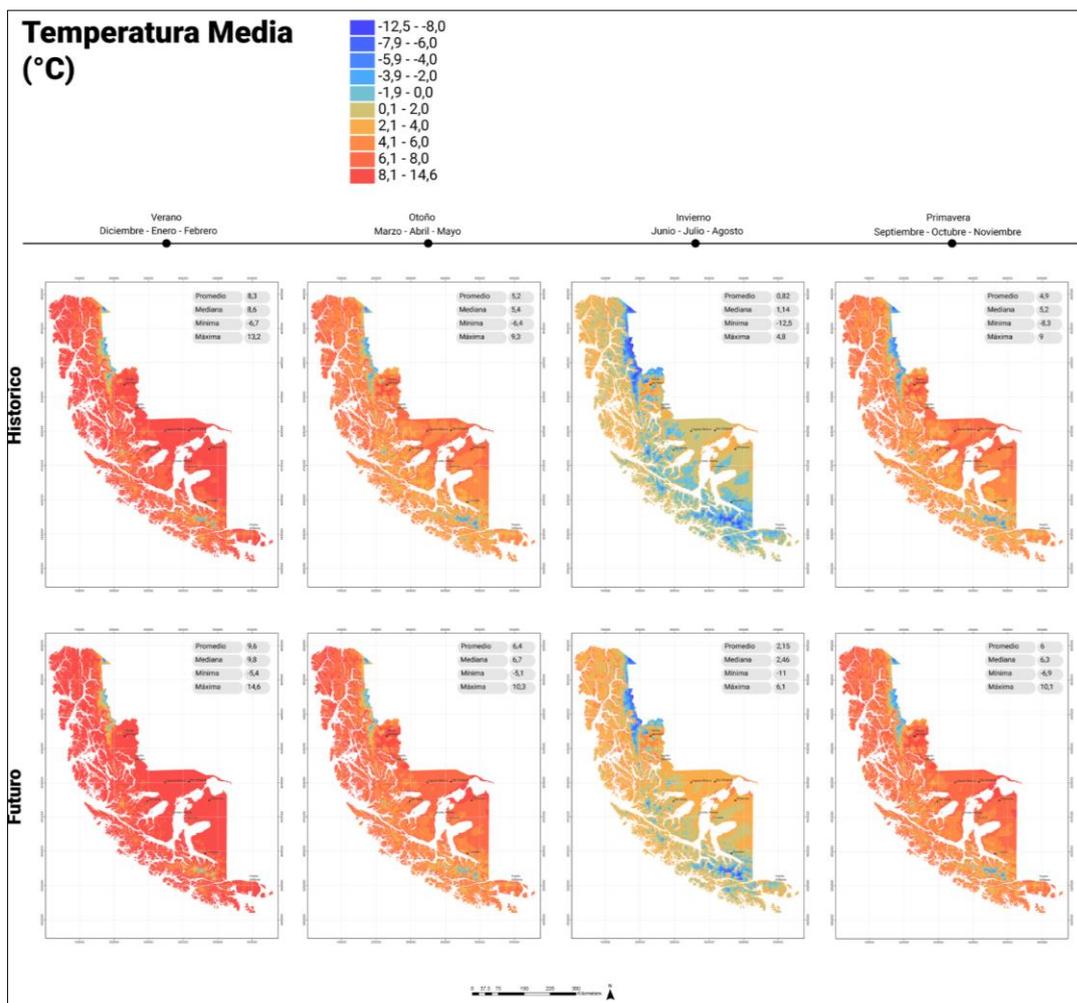


Figura 37. Escenario temperatura media histórico y futuro por trimestre (°C). Fuente: ARClím

Plan de Acción Regional de Cambio Climático en Magallanes
Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

Presente				Futuro			
Temperatura	Cuenta	Km ²	%	Temperatura	Cuenta	Km ²	%
1	0	0	0,00	1	0	0	0,00
2	1	25	0,01	2	0	0	0,00
3	4	100	0,04	3	3	75	0,03
4	17	425	0,19	4	4	100	0,04
5	73	1.825	0,82	5	42	1.050	0,47
6	111	2.775	1,25	6	90	2.250	1,01
7	169	4.225	1,90	7	110	2.750	1,24
8	503	12.575	5,65	8	225	5.625	2,53
9	2.306	57.650	25,92	9	969	24.225	10,89
10	5.714	142.850	64,22	10	7455	186.375	83,78
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 22. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en diciembre-enero-febrero.

Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Temperatura	Cuenta	Km ²	%	Temperatura	Cuenta	Km ²	%
1	0	0	0,00	1	0	0	0,00
2	1	25	0,01	2	0	0	0,00
3	8	200	0,09	3	4	100	0,04
4	52	1.300	0,58	4	10	250	0,11
5	112	2.800	1,26	5	82	2.050	0,92
6	266	6.650	2,99	6	137	3.425	1,54
7	1.313	32.825	14,76	7	419	10.475	4,71
8	4.169	104.225	46,85	8	2323	58.075	26,11
9	2.836	70.900	31,87	9	4485	112.125	50,40
10	141	3525	1,58	10	1438	35.950	16,16
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 23. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en marzo-abril-mayo. Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Temperatura	Cuenta	Km ²	%	Temperatura	Cuenta	Km ²	%
1	53	1.325	0,60	1	13	325	0,15
2	90	2.250	1,01	2	60	1.500	0,67
3	142	3.550	1,60	3	91	2.275	1,02
4	401	10.025	4,51	4	183	4.575	2,06
5	1.580	39.500	17,76	5	579	14.475	6,51
6	4.133	103.325	46,45	6	2378	59.450	26,73
7	2.426	60.650	27,26	7	4391	109.775	49,35
8	73	1.825	0,82	8	1202	30.050	13,51
9	0	0	0,00	9	1	25	0,01
10	0	0	0,00	10	0	0	0,00
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 24. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en junio-julio-agosto. Fuente: ARClím

Presente				Futuro			
Temperatura	Cuenta	Km ²	%	Temperatura	Cuenta	Km ²	%
1	1	25	0,01	1	0	0	0
2	5	125	0,06	2	4	100	0,04
3	38	950	0,43	3	7	175	0,08
4	95	2.375	1,07	4	70	1.750	0,79
5	123	3.075	1,38	5	104	2.600	1,17
6	305	7.625	3,43	6	156	3.900	1,75
7	1.503	37.575	16,89	7	572	14.300	6,43
8	4.307	10.7675	48,40	8	2713	67.825	30,49
9	2.458	61.450	27,62	9	4513	11.2825	50,72
10	63	1.575	0,71	10	759	18.975	8,53
Total	8.898	222.450	100	Total	8.898	222.450	100

Tabla 25. Distribución porcentual de temperatura media en el territorio en septiembre-octubre-noviembre.
 Fuente: ARClím

3.3.1.4. Análisis de las temperaturas máximas y mínimas diarias para la región de Magallanes

Temperaturas medias de las máximas diarias anuales

El aumento de las temperaturas promedio de las máximas anuales oscilará entre 0,8 °C y 1,8 °C según las proyecciones para el periodo 2035-2065. Los incrementos más elevados se producirán en la comuna de Natales, así como en la comuna de Cabo de Hornos, en la zona costera de Puerto Williams. Por el contrario, la horquilla entre 0,8 °C a 1 °C, que corresponde con los aumentos más suaves, se ha modelizado para las costas pacíficas del centro y sur de la región.

De este modo, en los territorios de la Pampa Magallánica, se pasaría de unas temperaturas medias de las máximas anuales de 12,6 °C a 14°C, o en las zonas más frías del Campo de Hielo Sur, de unos -2,7 °C a -1,3 °C. En las costas de Puerto Williams, al norte de la comuna de Cabo de Hornos, la media de las máximas pasaría de 9,7 °C en la actualidad a 11,4 °C en el periodo futuro.

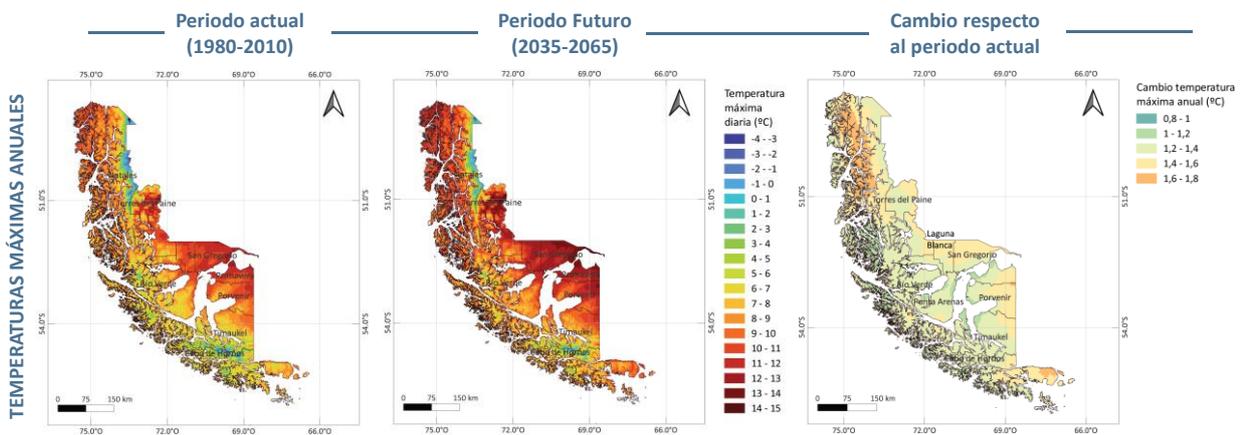


Figura 38. Promedio de las temperaturas máximas anuales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas anuales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím

El incremento de las temperaturas medias de las máximas en invierno presenta un rango de cambio más amplio que para las máximas anuales, estando los aumentos entre 0,7 °C y 2,09 °C, registrándose este valor (+2,09 °C) en la zona de la Isla Chatham, al oeste del Campo de Hielo Sur.

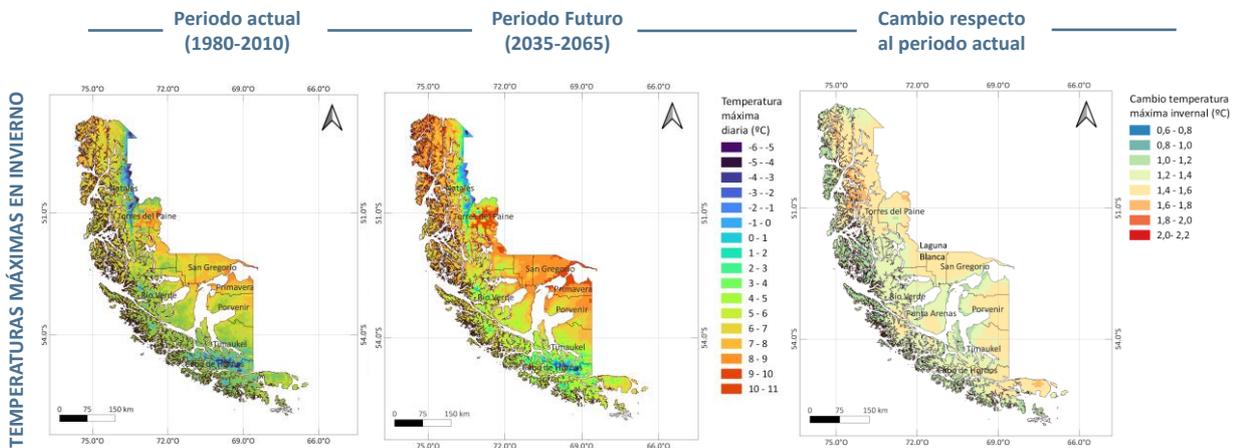


Figura 39. Promedio de las temperaturas máximas invernales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas invernales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARCLim

En la figura correspondiente se observa que las zonas con temperaturas máximas invernales más elevadas en el periodo futuro serán las costas pacíficas de Natales y las comunas de Torres del Paine, San Gregorio y Primavera, con temperaturas máximas entre 10,3 °C en las costas atlánticas de San Gregorio y Provenir, 10,1 °C en determinados puntos de Torres del Paine, y 9 °C en las costas pacíficas del norte.

Durante los meses de **verano**, la mayor parte del territorio regional presenta aumentos de temperatura entre 1,2 °C y 1,6 °C, siendo algo mayores en la comuna de Natales y costas del Atlántico (cambios entre 1,4°C y 1,6 °C) e inferiores (cambios de 1,0 °C) en las costas meridionales del Pacífico. En verano las proyecciones indican temperaturas promedio para el futuro que pueden llegar a alcanzar los 18,9 °C en los territorios más orientales de la región, especialmente en las costas atlánticas y localizaciones de la comuna de Torres del Paine.

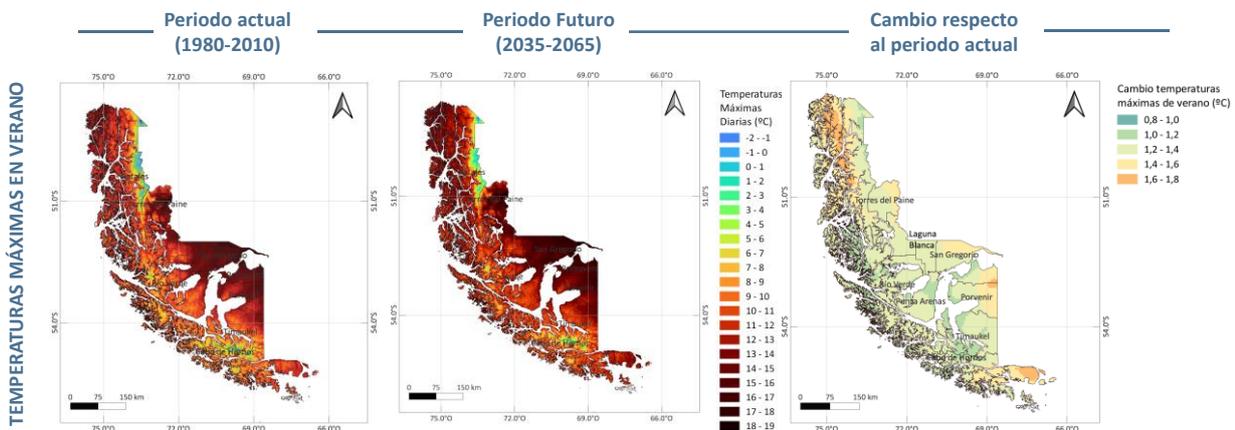


Figura 40. Promedio de las temperaturas máximas estivales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas máximas estivales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARCLim

Temperaturas medias de las mínimas diarias

Las proyecciones calculadas para el **promedio de las mínimas anuales** oscilan entre los 0,6 °C a 1,0 °C, siendo los aumentos más acusados al oeste del Campo de Hielo Patagónico Sur y la comuna de Natales, excepto en las zonas costeras, así como en la comuna de Río Verde.

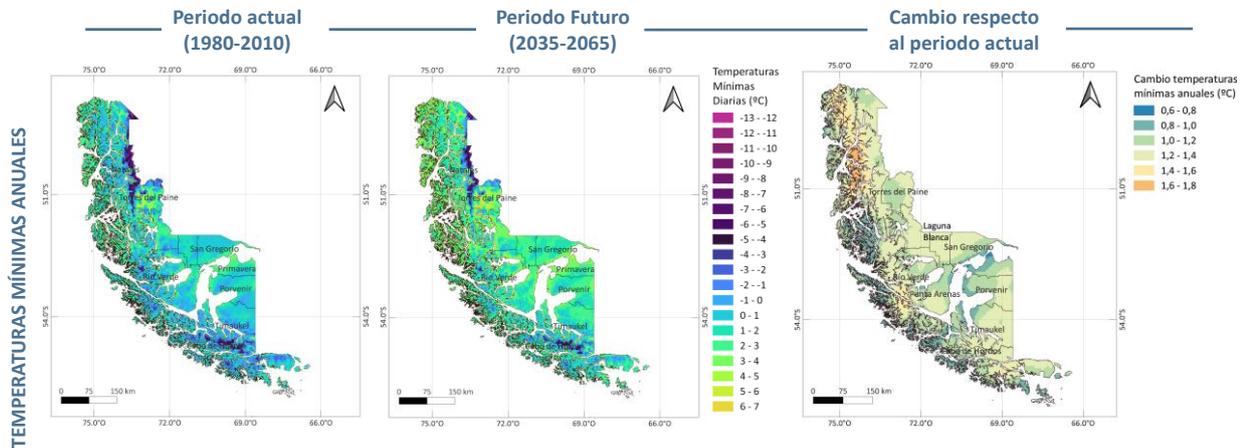


Figura 41. Promedio de las temperaturas mínimas anuales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas anuales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím

Con aumentos algo inferiores se encuentran todas las zonas orientales de la región, coincidentes con la Pampa Magallánica. En las zonas costeras del Pacífico de la mitad meridional, las mínimas diarias aumentarán menos de 0,8 °C.

Analizando el **promedio de las mínimas para la estación invernal**, se observan cambios algo más acusados que respecto al cómputo anual. Se prevén cambios que llegan hasta los 2 °C de diferencia en el futuro respecto al periodo actual, aunque estos aumentos muestran un patrón más heterogéneo sobre el territorio, aunque coincide con las mínimas anuales en que los aumentos menos drásticos se producirían en la vertiente costera del Pacífico, y en las zonas costeras del Atlántico. Los aumentos de las mínimas invernales más elevados se proyectan en la franja central de la comuna de Natales (excepto zonas costeras y Campo de Hielo Sur), y en la Pampa meridional, Río Verde y sureste de la comuna de Torres del Paine.

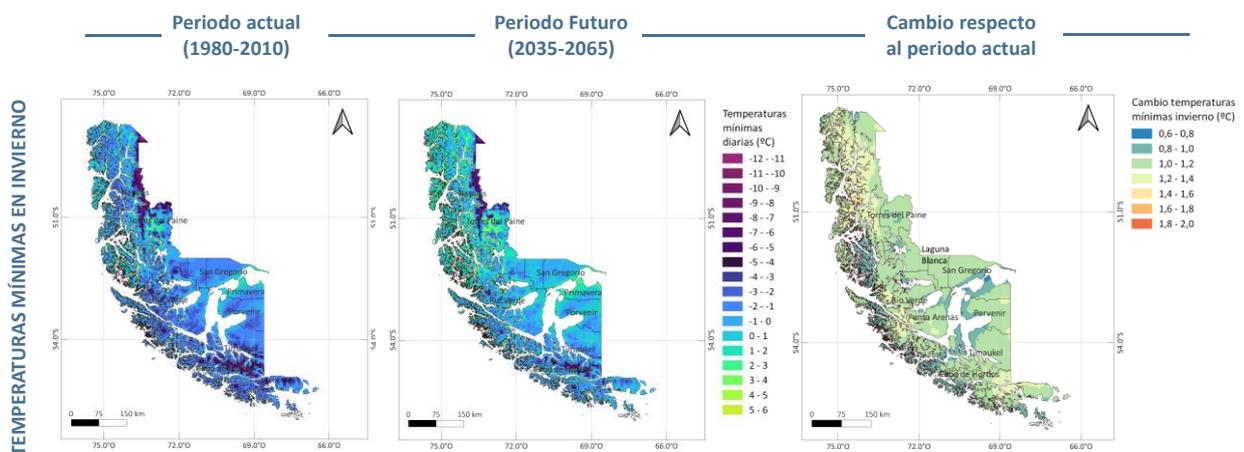


Figura 42. Promedio de las temperaturas mínimas invernales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas invernales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím

Por el contrario, al analizar las proyecciones para las **medias de las mínimas en verano**, se observa que los cambios son más débiles, puesto que gran parte del territorio regional se encuentra bajo la isolínea que delimita el cambio inferior a 1 °C. Tan solo los territorios de la comuna de Natales, en su franja central, presentan aumentos de las mínimas estivales superiores 1,2 °C. así, las mínimas invernales en verano oscilarán entre los 3°C a 6 °C en la Pampa Magallánica, de 6 °C a 10 °C en la mitad sur de la comuna de Torres del Paine, mientras que las medias de las mínimas más bajas se registrarán en el Campo de Hielo Sur.

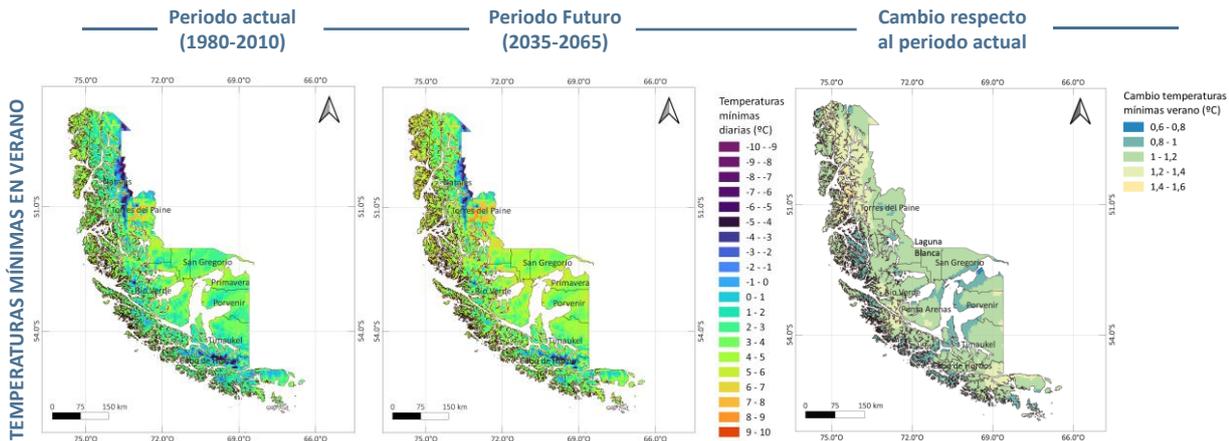


Figura 43. Promedio de las temperaturas mínimas estivales (°C) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio las temperaturas mínimas estivales (°C) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.

3.3.1.5. Análisis de otros índices climático de interés para la región de Magallanes

Cambio de nieve anual acumulada

A partir de los datos del ARClím se han elaborado diversos mapas y análisis que muestran las proyecciones para la variación de la nieve anual acumulada en la región de Magallanes y la Antártica de Chile entre el periodo histórico (1980-2010) y el futuro (2035-2065) a distintas escalas espaciales y temporales.

Cambio Anual

Según las proyecciones de ARClím la pérdida de nieve más cuantiosa se observa en las comunas de San Gregorio y Primavera hacia el frente del Océano Atlántico, con una pérdida de más del 70 %. También, esta se observa en las islas y archipiélagos de la comuna de Natales, con una disminución que oscila entre un 60 % y un 100 %. Por el contrario, la menor pérdida de nieve está proyectada para la comuna de Natales, principalmente en la zona de Campos de Hielo Sur, en la zona más al norte de la comuna de Torres del Paine, y entre el límite comunal entre Timaukel y Cabo de Hornos, sector que corresponde con la Cordillera de los Andes Patagónicos.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

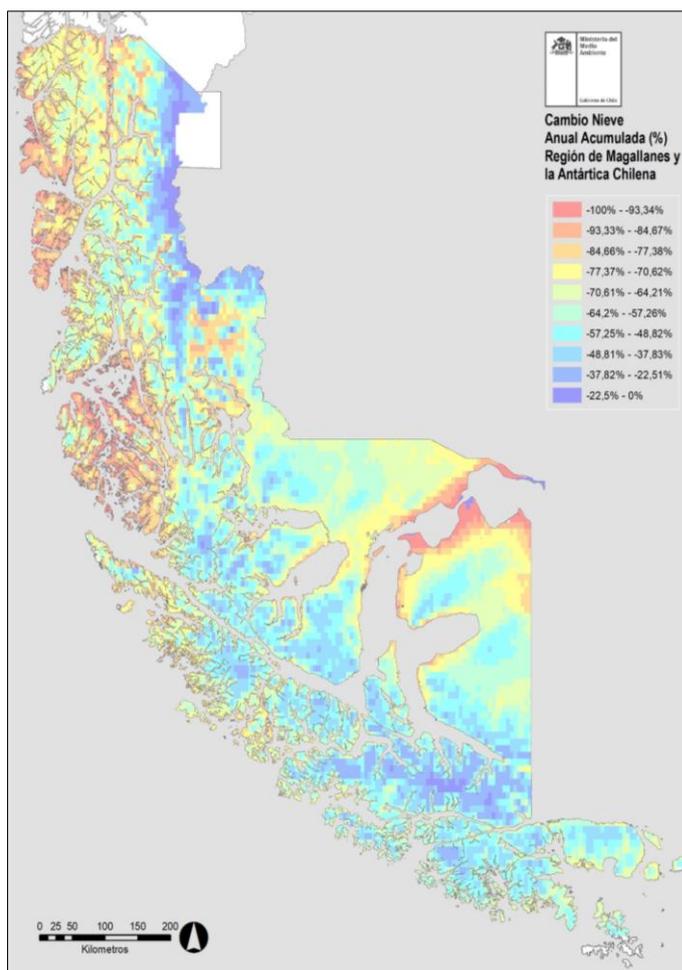


Figura 44. Cambio porcentual de nieve acumulada (%) para el periodo futuro.

Fuente: ARClím

En general, mientras más al norte mayor será la superficie con pérdidas sobre el 50 %. Sin embargo, a mayor altura menor es la pérdida de nieve. Por otra parte, los fiordos ubicados en la comuna de Natales estarán gravemente afectados por esta situación.

Proyecciones de cambio de nieve anual por comunas			
Comunas	Presente (mm)	Futuro (mm)	Cambio (%)
LAGUNA BLANCA	10,42	4,01	-61,57
RÍO VERDE	131,98	71,74	-45,64
TORRES DEL PAINE	128,06	88,57	-30,83
NATALES	215,94	134,04	-37,93
PORVENIR	15,57	6,64	-57,34
PRIMAVERA	5,17	1,65	-68,16
TIMAUKEL	164,29	104,59	-36,34
CABO DE HORNOS	133,08	78,82	-40,78
SAN GREGORIO	5,36	1,73	-67,79
PUNTA ARENAS	80,38	39,61	-50,72

Tabla 26. Cuadro comparativo nieve acumulada anual por comuna. Fuente: ARClím

Cambio por trimestres

De acuerdo con la información aportada por la cartografía, es posible afirmar que la temporada más afectada por la disminución en la acumulación de nieve será la primavera, en donde la mitad del territorio estará expuesto a pérdidas del 73,8 %, localizándose las mayores pérdidas en los fiordos de la comuna de Natales, así como en la estepa magallánica en las comunas de Laguna Blanca, San Gregorio y Primavera.

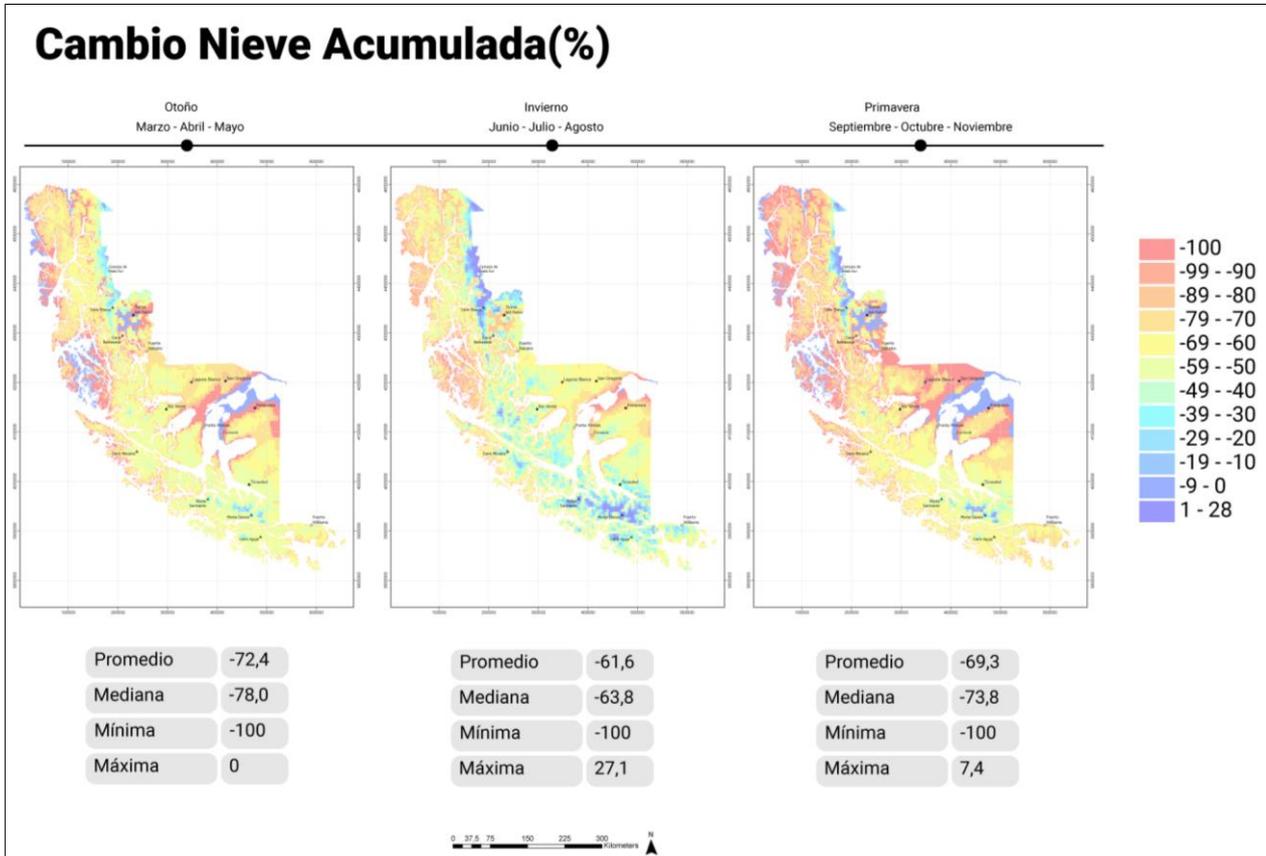


Figura 45. Cambio nieve acumulada por trimestre. Fuente: ARClím

Tanto en otoño como en primavera se han modelizado también importantes disminuciones de nieve acumulada en la vertiente pacífica de la mitad norte de la región, así como en la comuna de Torres del Paine. En invierno los cambios son mucho menores y se circunscriben a la costa atlántica de las comunas de Porvenir y Primavera.

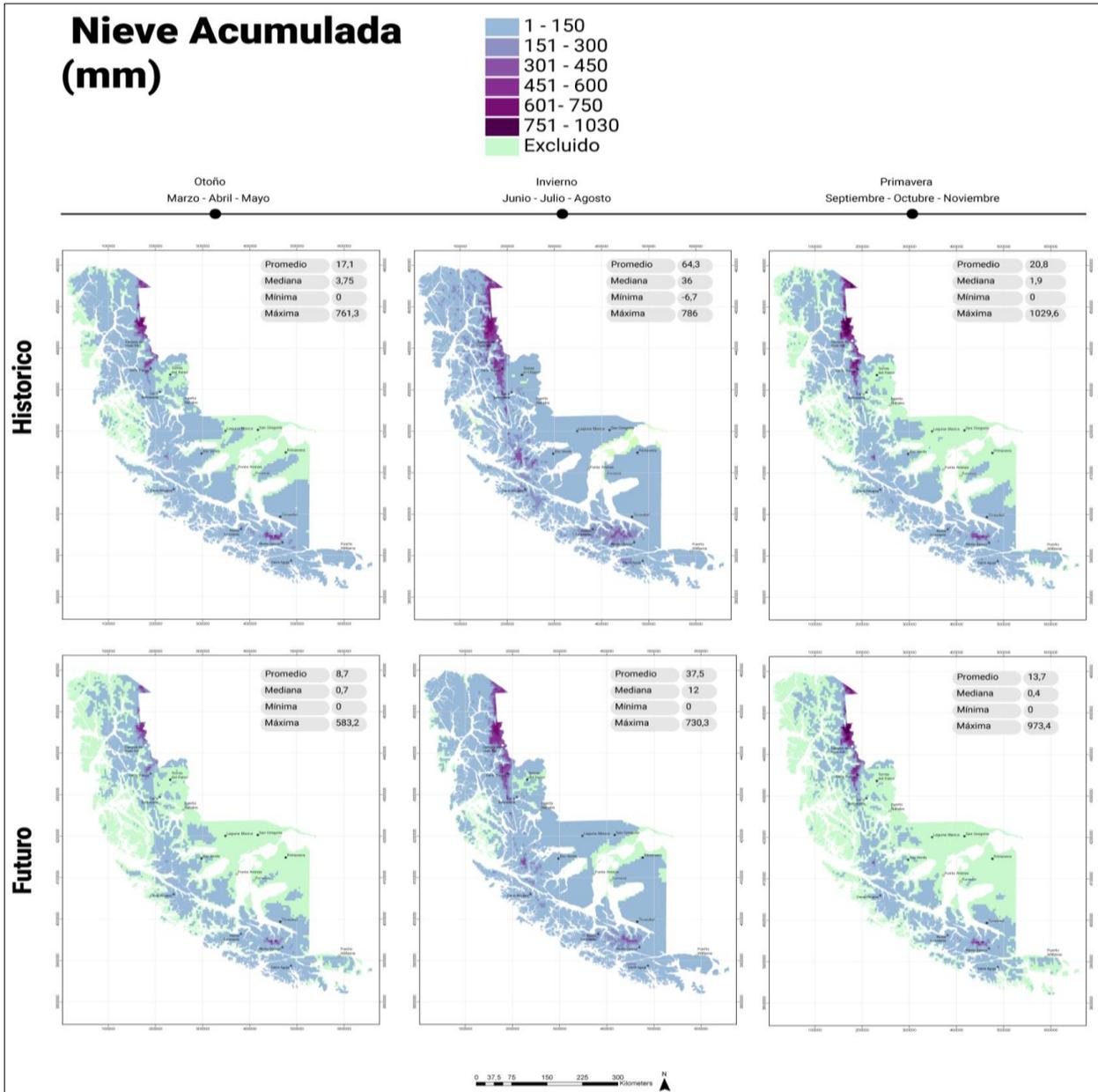


Figura 46. Escenario nieve acumulada histórico y futuro por trimestre. Fuente: ARClim

En la figura anterior se puede ver la cantidad de nieve acumulada (mm) por trimestres, observándose que la zona de mayores precipitaciones nivales se produce actualmente en el eje de la Cordillera Patagónica, especialmente en el norte, así como en la Cordillera Darwin o Parque Nacional de Alberto de Agostini. Para el periodo futuro, en estas mismas zonas, puede verse una contracción de las zonas de mayor cantidad de nieve acumulada.

Días de hielo

Esta variable se considera de interés por el impacto que puede llegar a tener una disminución del número de días de hielo al año para los ecosistemas terrestres y marinos regionales y para los numerosos glaciares existentes y que ya se encuentran en retroceso. Es un índice que se refiere al número de días en que la temperatura máxima es menor que 0 °C.

La fuente de datos ha sido el **Explorador de Amenazas Climáticas del Atlas de Riesgos Climáticos (ARClím)** cuyos datos se han descargado para la elaboración de mapas que expresan el cambio de esta variable en el periodo futuro (2035-2065) respecto al periodo actual (1980-2010).

En la siguiente figura se observa que la mayor parte del territorio regional presenta una horquilla del número de días de hielo entre 0 a 50 días, siendo las zonas con mayor número las situadas en el Campo de Hielo Sur, y en Cabo de Hornos, en torno a la Cordillera Darwin. Las isolíneas que marcan el umbral de los 200 días se contraen sensiblemente en el escenario futuro, tal como puede observarse a simple golpe de vista. El cambio oscila entre 0 días, en la mayor parte de la región a -57 días en algunos puntos del Campo de Hielo Patagónico Sur.

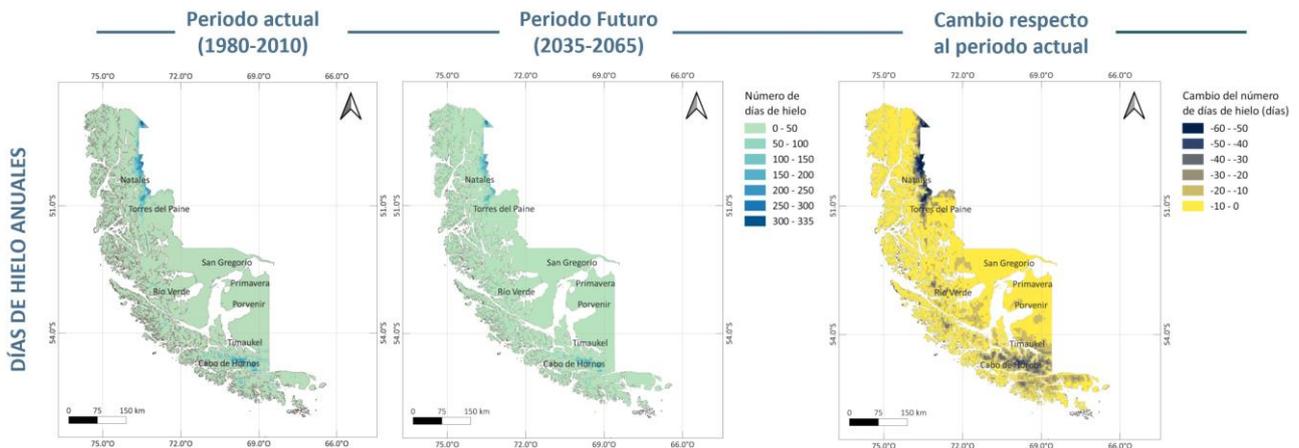


Figura 47. Número de días de hielo en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del número de días de hielo en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.

Días fríos

Este índice está relacionado con el anterior, aunque es de mayor relevancia, puesto que éste afectaría a toda la región en lo que a cambios futuros se refiere, mientras que el anterior solo afecta a las zonas más frías en las que en la actualidad existen días de hielo. En este caso se refiere al número de días en que la temperatura máxima es menor que el percentil 10.

Si se observa la siguiente figura, se observa un cambio drástico del número de días en los que la temperatura máxima es menor que el percentil 10, de modo que la diferencia proyectada oscila entre - 23 días a -29 días fríos. Al comparar el mapa correspondiente al periodo presente, en el que el número de días fríos supera los 36 en toda la región, con el mapa futuro, en el que los días fríos estarán entre 9 a 14, se puede concluir que las diferencias son notables.

Los cambios más bruscos se producirán en las costas centrales y septentrionales del Pacífico, donde el descenso de días fríos se situará en torno a -29 días fríos menos que en el periodo actual. En las comunas de Torres del Paine, San Gregorio y Laguna Blanca, es donde el cambio será menor, aunque también elevado (-23 días fríos menos que en la actualidad).

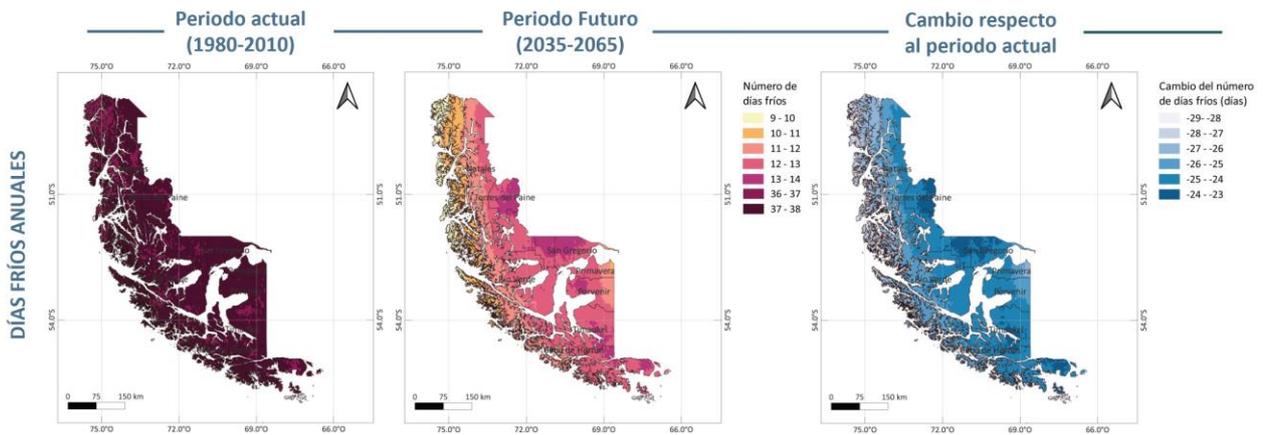


Figura 48. Número de días fríos en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del número de días fríos en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.

Viento máximo diario

En este caso se analiza el valor medio del máximo diario de la magnitud del viento, que como es sabido alcanza fuertes rachas en la región de Magallanes. Como se analizará en el siguiente subapartado, los vientos están relacionados con el cambio climático debido a que, en los sitios con elevada intensidad de vientos, el hielo invernal aumenta su extensión, mientras en los sitios con baja intensidad, la extensión del hielo invernal disminuye y algunos autores afirman que la intensificación de los vientos ha atenuado el incremento en la temperatura de la región Austral (Ochoa-Sánchez, 2022).

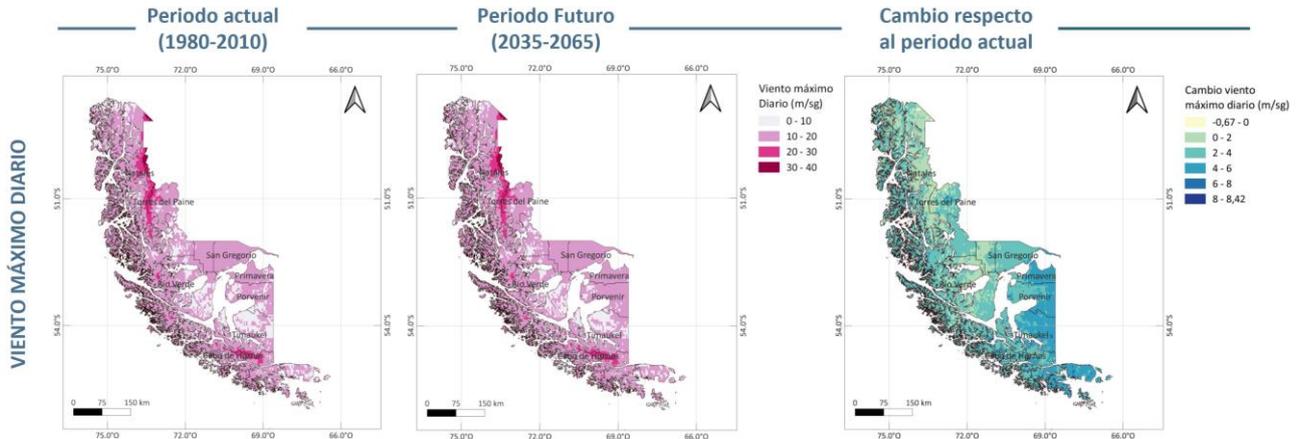


Figura 49. Viento máximo diario (m/s) en el periodo actual (1980-2010) y periodo futuro (2035-65) y cambio del viento máximo (m/s) en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia a partir de ARClím.

En la figura anterior se observa que los vientos en la región oscilan entre un máximo diario de 0 a 30 m/s, con áreas donde el clima patagónico, que es conocido por sus condiciones extremas, entre otros aspectos, debido a los fuertes vientos imperantes, alcanza valores medios de 40 m/s; se trata de los territorios que conforman el Campo de Hielo Sur, pero también en la Cordillera Darwin. Así, el cambio en la velocidad media del viento máximo oscilará entre un descenso de -0,67 a -0,1 m/s en las zonas de Torres del Paine, hasta aumentos entre 6 a 8,4 m/s en el futuro, principalmente en algunas localizaciones de las comunas de Timaukel y Cabo de Hornos. No obstante, en líneas generales, se observan incrementos importantes en el sureste de la región, y aumentos muy leves en la zona de Campo de Hielo Patagónico Sur.

Índices oceánicos y dinámicas costeras

Debido a la importancia de la presencia del Océano Pacífico en la región, y el Océano Atlántico por el este bañando las costas meridionales, y por la influencia que presenta desde el punto de vista geográfico, natural y climático, así como por el peso que ostenta sobre el sector económico, principalmente por la actividad portuaria y pesquera, pero también para el turismo, la protección de ecosistemas o la preservación de recursos naturales, se ha incluido en este subapartado un análisis de las proyecciones sobre cambio climático en el comportamiento de las dinámicas oceánicas y costeras.

En este caso, la fuente de datos utilizada corresponde al proyecto “[Estudio regional de los efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe](#)” (CEPAL, 2012) que desarrolla una metodología específica para la evaluación de impactos del cambio climático en zonas costeras dirigida a los países de América Latina y el Caribe. En concreto, se han empleado los resultados integrados en el [visor web](#)⁷ desarrollado específicamente en el marco del proyecto para la difusión de estos datos en los países de la región. Los datos proporcionados por el [visor web](#) hacen simulaciones a futuro para el año 2040. Se han analizado las variables más significativas, que se representan en la figura siguiente y se acompañan del dato preciso en los puntos más relevantes de la región, es decir, en aquellos para los cuales se observan los cambios más acusados y los menos intensos.

Como se observa, los cambios en el **oleaje medio** que se han proyectado a 2040 muestran un cambio bastante intenso en la costa pacífica, especialmente en su mitad meridional, con un incremento de 0,3 m. En la costa Atlántica los cambios son mucho más moderados, y apenas llegan a 0,1 m.

El **nivel medio del mar** presenta aumentos intensos y homogéneos para toda la región, que se sitúan en incrementos en torno a 85 mm para el año 2040.

Para la **temperatura superficial del agua de mar**, apenas se modifican los valores, ascendiendo unos 0,11 °C en la zona costera del Pacífico y unos 0,27 °C en las costas atlánticas.

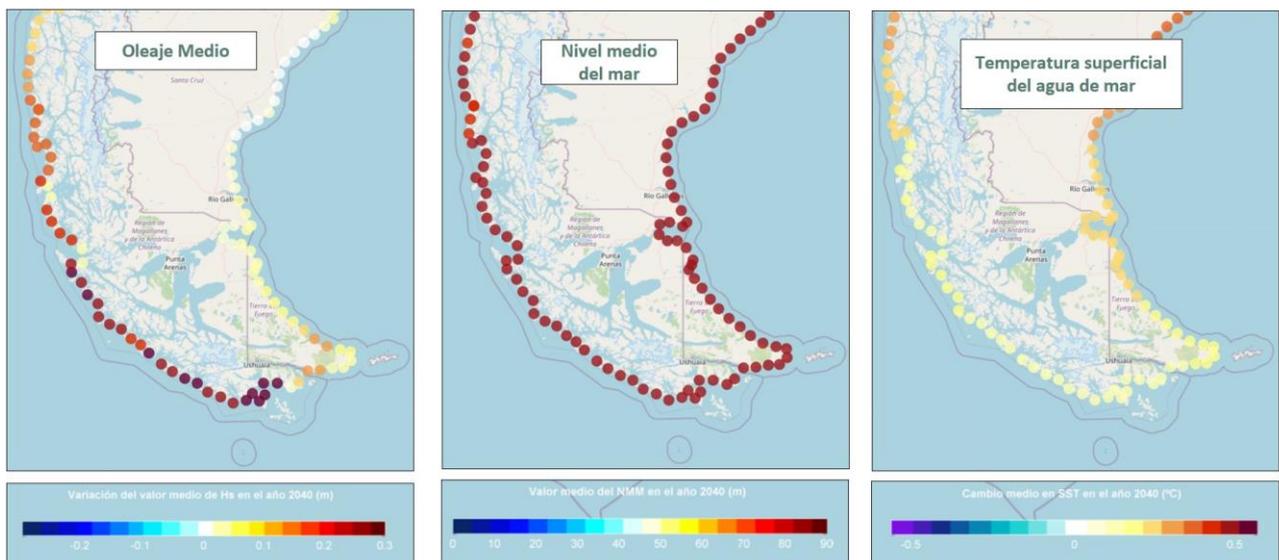


Figura 50. Variación media de oleaje, nivel medio del mar y temperatura superficial del agua de mar para el año 2040 en Magallanes. Fuente: CEPAL

⁷ Disponible en: <https://c3a.ihcantabria.com/>

Respecto a la **cota de inundación**, los valores oscilan entre un mínimo de 4,25 m en algunas localizaciones del norte de la costa pacífica, a valores medios de 4,95 m en el sur de las costas pacíficas, hasta los valores más elevados que se encuentran en las costas atlánticas de Tierra del Fuego con 6,29 m.

Por último, para la **actividad portuaria**, se muestran los datos concretos para la única localización existente en el visor web, y que se trata de un punto en el Canal Beagle, frente a la isla Picton, en donde se estima una variación media de 100 horas de parada de actividad portuaria.

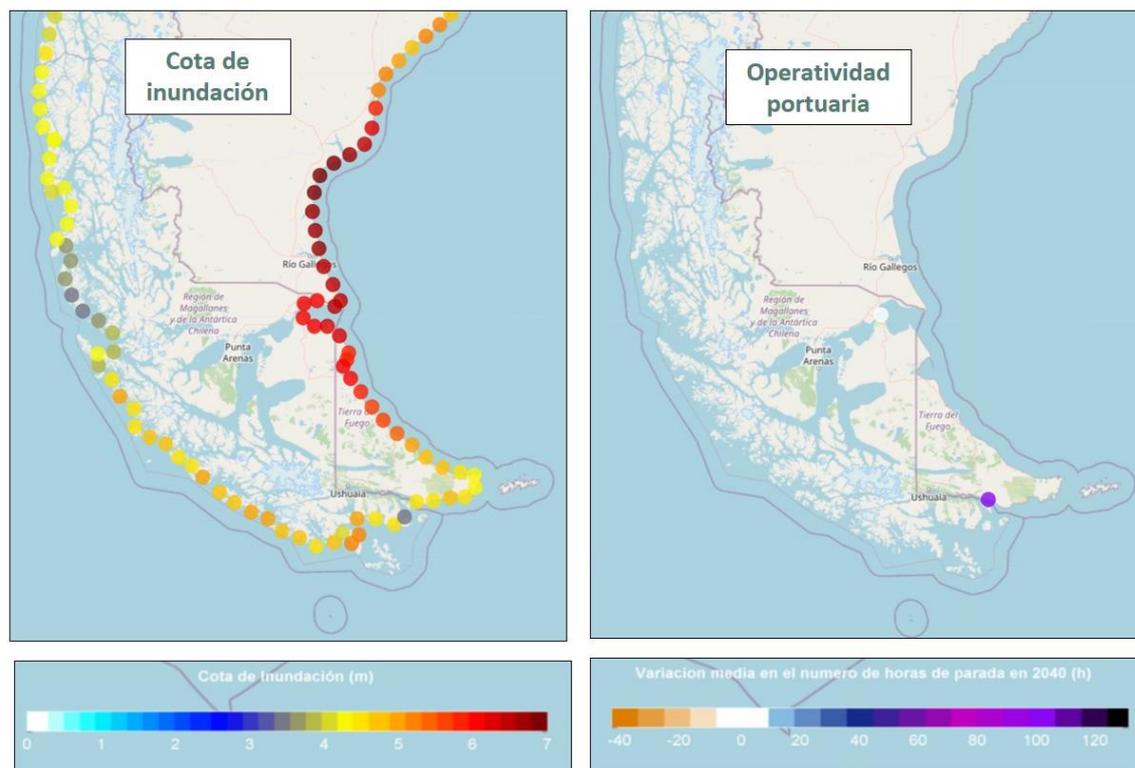


Figura 51. Variación de la cota de inundación y la operatividad portuaria para el año 2040 en Magallanes. Fuente: CEPAL

3.3. Aproximación secuencial a los principales impactos del cambio climático en la región

3.3.1. Metodología, estructura y alcance

La problemática del cambio climático, a nivel regional, requiere un análisis inicial específico sobre las evidencias climáticas observadas. Así, el objetivo de esta primera aproximación a los impactos del cambio climático en Magallanes es realizar un examen basado en una información actualizada y concreta para las peculiaridades existentes a escala regional o subnacional.

El estudio de las evidencias regionales del cambio climático, además, debe sostenerse sobre una base científica sólida y rigurosa, que se corresponda con la realidad y que muestre, de manera objetiva, los efectos que se están apreciando en las distintas regiones en Chile, en este caso Magallanes, así como su diferente intensidad y variabilidad en función de los distintos territorios, ecosistemas y sectores económicos.

En el presente *Informe* se ha realizado una revisión sobre el estado actual de los impactos del cambio climático sobre los diferentes sectores y sistemas en la región de Magallanes. En primer lugar, se ha empleado un **gestor bibliográfico** como herramienta fundamental para recoger, almacenar y sistematizar las diferentes referencias bibliográficas utilizadas en la presente investigación.

En segundo lugar, la búsqueda bibliográfica para las referencias en materia de impactos del cambio climático se ha realizado a través de las siguientes **bases de datos**: *Google académico*, *Scielo (Scientific Electronic Library Online)*, *Repositorio académico de la Universidad de Chile*, *Dialnet*, *Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal)*, así como la consulta de documentos en diversas páginas web específicas como la *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, la *Biblioteca Digital del Gobierno de Chile* o la *Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)* del Ministerio de Educación del Gobierno de Chile.

En tercer lugar, se consideró la consulta tanto de **artículos** científicos publicados en revistas especializadas, como **tesis**, **libros**, publicaciones de **organismos oficiales**, **resúmenes**, **informes** y otra documentación que aportase información sobre impactos o efectos relacionados con el cambio climático en la región de Magallanes.

Por último, las búsquedas han incluido los siguientes **términos**: “*impactos del cambio climático*”, “*cambio climático*”, “*vulnerabilidad frente al cambio climático*”, “*adaptación al cambio climático*”, “*desastres naturales*” y “*fenómenos meteorológicos extremos*” añadiendo “*...en Magallanes / Patagonia / Macrozona Austral...*”.

Se han seleccionado un total de **102 publicaciones**, que se han integrado en el gestor bibliográfico para su revisión documental. De estas 102 publicaciones, una vez revisadas, se han descartado 29 en base a la elegibilidad de los documentos caracterizados por su rigor, actualidad y aplicabilidad al objeto del análisis. Por lo tanto, el número total de artículos y publicaciones considerados asciende a 73.

Finalmente se ha realizado el correspondiente **análisis del contenido de las 73 publicaciones**, para su integración descriptiva en el presente Informe, que condensa, de esta forma, el contexto regional en materia de impactos del cambio climático en Magallanes, tanto a nivel regional, como local.

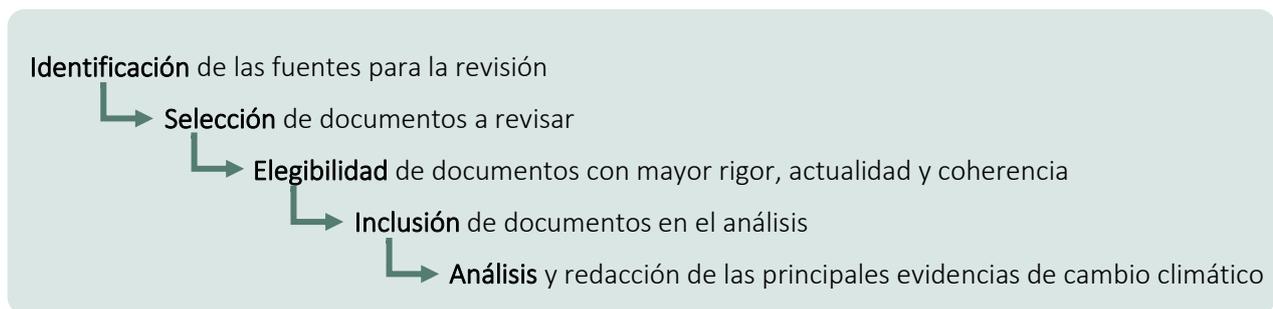


Figura 52. Esquema metodológico para la identificación de impactos del cambio climático en Magallanes. Fuente: elaboración propia

En cuanto a la estructura y contenidos de las principales evidencias e impactos del cambio climático en la región, los resultados se han clasificado según los siguientes componentes:

COMPONENTES		DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN
AMENAZAS CLIMÁTICAS	Elementos climáticos	Evidencias de los cambios en los principales elementos del clima (temperatura y precipitación) y otros índices derivados (viento, nubosidad, nevadas, heladas, etc.).	
	Fenómenos meteorológicos extremos	Evolución de los fenómenos meteorológicos extremos (lluvias torrenciales, sequías, inundaciones, etc.).	
VULNERABILIDADES E IMPACTOS	Sistemas físicos y naturales	Evidencias de cambio climático sobre los sistemas físicos y/o naturales tales como biodiversidad, recursos hídricos, ecosistemas acuáticos, zonas costeras, recursos edáficos, etc.	
	Sistemas humanos (sectores sociales, económicos y otras actividades humanas)	Evidencias de cambio climático sobre los sectores económicos (sector energético, agricultura, ganadería...) o sociales (salud y seguridad humanas, comunidades locales, etc.) haciendo un especial énfasis sobre los grupos vulnerables y enfoque de	

Tabla 27. Estructura y organización para el análisis de las evidencias regionales del cambio climático. Fuente: elaboración propia

3.3.2. Evidencias de cambio climático en la región de Magallanes: Vulnerabilidad, impactos y riesgos

Para la región de Magallanes, el cambio climático, según las diferentes proyecciones climáticas, se manifestará en un aumento de la temperatura media anual y/o estacional, un aumento regional de las precipitaciones y un incremento en la frecuencia de algunos eventos meteorológicos extremos. Los impactos analizados y revisados en las diferentes publicaciones se derivan de la elevada vulnerabilidad de estos territorios australes, cuya causa principal está en la posición latitudinal, el clima extremo y caracterizado por una notable variabilidad intrínseca, y la ubicación geográfica respecto a los océanos y la Corriente Circumpolar Antártica (Rabassa, 2007).

No obstante, algunos de estos impactos se presentan como oportunidades por la reducción de las características de los climas extremos, que supondrían beneficios para el desarrollo de la agricultura y el turismo. Los impactos negativos son nítidos y variados, y entre otros pueden destacarse la pérdida de biodiversidad y, la degradación de los bosques y masas forestales, la mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrológicos extremos tales como inundaciones, la desaparición del permafrost sobre la línea del bosque, la desecación de turberas y humedales, el ascenso del nivel del mar, el aumento de los procesos erosivos y el retroceso de los glaciares, siendo este último una de las referencias más estudiadas y confirmadas en numerosas investigaciones y estudios realizados, como se verá a continuación.

AMENAZAS CLIMÁTICAS



ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Temperaturas

La mayor parte de los estudios analizados profundizan en los cambios de temperatura recientes, es decir, en base a las observaciones de los registros de temperatura en las estaciones meteorológicas. Las proyecciones climáticas analizadas previamente son sustentadas por otros modelos climáticos y las investigaciones y trabajos analizados en esta sección, las cuales indican aumentos de temperatura similares y bajo los mismos patrones estacionales y geográficos que las proyecciones de ARClím. De esta manera, Rosenblüth et al. (1995) señalan un incremento de la temperatura atmosférica de 0,4 °C a 1,4 °C al sur de los 46°S, registrado desde principios del siglo pasado, mientras que para el periodo 1960-1992 la tendencia al calentamiento es especialmente significativa en las temperaturas mínimas, sobre todo en la ciudad de Punta Arenas (Araos et al., 2007).

Respecto a las tendencias de temperaturas medias, medias de las máximas y medias de las mínimas en Punta Arenas, otros autores indican tendencias diferentes para cada una de estas variables; la temperatura media muestra tendencia casi estable con una leve inclinación al descenso, la media de las máximas tiende a aumentar, en tanto que la media de las mínimas parece disminuir. El estudio concluye que la amplitud está aumentando, aunque esto no se detecta claramente cuando se analizan las temperaturas extremas y temperaturas medias estacionales (Santana et al., 2009).

Para otros periodos, las proyecciones futuras apuntan a un aumento promedio de 2 °C en la temperatura máxima y mínima para el futuro lejano (2060-2100) (Contreras Soto, 2022).

Por último, las proyecciones para el año 2050, para la región de Magallanes, estiman un aumento de la temperatura media entre 0,5 °C y 1,5 °C (Wrinkler & Pantoja, 2019), mientras que para el periodo 2075-2080 el modelo HadCM3 proyecta un aumento de la temperatura media de 2 °C para la región (Gobierno de Chile, 2012).

Se ha considerado interesante incluir también los datos de un estudio en el que se analizan las temperaturas registradas de la red de estaciones de observación atmosférica en la Antártica (Carrasco, 2012), en el que se observa un aumento de la temperatura media entre 0,20 °C a 1,01 °C por década, revelando el análisis estacional que son los meses de otoño e invierno los que muestran el mayor calentamiento. Algunas estaciones muestran un leve enfriamiento en primavera. Es interesante incluir el análisis de las tendencias de las temperaturas en la Antártida puesto que no solo influyen en el comportamiento meteorológico regional sino también sobre todo el sistema climático del hemisferio sur; la variabilidad interanual que se observa en la Antártica está vinculada a mecanismos de teleconexión como El Niño Oscilación del Sur (Turner 2004) y la Oscilación Antártica (AO).

Precipitación

Para las tendencias recientes de precipitación, algunos autores y autoras refieren una notable fluctuación a una escala decadal a multi-decadal para todo el siglo XX y principios del XXI. Estacionalmente la precipitación acumulada de primavera y verano presentó un significativo patrón de reducción, particularmente entre los años 1990-2014. Contrariamente, la precipitación de invierno es la única estación del año donde se ha incrementado significativamente la precipitación desde el año 1990 al presente (González-Reyes et al., 2017).

En otros estudios se han observado, por el contrario, tendencias de disminución intensas en zonas muy localizadas de la fachada del Pacífico, con reducción monótonica de unos 1.000 mm en islote Evangelistas y 1.400 mm en bahía Félix, lo que representa una disminución de las precipitaciones del orden de 25 % a 33 % durante los últimos 100 años (Araos et al., 2007).

Respecto a las distintas proyecciones para la zona, entre los 50° y 55°S se modelizan aumentos de la precipitación entre un +5 % a un +10 % para mediados de siglo. Para finales de siglo, los incrementos serían aún más intensos, en torno al +20 % en toda la zona del extremo austral del país. Estos cambios se atribuyen al desplazamiento hacia el sur de la circulación del oeste y de las trayectorias de los sistemas frontales (Gobierno de Chile, 2012).

En diversos estudios los datos de aumento de precipitación coinciden, y en el caso de la zona austral, las precipitaciones se incrementarán en un 10 % a un 20 % respecto a los valores actuales, confirmando de esta manera que el patrón de cambio futuro es consistente con los cambios observados en las últimas décadas. En términos absolutos, el aumento de la precipitación se cifra en 500 mm/año en la costa austral del Chile (Garreaud, 2011).

Finalmente, para el año 2050, se modelizan incrementos entre el 5 % y el 15 % en todo el territorio de la región de Magallanes (Wrinkler & Pantoja, 2019).

Viento

Debido a las elevadas intensidades de viento que registra la región, el análisis de la tendencia de esta variable resulta de gran interés. En Punta Arenas el récord histórico de velocidad del viento es de 153 km/h, mientras que rachas de viento de 90 km/h son habituales (Ochoa-Sánchez, 2022). El autor reflexiona acerca de los impactos de vientos intensos; por una parte, la intensificación en los vientos puede ser consecuencia del aumento en la temperatura terrestre y el deterioro de la capa de ozono. Por otra parte, en sitios con elevada intensidad de vientos, el hielo invernal aumenta su extensión, mientras en los sitios con baja intensidad, la extensión del hielo invernal disminuye. Esto afecta al kril antártico y al pingüino emperador. *“En el caso de la región de Magallanes, la variabilidad climática en las últimas décadas fue estudiada por Soto-Rogel y colaboradores (2020) quienes detectaron una tendencia hacia la aridez, en la que destaca el aumento en la intensidad del viento y temperaturas atípicamente cálidas. Sin embargo, el patrón no es consistente en toda la región, probablemente a causa de la heterogénea orografía y vegetación”*. Se afirma en el estudio que la intensificación de los vientos ha atenuado el incremento en la temperatura de la región Austral.

El Modo Anular Sur (SAM) es un índice climático que se expresa como la diferencia entre campos de presión a nivel del mar medidas entre la latitud 40°S y 65°S. Estas últimas décadas el SAM presenta una tendencia a ser positivo, lo que implica un aumento en la velocidad de los vientos de dirección Este-Oeste a una tasa de 0,2 a 0,3 m/s (Barria L., 2021).

En la siguiente tabla se recoge la síntesis de los principales resultados descritos en base a la bibliografía científica analizada.

Síntesis de las principales evidencias del cambio climático en la región de Magallanes (cambios en las principales variables climáticas)					
Elementos del clima	Descripción				Referencia
Temperaturas	Temperatura media	Aumento 0,4 °C a 1,4 °C	1960-1992	Región	(Araos et al., 2007)
	Temperatura mínima	Aumento			
	Temperatura media	Leve descenso	Últimos 120 años	Punta Arenas	(Santana et al., 2009)
	Media de las máximas	Aumento			
	Media de las mínimas	Disminución			
	Temperatura media	Aumento 2 °C	2075-2080	Región	(Gobierno de Chile, 2012)
	Temperatura media	Aumento 2 °C	2060-2100	Región	(Contreras Soto, 2022)
	Temperatura media	Aumento 0,20 °C a 1,01 °C	Últimas décadas	Antártica	(Carrasco, 2012)
Precipitaciones	Precipitación primavera y verano	Reducción significativa	1990-2014	Región	(González-Reyes et al., 2017).
	Precipitación de invierno	Aumento	1990-presente	Región	
	Precipitación anual	Disminución intensa (25 % - 33 %)	Últimos 100 años	Fachada Pacífico	(Araos et al., 2007).
	Precipitación anual	+5 % a un +10 %	Mediados de siglo XXI	50° y 55°S	(Gobierno de Chile, 2012)
	Precipitación anual	+20 %	Finales de siglo XXI	Extremo austral Chile	

Síntesis de las principales evidencias del cambio climático en la región de Magallanes (cambios en las principales variables climáticas)					
Elementos del clima	Descripción				Referencia
	Precipitación anual	+500 mm / año	Siglo XXI	Costa austral de Chile	Garreaud, 2011)
	Precipitación anual	+5 % a un +15 %	2050	Región	(Wrinkler & Pantoja, 2019).
Viento	Aumento velocidad	0,2 a 0,3 m/s	Tendencias recientes	40°S y 65°S	(Barria L., 2021)

Tabla 28. Síntesis de las principales evidencias de los cambios del clima en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia



FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

En este apartado se revisa la literatura científica que aborda los eventos hidrológicos extremos en la región, tanto para las tendencias recientes observadas, como la existencia de proyecciones a futuro respecto a la posibilidad de recurrencia, persistencia y magnitud de estos extremos como consecuencia del cambio climático.

Inundaciones

Para las inundaciones, se han encontrado dos referencias en la región de Magallanes y la Antártica Chilena; en uno de estos estudios se analiza el desborde del río de Las Minas, que cruza y desemboca en la ciudad de Punta Arenas (Contreras Soto, 2022). En el estudio se indica que, según el registro histórico, el río de las Minas evidencia más de 21 desbordes, aunque el autor solo ha podido constatar la ocurrencia de 10 de ellos, afirmando que el factor desencadenante son las lluvias intensas. Estas en general, “se presentan concentradas en un periodo en torno a 2 días aproximadamente (Muñoz et al, 2020) y en algunos casos acompañadas de deshielos abruptos y remociones de masa”. En el mismo estudio se analizan las proyecciones futuras, indicando que el aumento promedio de 2 °C en la temperatura máxima y mínima provocará que la cuenca pase de tener un régimen nivo-pluvial, a pluvio-nival para el futuro cercano (2020-2060) y finalmente a pluvial para el futuro lejano (2060-2100). Ello implica que los caudales máximos aumentarían en un 40 % asociados a los periodos de retorno de 100, 200 y 500 años.

Las principales conclusiones del citado trabajo indican que las precipitaciones intensas son las responsables de los eventos hidrológicos extremos en la cuenca del río de Las Minas. Además, el régimen de escorrentía de la cuenca se verá directamente afectado por impacto del cambio climático, a través del aumento de temperatura, lo que a su vez inducirá un aumento en la recurrencia y magnitud de las inundaciones por desbordes de río.

La segunda referencia respecto a inundaciones por efecto del cambio climático se centra en la zona de los Campos de Hielo y están relacionadas con los fenómenos que las causan, denominados “Glacial Lake Outburst Flood” (GLOF) e “Ice-Dammed Lake Outburst Flood” (IDLOFs), que se trata de fenómenos puntuales y violentos con riesgos potenciales para las personas, actividades turísticas o infraestructuras. Consisten en inundaciones violentas producidas cuando las formas glaciares de contención, como el propio hielo o morrena frontal de un lago se desprenden, causando una inundación fuerte. El aumento

de temperaturas, que provoca un derretimiento de los glaciares, junto a otros impactos del cambio climático, como el deshielo del permafrost, son factores clave en este tipo de sucesos. Las inundaciones causadas por estos fenómenos son predominantes en los Campos de Hielo, y son eventos que se asocian con procesos de IDLOFs, vaciamientos estrechamente relacionados con las fluctuaciones de los glaciares (Carrión, 2010). Las riadas ocurren a nivel estacional: un 66 % en el trimestre de verano (diciembre-febrero), un 23 % en otoño (marzo-mayo) y solo un 11 % en invierno (junio-agosto) y primavera (septiembre-octubre). Finalmente, en la zona austral (regiones de Aysén y Magallanes) los GLOFs/ IDLOFs son causas dominantes de las inundaciones, principalmente en el último siglo (Rojas et al., 2014).

Sequía

Para las sequías, la revisión bibliográfica realizada ha arrojado resultados únicamente para las tendencias históricas y recientes y exclusivamente referidas a la ciudad de Punta Arenas. Los eventos extremos de sequías basados en la precipitación anual acumulada han mostrados una variación intensa desde principios del siglo XX. Los eventos de sequía moderada han registrado un incremento desde el año 2000, mientras que la sequía severa muestra un aumento desde 1990. Una condición más seca a la registrada en las últimas décadas se observó entre los años 1910-1940, con una mayor recurrencia de sequías alrededor del año 1930 (cada 2,9 años aproximadamente). Otro período de mayor recurrencia de sequías moderadas a severas fue observado entre 1960-1980 (Contreras Soto, 2022).

Por otro lado, se ha evidenciado un aumento en la recurrencia de la “sequía severa” a partir de las precipitaciones anuales acumuladas a en la ciudad de Punta Arenas, en la que se registra una tendencia negativa de las mismas en el periodo 1900-2014. Esto se observa con más intensidad en la primavera-verano, ya que, durante el periodo estacional otoño-invierno se observa un aumento de la precipitación desde el año 1990 (González-Reyes et al., 2017)

Incendios forestales

Uno de los fenómenos catalogados como desastres naturales y que pueden verse aumentados como consecuencia del cambio climático son los incendios forestales. Entre 1985 y 2009 las regiones más afectadas de Chile por incendios forestales han sido O'Higgins, Magallanes, Aysén y Coquimbo (Ubilla-Bravo & Johnson-Amorrortu, 2019).

Sin embargo, la causa más frecuente de los incendios en la región son las actividades recreativas, mayoritariamente por uso de fuego en áreas no habilitadas por parte de excursionistas, paseantes o personas realizando asados (CONAF, 2019).

Estas causas sumadas a las particularidades del clima de vientos fuertes y clima seco favorecen a la rápida propagación de estos incendios. Por otro lado, en comparación con el resto de las regiones en Chile, Magallanes se encuentra entre las que ha experimentado una menor cantidad de incendios y su vez una superficie afectada relativamente menor⁸ durante el último quinquenio (CONAF, 2023).

En la tabla siguiente se recogen los principales datos sobre los incendios forestales acaecidos en la región en el año 2021-22, en 2022-23 y en el promedio en el último quinquenio.

⁸ Solo se encuentra por encima de regiones como Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta

Nº de incendios	Periodo actual 2022-23	20
	Periodo 2021-22	14 (+43%)
	Promedio quinquenio	14,4 (+49)
Superficie afectada (ha)	Periodo actual 2022-23	2.990,85
	Periodo 2021-22	1.178,66 (+154 %)
	Promedio quinquenio	337,11 (+787 %)

Tabla 29. Número de incendios y superficie afectada (ha) en Magallanes en los últimos años. Fuente: CONAF (<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria/>)

Como se observa en la tabla, tanto el número de incendios, como la superficie afectada ha ido en aumento, lo que debe ser especialmente considerado ante un aumento de las temperaturas y de los periodos de sequía, tanto en duración, como en número.

Y es que uno de los factores que pueden incrementar el riesgo de ocurrencia de los incendios es el aumento de temperatura que, unido a un posible déficit hídrico y un incremento de los vientos en el periodo estacional de mayores temperaturas, podrían incrementar este tipo de fenómenos excepcionales fuera de patrones o rangos históricos. Se observan así escenarios complejos y con elevada incertidumbre pero que podrían derivar en la intensificación de ocurrencia de incendios forestales, así como del comportamiento respecto a la propagación y la resistencia al control.

En los ecosistemas de la Patagonia chileno-argentina los incendios forestales están fuertemente influenciados por la variabilidad climática interanual; cuando se producen años con mayor registro de incendios forestales, se observa que los inviernos son secos y los veranos cálidos. Las proyecciones de cambio climático para el futuro medio y lejano indican “una serie de impactos en los recursos naturales, a causa del cambio del régimen hídrico y de temperatura, así como una mayor incidencia de fenómenos climáticos extremos” (González-Cabán, 2013).

Tanto para la Patagonia Chilena como en la zona de Torres del Paine, el cambio climático se traducirá en un incremento de la incidencia de inviernos secos y veranos cálidos. De cumplirse las predicciones de los modelos de cambio climático se podría facilitar la rápida propagación de los incendios forestales en la Patagonia y en Torres del Paine, “atrapando” al sistema en su condición de Estepa o Matorral (Jaksic & Fariña, 2015).

También se debe tener en consideración que las características morfológicas de la región no facilitan una adecuada accesibilidad y conectividad entre las distintas zonas, lo que ocasiona un fraccionamiento territorial durante los incendios forestales (ONEMI, 2012).

Síntesis de los principales fenómenos meteorológicos extremos a consecuencia del cambio climático en la región de Magallanes				
Fenómenos meteorológicos	Descripción			
	Lugar	Periodo	Datos	Referencias
Inundaciones	Río Minas (Punta Arenas)	Siglo XX-XXI	Desborde del Río Minas e inundaciones por lluvias intensas	(Contreras Soto, 2022)
		2020-2060	Cuenca régimen pluvio-nival / Aumento de caudales máximos en un 40 %	
		2060-2100	Cuenca régimen pluvial / Aumento de caudales máximos en un 40 %	

Síntesis de los principales fenómenos meteorológicos extremos a consecuencia del cambio climático en la región de Magallanes				
Fenómenos meteorológicos	Descripción			
	Lugar	Periodo	Datos	Referencias
	Campos de Hielo	Siglo XX	66 % de las inundaciones en verano (23 % otoño – 11 % invierno): Causa: GLOFs/ IDLOFs	(Rojas et al., 2014)
Sequías	Punta Arenas	Desde el 2000	Incremento de sequía moderada	(Contreras Soto, 2022)
		Desde el 1990	Incremento de sequía severa Aumento recurrencia de sequía severa en primavera-verano	
Incendios forestales	Magallanes	1985-2009	Una de las regiones más afectadas por incendios forestales	
	Patagonia y Torres del Paine	Futuro	Aumento futuro por incremento de temperatura, posible déficit hídrico y un aumento de los vientos	

Tabla 30. Síntesis de principales fenómenos meteorológicos extremos en la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia

SISTEMAS Y SECTORES



SISTEMAS FÍSICOS Y NATURALES

Glaciares

Tanto por la notable extensión de los glaciares en la región de Magallanes, como por la intrínseca relación entre el aumento de temperatura y el retroceso de los glaciares, las referencias en la materia son abundantes.

A nivel nacional, la mayor parte de los glaciares están sufriendo retrocesos, desde las regiones del norte en la Cordillera Andina, hasta la región magallánica al sur de Chile (Aedo & Montecinos, 2011). Glaciólogos chilenos han estudiado el fenómeno en todo el país y han concluido que el 87 % de los glaciares andinos estaban en retroceso; un 7 % de ellos no presentaba cambios y solo un 6 % mostraba un leve avance (Rivera et al., 2000).

De este 87 %, los que se encuentran más afectados son los localizados en las tierras más australes, en la región de Magallanes; en la *Cordillera Darwin*, el **glaciar Marinelli** presenta un retroceso total de 10,8 kilómetros entre 1913 y 2000, con un retroceso máximo de 787 metros al año, entre 1992 y 2002 (Porter y Santana, 2003).

Para los **glaciares Grey, Tyndall y Dickson** se han cuantificado retrocesos en torno a los 10,87, 13,68 y 3,94 km² respectivamente para el periodo 1998-2017 (Sáez Alveal, 2018). Este autor estimó asimismo los cambios en el volumen que alcanzaron 2,6, 6,8 y 0,6 km³, que suponen pérdidas superiores a lo esperado, duplicando el retroceso glaciar en el periodo 1945-1986. Este retroceso es dramático y, en el caso de que se mantenga la tendencia actual, se asistirá a pérdidas superiores a los 48 km² y 17 km³ en conjunto desde

el año 2017 a 2050, una cifra impensada para un periodo de tiempo tan exiguo. Los resultados del estudio confirman tanto la relación con el aumento de las temperaturas mínimas medias registradas en la estación DGA Torres del Paine, como con la disminución de precipitaciones medias anuales, siendo significativas en estos tres glaciares.

El Campo de Hielo Patagónico Sur (CHPS), que se extiende por una superficie de 13.000 km², representa el mayor cuerpo de hielo de Sudamérica y la tercera superficie cubierta de hielo del mundo. Pero los glaciares localizados en estos territorios han sufrido retrocesos en sus frentes desde el siglo pasado (Aniya, 1999), en su mayor parte a causa del calentamiento atmosférico registrado en las últimas décadas en esta zona (Carrasco et al., 2002). En concreto, el lóbulo Zapata Sur del **glaciar Tyndall** está sujeto a un continuo *“proceso de adelgazamiento del hielo y un aumento gradual en la velocidad del flujo superficial. No obstante, algunas investigaciones desarrolladas por Raymond et al. (2005) y Rivera & Casassa (2004) sugieren que el calentamiento atmosférico detectado en la región no ha sido lo suficientemente extenso para explicar las altas tasas de adelgazamiento en las zonas de ablación de algunos glaciares del CHPS”* (Araos et al., 2007).

Para el mismo **glaciar Tyndall**, (Cárdenas & Kraus, 2012) relacionan directamente las variaciones climáticas con el retroceso que ha experimentado este glaciar entre 1990 y 2007, que puede ser un ejemplo de lo que está sucediendo en el conjunto de los **glaciares de Patagonia**, permitiendo entender lo que sucede a un nivel global. El autor llega a los siguientes resultados:

- Las precipitaciones en bajas altitudes en Patagonia Occidental muestran una tendencia a la disminución. Por el contrario, en una de las estaciones más australes (Evangelistas, 52,4°S, nivel del mar) se ha registrado un fuerte aumento de la precipitación desde los años 80.
- Las temperaturas en la parte occidental de la Patagonia han subido un promedio de 0,5 °C durante los últimos 40 años en invierno y en verano.
- Los glaciares han sufrido un retroceso general y adelgazamiento, especialmente en el noroeste y suroeste del **Campo de Hielo Sur**. Sin embargo, uno de los glaciares, el **Pío XI**, aún permanece en una posición máxima gracias a un avance observado hasta septiembre 2009. En el Parque Nacional Torres del Paine, todos los glaciares están sufriendo retrocesos significantes.
- En el primer inventario de glaciares al sur del Estrecho de Magallanes, incluyendo Tierra del Fuego, Isla Santa Inés, Monte Sarmiento e Isla Hoste, un total de 1.681 glaciares que cubren 3.289 km², sufren un retroceso dramático. Existen otros glaciares que aún parecen estables comparado con sus primeros registros históricos, pero solamente dos glaciares cuentan con un avance durante la década pasada.

Otro de los glaciares estudiados en el contexto del cambio climático es el **glaciar Stoppani**, que analiza la relación clima–glaciar a partir de las temperaturas mínima, media y máxima y la precipitación (Labarca Oróstica, 2022). La investigación determina que entre los años 1997 y 2022 el glaciar disminuyó cerca de 8,8 km² a causa de un aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones.

La aproximación a las evidencias del cambio climático en las masas glaciares quedaría incompleta si no se da cuenta de los efectos que puede causar el retroceso de los glaciares en otros elementos naturales y sectores de actividad. Si las citadas tendencias se mantienen en el futuro, las consecuencias son importantes y diversas, afectando a la disponibilidad de las reservas de agua, produciendo cambios notables en la biodiversidad, afectando el equilibrio de las especies que habitan estos ecosistemas e incidiendo en el sector turístico, a la par que afectando negativamente a la economía comunal, provincial y regional en el caso de espacios protegidos como **Torres del Paine**, por ser este parque nacional el que concentra el mayor número de ingresos económicos de todos los parques o reservas nacionales pertenecientes al SNASPE (Sáez Alveal, 2018).

“La evidencia científica en estudios recientes coincide en destacar y valorar las funciones esenciales de los glaciares para el equilibrio hídrico y climático de las cuencas; y advierten que cualquier alteración significativa de ellos, puede generar graves consecuencias para la disposición de agua de las cuencas, los ecosistemas y la economía local” (Aedo & Montecinos, 2011). Entre los principales impactos habría que destacar, por tanto, la pérdida de reservas hídricas estratégicas con efectos negativos en el abastecimiento hídrico para actividades económicas y la alteración del balance biofísico de las cuencas y el consecuente impacto sobre los ecosistemas, la agricultura, los asentamientos humanos y el desarrollo local.

Biodiversidad y ecosistemas

Para las regiones polares y subpolares subantárticas ya existen evidencias claras de los efectos del cambio climático sobre comunidades de especies de agua dulce y sus ecosistemas. Se ha demostrado la relación entre el calentamiento de las aguas proyectado por diversos modelos y las consecuentes pérdidas de hábitats específicos para aquellas especies restringidas a bajas temperaturas (Contador et al., 2014).

Para los ecosistemas terrestres, el cambio en la precipitación y el aumento de temperaturas puede afectar principalmente a los ecosistemas magallánicos forestales y a las turberas. El límite arbóreo se desplazaría a altitudes más elevadas como consecuencia directa del aumento de la temperatura. Este hecho ya se ha evidenciado con la colonización de la lenga (*Nothofagus pumilio*) entre 5 a 10 m sobre el límite arbóreo en la cordillera de los Andes a los 49°S (Srur et al., 2018). Respecto al ecosistema de las turberas y praderas, que en Magallanes presentan una notable extensión y se caracterizan por ser ecosistemas de alto valor económico ambiental, siendo a la vez muy frágiles ante la intervención humana también se han evidenciado cambios. Estas formaciones se desarrollan en climas con elevada humedad y baja evaporación, bajo condiciones de alta saturación de agua permanente. Las turberas, la flora, la turba y el agua presentan una intensa conexión, de modo que, si uno de ellos sufre modificaciones, el equilibrio se altera y la naturaleza de la turbera cambia drásticamente. En la **Reserva de Biosfera Cabo de Hornos**, todo el complejo de turberas y praderas se asocia a velocidad del viento, la precipitación elevada y la topografía plana que permiten la acumulación de agua, por lo que un cambio en las condiciones de precipitación, el viento o incluso la temperatura podría afectar a la distribución espacial de las mismas (Aguirre et al., 2021).

En el contexto del cambio climático, es el denominado Modo Anular del Sur (SAM en sus siglas en inglés) uno de los elementos que más influye en la variabilidad climática del hemisferio sur (Mayewski et al. 2009). Las proyecciones de escenarios de cambio climático futuro influirían en el fenómeno implicando un aumento en los vientos del oeste y un refuerzo del gradiente longitudinal de precipitaciones entre el

margen occidental, con mayor precipitación, y oriental con menor precipitación, de los Andes en altas latitudes. Esta sería una de las causas del desplazamiento del límite arbóreo a cotas más altas, limitando cada vez más los ecosistemas altoandinos. Además, los aumentos de temperatura, la disminución de la cobertura de nieve estacional y las pérdidas de hielo glaciar, además de producir cambios en el sistema climático criosfera-biosfera, generarían desequilibrios en la biodiversidad y los ecosistemas subantárticos de la **Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos** (Aguirre et al., 2021).

Aunque las más recientes investigaciones señalan una clara evidencia de los impactos del cambio climático en los ecosistemas terrestres, en la Patagonia Sur es necesario seguir investigando e incluir otros parámetros como los modelos de balance hídrico del suelo en el caso de ecosistemas como las turberas y pastizales o de los bosques. Las predicciones muestran un aumento de temperatura, pero también de precipitación, condiciones a priori más favorables para una mayor productividad en los pastizales y el crecimiento en los árboles. De ahí la necesidad de incorporar estas variaciones en modelos de balance hídrico del suelo para tener mayor certeza (Kreps et al., 2012).

Respecto a la flora y la fauna, la afección del cambio climático sobre la **fauna** presenta interacciones complejas y con un elevado grado de incertidumbre. Las principales referencias e investigaciones revisadas se centran en especies de fauna propias de los ecosistemas marinos australes y que se asocian a hielos y glaciares, así como diversas especies migratorias de aves.

En Patagonia, por ejemplo, el estudio de los pingüinos de Magallanes no solo ha constituido un interés científico en la propia especie, sino como un indicador del cambio climático. De esta manera, las investigaciones no solo vinculan a los pingüinos con las actividades económicas regionales, sino con el clima global. Bajo el argumento de los “pingüinos centinelas”, estudiar los pingüinos de Magallanes no ha sido solo importante para comprender la naturaleza del litoral patagónico, sino también para estimar lo que puede estar sucediendo en los mares del mundo (Sosiuk, 2022).

De este modo, para las colonias de pingüinos, algunas publicaciones arrojan resultados sobre el efecto del cambio climático en las dinámicas poblacionales y su comportamiento trófico, llegando a observar cómo se modifica la disponibilidad de alimento de los pingüinos y genera el desplazamiento de las colonias hacia el Norte (Simonetti & Stipicic, 2016). Relacionado con ello está la disminución de krill antártico (*Euphausia superba*) como consecuencia de reducción drástica de hielo marino. Y es que el krill es la principal fuente de alimento para numerosas aves y mamíferos marinos como ballenas, pingüinos, focas, calamares y peces. Ante un descenso de krill, el ecosistema antártico puede verse gravemente afectado. Algunos ejemplos de impactos sobre la fauna se están constatado en determinados emplazamientos; en el **Mar de Scotia**, la distribución y abundancia de pingüinos ha sufrido una reorganización fundamental, ya que los *pingüinos adelines*, que necesitan hielo en invierno, han disminuido y los *pingüinos barbijos* han tomado sus lugares de reproducción. Curiosamente, los *adelies* han ocupado esta área durante más de 600 años, mientras que los barbijos aparecieron hace solo 50 años (Smith et al., 1999). El **Pasaje de Drake** y el **Mar de Scotia** son áreas fundamentales para la distribución de la biota y el intercambio de fauna reciente en la Península Antártica y en la región de Magallanes (Arntz & Gerdes, 2011).

Los múltiples estudios del banco de hielo antártico han revelado una gran diversidad de formas de vida en el sistema de canales dentro del hielo y debajo de los témpanos (Spindler & Dieckmann 1994, Gradenger 1995, Thomas y Dieckmann 2003); muchas de estas especies realizan un intercambio continuo entre el hielo y el agua, por lo que una reducción y adelgazamiento de la capa de hielo o la desaparición

de la banquisa amenazaría su existencia. El krill, los copépodos, los peces y muchos otros organismos dependen del hielo marino para su alimentación y protección. La conclusión principal es que el hielo marino, el plancton, los peces, las focas, los pingüinos y las aves viven en un delicado equilibrio con los glaciares y su estado actual.

Para las aves, en la **Isla Riesco**, la presencia y abundancia de Rara (*Phytotoma rara*), ave herbívora pequeña, así como en otros sectores al sur de Puerto Natales, podrían resultar como una respuesta a cambios climáticos (Simonetti & Stipicic, 2016). Esta ave es considerada poco común en Chile, y su límite septentrional es Vallenar, alcanzando por el sur hasta el norte de Magallanes, donde sería un visitante estival. Si bien su límite meridional sería Puerto Natales (51°43'S), existen registros hasta Tierra del Fuego, Ushuahia e islas Malvinas. Sin embargo, su presencia, tanto en Malvinas como Tierra del Fuego, es considerada como accidental en tanto sería un visitante raro y de estado indefinido en la Región de Magallanes (Johnson & Goodall, 1967; Venegas, 1977; Venegas & Sieldfeld, 1998; Couve & Vidal, 2003; Woods & Woods, 2006). En el estudio de (Simonetti & Stipicic, 2016) los repetidos registros constatados en la isla Riesco y en otras localizaciones de Magallanes, sugieren que sería una especie en estado de avance hacia tierras meridionales. Esto mismo sucede con otras especies como el **pato rinconero** (*Heteronetta atricapilla*) y la **viudita** (*Colorhamphus parvirostris*). El aumento de la temperatura media de las máximas en los últimos 120 años y de las temperaturas medias de las mínimas en tiempos recientes inciden en unas primaveras más suaves para estas especies influyendo en su distribución y abundancia.

Para numerosas aves chilenas se han observado señales tempranas del cambio climático; en el **archipiélago Diego Ramírez** en la región de Magallanes, cinco especies de paseriformes fueron observadas por primera vez en los años 2016 y 2017, sugiriendo extensiones recientes de sus ámbitos de distribución. Para las especies migratorias chercán (*Troglodytes aedon*) y bandurria (*Theristicus melanopis*) se ha observado un aumento de su tiempo de residencia en la **Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos** (Marquet, 2020). Por otra parte, también se espera que el cambio climático amplíe el rango de las especies exóticas invasoras hacia mayores altitudes y latitudes (Petitpierre et al., 2016).

Para distintas especies de **peces**, la vulnerabilidad que presentan frente al cambio climático es elevada. En ríos y lagos patagónicos y en las cuencas de islas magallánicas y de **Tierra del Fuego** presentan vulnerabilidades medias y graves al cambio climático (Marquet, 2020).

En otros casos, el impacto del aumento de las temperaturas en la Península Antártica y la región de Magallanes es difícil distinguir de otros impactos, como por ejemplo los efectos de la pesca, el impacto del turismo, etc. La costa este de la **Península Antártica** ha registrado un calentamiento estival originado por los vientos fuertes del oeste que transportan masas de aire cálido y húmedo del océano (Turner et al. 2009). Esto provoca un aumento de las lluvias en detrimento de las nevadas en verano que ha favorecido el retroceso de los glaciares de la **Península Antártica**, aumentando la carga de sedimentos, la turbidez y la erosión de los icebergs, que se traduce en cambios en la fauna (Arntz & Gerdes, 2011).

El cambio climático estaría afectando también a la biología reproductiva de varias especies de gansos y a la población de caiquén (*Chloephaga picta*) en el extremo sur americano (Ibarra et al., 2010).

En definitiva, los ecosistemas marinos antárticos que albergan una enorme riqueza y biodiversidad faunística, con más de 8.000 especies marinas (Censo de Vida Antártica Marina), están sufriendo

alteraciones importantes como consecuencia del retroceso de los glaciares derivado del aumento de las temperaturas, según las más recientes evidencias científicas (EPA News, 2020).

Para la flora, el cambio climático se manifiesta en forma de complejas relaciones ecosistémicas que impactan sobre la distribución y la fenología. En el caso de algunas especies, la frontera entre las causas que generan impactos negativos no es clara, de modo que otros factores como la carga ganadera, las actividades productivas o la contaminación puntual pueden influir también sobre la degradación de la vegetación; es el caso de la pérdida de rodales de ñirre (*Nothofagus antártica*) que tienen un elevado valor ecológico. Se apunta a la posibilidad de que el cambio climático pueda estar modificando los patrones de regeneración de las especies forestales en el ecotono bosque-estepa y los procesos de mortandad que se observa en la transición de la vegetación con la estepa (Navarro Cerrillo et al., 2008). Para este mismo género se han investigado las relaciones clima-glaciar en el entorno del **glaciar Stoppani** para comparar su dinámica y el crecimiento de un bosque de *Nothofagus pumilio* emplazado al noroeste de la **Bahía Yendegaia** (Labarca Oróstica, 2022); al vincular el registro dendrocronológico con las variables climáticas, no se obtuvo una relación entre ambas lo que parece responder a que son sistemas naturales que trabajan en diferentes escalas.

En el estudio “Cambios del área del glaciar Grey, Parque Nacional Torres del Paine, y su estudio a través de la climatología y la dendrocronología” (Fernández García, 2021) se profundiza en los cambios en el **glaciar Grey** ante el actual escenario climático y su relación con las cronologías de *Nothofagus pumilio* pertenecientes a esta zona del **glaciar Grey** (51°S). Se identificó que, tanto en la morrena lateral, como en el Nunatak, la disminución del crecimiento radial de *Nothofagus pumilio* está directamente relacionada con el efecto que ejercen las temperaturas, demostrando una respuesta al clima fuertemente influenciada por los factores locales. La investigación confirma que las temperaturas y las precipitaciones en esta zona afectan negativamente al crecimiento de anillos de *esta especie* y disminuyen de cobertura glaciar.

También para estos mismos bosques del género *Nothofagus* parece que la recurrencia de eventos extremos de sequías podrían estar afectando la dinámica de estos ecosistemas boscosos en **Patagonia** (González-Reyes et al., 2017). En este estudio se afirma que los bosques de la Patagonia “*forman parte de uno de los ecosistemas más afectados por la variabilidad del clima a nivel global (Allen et al., 2010). Registros desde el año 1850 han documentado mortalidad de bosques de Nothofagus pumilio provocada por ataques de insectos (Ormiscodes), que estarían favorecidos por eventos cálidos en el clima (Paritsis & Veblen, 2011)*”.

Océanos y ecosistemas marinos

En este apartado se abordan numerosos efectos del cambio climático, tanto aquellos que influyen sobre los propios océanos y su composición, como el impacto de estos cambios sobre los ecosistemas marinos. También se incorporan aquellas cuestiones relacionadas con la hidrodinámica marina y la dinámica costera y como afectan a las zonas costeras en forma de impactos.

Por otra parte, y debido a las excepcionales características de la región de Magallanes, en donde las masas oceánicas no solo tienen un alto protagonismo por la presencia continua de mares y océanos en las costas, sino también por el importante papel regulador que tienen tanto a nivel regional como planetario, los impactos del cambio climático sobre estos sistemas físicos van a tener una importancia crucial al influir de manera determinante sobre ecosistemas, factores del clima y circulación atmosférica, zonas costeras,

y las actividades productivas y económicas asociadas al medio marino y la flora, la fauna o la biodiversidad, que se encuentra entre las más elevadas del mundo.

En una publicación titulada “*Efectos del cambio climático sobre la Antártica Chilena, su adaptación y resiliencia*” (Barria L., 2021) se abordan los principales impactos identificados sobre las aguas marinas y como éstos afectan a la biodiversidad y los ecosistemas marinos y costeros. A continuación, se extrae una síntesis de estos efectos del cambio climático:

- Modo Anular Sur (SAM): este índice climático se expresa como la diferencia entre campos de presión a nivel del mar medidas entre la latitud 40°S y 65°S. En estas últimas décadas, el SAM ha tendido a ser positivo. Ello implica el aumento en la velocidad de los vientos de dirección Este-Oeste entre 0,2 a 0,3 m/s con dos efectos principales: el aumento de las precipitaciones al sur de la latitud 50°S y la disminución de precipitaciones en las regiones centro y sur de Chile. Este incremento en las precipitaciones en Punta Arenas sumado al correspondiente aumento de la temperatura modifica los ecosistemas tales como “*la exportación de carbono y composición de organismos marinos como las microalgas y su posterior transferencia a niveles tróficos superiores*”.
- Disrupción en el ciclo de desarrollo del krill: El krill es un crustáceo característico del océano Austral, de alto valor proteico y un importante eslabón en la cadena alimenticia antártica. El derretimiento de glaciares aumenta el agua dulce y una mayor cantidad de hierro en el océano, que provoca más micronutrientes con efectos beneficiosos para el desarrollo de microalgas, pero produce una degeneración en el proceso de desarrollo del krill. El resultado es una disminución de la biomasa con serios daños al ecosistema marino y como consecuencia inmediata, se estima que habrá una redistribución de las especies marinas hacia latitudes más altas. Por tanto, la biomasa global de animales marinos disminuirá con el aumento de temperatura.
- Acidificación: relacionado con lo anterior, el krill actúa como transportador de carbono y se estima que 23 millones de toneladas de carbono quedan atrapadas en el fondo marino anualmente. Esto se conoce como “*bomba biológica de carbono*”. Producto de la concentración de carbono, se prevé que el nivel de acidificación de los océanos repercuta en el crecimiento, desarrollo, la calcificación y la supervivencia de muchas especies marinas en general.

En la misma línea de efectos del cambio climático, la acumulación del calor que es absorbida por los océanos será otro de los principales cambios derivados del aumento de la temperatura. El Océano Austral se ha vuelto menos salado y se ha calentado como resultado del cambio climático, mostrándose evidencias de la disminución de la capacidad del océano para absorber CO₂, que a su vez incide en una intensificación del aumento de la temperatura del aire y de la ocurrencia de eventos extremos climáticos. Por otra parte, y como ya se ha visto anteriormente, las proyecciones futuras indican que los océanos continuarán absorbiendo CO₂, lo que aumentará aún más la acidez del océano. Esta continua acidificación está provocando aguas poco saturadas con estos minerales, lo que probablemente afectará la capacidad de algunos organismos para producir y mantener sus conchas (Cubillos Santander et al., 2021).

En un estudio del Ministerio del Medio Ambiente, “*Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile*” (Ministerio del Medio Ambiente, 2019) se analiza el oleaje, el nivel del mar o la cota de inundación en diferentes localizaciones a lo largo de toda la costa chilena. Entre los análisis realizados destacan, para la zona de Magallanes, los resultados respecto a la altura significativa asociada de un período de retorno de 50 años, para la que se observa que las alturas que en 2010 presentaban un período de retorno de 50 años, hacia 2040 serán menos recurrentes para la zona austral, con 52 años en Isla Taggart.

Ubicación	Latitud	Longitud	2010	2040	2070
Arica	-18.38	-70.45°	50	34.29	23.86
Valparaíso	-32.96	-71.63°	50	41.70	34.73
Concepción	-36.83	-73.09°	50	41.94	35.25
I. Taggart	-49.45	-75.58°	50	52.49	55.02

Tabla 31. Evolución del periodo de retorno de 50 años de altura significativa de ola en varios puntos de estudio.
 Fuente: Ministerio del Medio Ambiente 2019

Respecto al oleaje en aguas profundas, las diferencias de parámetros de viento y oleaje entre el período histórico (1985-2004) y la proyección (2026-2045) en la zona austral, entre los 44°S a 55°S, se ha proyectado un aumento del viento, de la altura significativa del periodo medio y de la dirección media.

En general, para la zona austral, los cambios serán muy variables. En lo relativo a oleaje, la altura significativa asociada al clima medio (50 %) y aquella que caracteriza eventos intensos, pero no extremos (99 %) tiende a experimentar los mayores cambios por el extremo austral.

Para el nivel medio del mar se aportan los datos de (López, 2010), en el que se ofrecen algunos resultados para la región; es el caso de Puerto Williams, donde durante el siglo XX el NMM estaba descendiendo, para pasar a una situación actual donde el NMM se encuentra en una importante fase de aumento.

Localidad	Variación total [mm]	Tiempo [año]	Variación anual [mm/año]
Arica	- 82	58	- 1,4
Antofagasta	- 55	63	- 0,9
Caldera	+ 69	58	+ 1,2
Isla de Pascua	+ 162	51	+ 3,2
Valparaíso	+ 6	58	+ 0,1
Talcahuano	+ 88	59	+ 1,5
Puerto Williams	+ 90	41	+ 2,2

Tabla 32. Tasa de variación media anual de estaciones mareográficas en Chile. Fuente: López, 2010

En Puerto Williams se aprecia que el nivel del mar ha aumentado en torno a 90 mm en 41 años de registros, que corresponde a una tasa de ascenso del NMM de 2,2 mm/año. No obstante, en esta localidad, se producen unas oscilaciones interdecadales importantes, intercambiando ascensos y descensos del nivel del mar.

(López & Zambrano, 2014) confirma que el cambio climático se expresa en alteraciones sobre la propagación del oleaje. Uno de los efectos del cambio climático sería la alteración de la dirección de incidencia del oleaje. Los principales impactos de este efecto para un futuro cercano se manifestarán en forma de desequilibrios hidrodinámicos afectando a las formaciones de playas, erosión costera o la modificación de las tasas de sedimentación.

Recursos Hídricos

Los impactos del cambio climático en los recursos hídricos en la región de Magallanes y la Antártica Chilena están muy relacionados con la dinámica glaciar. La disminución y pérdida de volumen glaciar puede llegar a afectar negativamente a la descarga y el suministro del agua en áreas donde las reservas hídricas que constituyen los glaciares son importantes para otros elementos. En la región podrían afectar a la estacionalidad de sistemas tales como lagunas, impactando a su vez en la biodiversidad de las mismas (Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

El aumento de las temperaturas, especialmente las máximas, tiene una fuerte influencia en el retroceso de glaciares y las pérdidas superficiales. Este hecho afecta asimismo a la distribución y dinámica hidrológica influyendo, por ejemplo, sobre la variabilidad de los caudales de los ríos, especialmente en la estación de invierno. El aumento de la lluvia en invierno, pero también la irregularidad y el cambio a precipitaciones en forma líquida, está impactando en los regímenes fluviométricos anuales (Romero Aravena et al., 2008).

De la revisión bibliográfica realizada se ha seleccionado un trabajo muy específico que aborda el análisis de la variación temporal de la oferta hídrica en las cuencas de Punta Arenas y Vertientes del Atlántico bajo distintos escenarios de cambio climático (2021-2050) (Mejías Rojas, 2022). En esta investigación, se concluye que los modelos evaluados indican un aumento de la precipitación (+4,24 %), de la temperatura (+1,4 °C promedio) y de la escorrentía (+4,40 % promedio) en las cuencas de Punta Arenas y Vertientes del Atlántico. En líneas generales, la demanda futura presentaría elevados consumos entre mayo y diciembre. El resultado final sería un promedio de volumen de demanda insatisfecha para el periodo 2021-2050 de 23,7 a 27,4 hm³/año, viéndose especialmente afectados los sectores de Río Tres Brazos y Río Pescado.

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
Glaciares	Aumento de temperatura	» Retroceso glaciar Marinelli de 787 metros / año	(Porter y Santana, 2003)
	Aumento de temperatura y disminución de precipitaciones	» Retroceso glaciares Grey, Tyndall y Dickson 10,87, 13,68 y 3,94 km ² en 1998-2017	(Sáez Alveal, 2018)
	Aumento de temperaturas en la parte occidental de la Patagonia de 0,5 °C durante los últimos 40 años en invierno y en verano.	» Retroceso general y adelgazamiento, en el noroeste y suroeste del Campo de Hielo Sur » Retrocesos significantes en todos los glaciares del Parque Nacional Torres del Paine » 1.681 glaciares que cubren 3.289 km ² , sufren un retroceso dramático al sur del Estrecho de Magallanes » Solo dos glaciares muestran avance	(Cárdenas & Kraus, 2012)
		» Retroceso glaciar Stoppani 8,8 km ² entre 1997-2022	(Labarca Oróstica, 2022)

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
	Aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones	» Pérdida de reservas hídricas estratégicas con efectos negativos en el abastecimiento hídrico y actividades económicas y la alteración del balance biofísico de las cuencas y el consecuente impacto sobre los ecosistemas, la agricultura, los asentamientos humanos y el desarrollo local.	(Aedo & Montecinos, 2011)
Biodiversidad y ecosistemas	Aumento de temperatura Derretimiento hielo Disminución de Krill	» Reorganización en la distribución y abundancia de pingüinos en el Mar de Scotia » Amenazas para la existencia de la fauna marina	(Arntz & Gerdes, 2011) (Spindler & Dieckmann 1994, Gradenger 1995, Thomas y Dieckmann 2003)
	Aumento de la temperatura media de las máximas y de las mínimas	» Presencia y abundancia de las aves: Rara (<i>Phytotoma rara</i>), pato rinconero (<i>Heteronetta atricapilla</i>) y la viudita (<i>Colorhamphus parvirostris</i>) más al sur de su hábitat de distribución.	(Simonetti & Stipicic, 2016)
	Aumento de la temperatura	» 5 especies de paseriformes observadas por primera vez en el archipiélago Diego Ramírez en 2016 y 2017 » Aumento de permanencia en la Reserva de Biósfera Cabo de Hornos de especies migratorias: chercán (<i>Troglodytes aedon</i>) y bandurria (<i>Theristicus melanopis</i>) » Elevada vulnerabilidad de distintas especies de peces en ríos y lagos patagónicos y en islas magallánicas y de Tierra del Fuego (Marquet, 2020).	(Marquet, 2020)
	Aumento de lluvias en detrimento de nevadas Retroceso de glaciares Aumento de la carga de sedimentos, turbidez y erosión de icebergs	» Cambios en la fauna	(Arntz & Gerdes, 2011)
	Aumento de temperatura	» Pérdida de rodales de ñirre (<i>Nothofagus antarctica</i>)	(Navarro Cerrillo et al., 2008)
	Aumento de temperatura y variación de la precipitación	» Disminución del crecimiento radial de <i>Nothofagus pumilio</i>	
	Eventos cálidos en el clima	» Mortalidad de bosques de <i>Nothofagus pumilio</i> por ataques de insectos (Ormiscodes)	(González-Reyes et al., 2017)
	Aumento de temperatura	» Colonización de lenga (<i>Nothofagus pumilio</i>) entre 5 a 10 m sobre el límite arbóreo en la cordillera de los Andes a los 49°S	(Srur et al. 2018)

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
	Cambio en la velocidad del viento, la precipitación y acumulación de agua	» Cambios en la distribución espacial de turberas y praderas en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos	(Aguirre et al., 2021)
	Aumento de temperatura Disminución de la cobertura de nieve estacional Pérdidas de hielo glaciar	» Desequilibrios en la biodiversidad y los ecosistemas subantárticos de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos	(Aguirre et al., 2021)
	Aumento de temperatura Aumento de precipitación	» Condiciones más favorables para una mayor productividad en pastizales y crecimiento de los árboles.	(Kreps et al., 2012)
Océanos y ecosistemas marinos	Aumento de la temperatura Aumento velocidad viento Aumento de las precipitaciones al sur de la latitud 50°S Derretimiento de glaciares Aumento de agua dulce Concentración de carbono	» Modificación de la exportación de carbono y la composición de organismos marinos como las microalgas, con su posterior transferencia a niveles tróficos superiores. » Disrupción en el ciclo de desarrollo del krill » Disminución de la biomasa con daños al ecosistema marino » Redistribución de las especies marinas hacia latitudes más altas » Disminución de la biomasa global de animales marinos » Acidificación de los océanos » Impactos sobre el crecimiento, desarrollo, la calcificación y la supervivencia de especies marinas	(Barria L., 2021)
	Aumento de temperatura Aumento del viento	» Menor recurrencia de la altura de oleaje en 2100 » Aumento del viento, de la altura significativa del periodo medio y de la dirección media en (2026-2045) en la zona austral » Aumento del nivel medio del mar en Puerto Williams para el futuro (+2,2 mm/año) » Alteración de la dirección de incidencia del oleaje. » Desequilibrios hidrodinámicos afectando a formación de playas, erosión costera y tasas de sedimentación.	(Ministerio del Medio Ambiente, 2019) (López, 2010) (López & Zambrano, 2014)
Recursos hídricos	Aumento de temperatura Disminución volumen glaciar	» Afección a la estacionalidad de lagos y lagunas » Impactos en la biodiversidad	(Ministerio del Medio Ambiente, 2014).
	Aumento de temperatura máxima Retroceso de glaciares Aumento e irregularidad precipitación en invierno Precipitaciones en forma líquida	» Impactos sobre la distribución y dinámica hidrológica » Variabilidad de los caudales de los ríos, especialmente en invierno » Impacto en los regímenes fluviométricos anuales	(Romero Aravena et al., 2008)

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
	Aumento de precipitación (+4,24 %) Aumento de temperatura (+1,4 °C promedio) Aumento de escorrentía (+4,40 % promedio) en Punta Arenas y Vertientes del Atlántico	» Volumen de demanda insatisfecha (2021-2050) de 23,7 a 27,4 hm ³ /año (Río Tres Brazos y Río Pescado)	(Mejías Rojas, 2022).

Tabla 33. Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia



SISTEMAS Y SECTORES HUMANO

Turismo

Las relaciones entre cambio climático y turismo son muy distintas según las zonas del planeta, pudiendo resultar en impactos negativos o, por el contrario, nuevas oportunidades para el sector turístico. En el caso de la región de Magallanes, los glaciares y las actividades en la naturaleza asociadas a estos ecosistemas son la principal fuente de ingresos para el turismo magallánico. Teniendo en cuenta este hecho, hay que señalar que los glaciares, como se ha ido viendo a lo largo del presente informe, son uno de los ecosistemas más amenazados por el cambio climático y cuyo equilibrio resulta fundamental para la biodiversidad, los recursos naturales o algunos sectores económicos como el turismo. Bajo este contexto se puede pensar en una dilatación de la temporada alta de turismo en algunas zonas como Torres del Paine, lo que podría resultar beneficioso al permitir regular el flujo de visitantes de modo que la presión ejercida sobre este medio fuera menor. Pero este mismo hecho podría ser contraproducente si no se regula y gestiona adecuadamente el turismo, puesto que ante una temporada mayor es previsible un aumento proporcional del número de visitantes. Dependiendo de la óptica, podría también argumentarse que, ante una pérdida de masa glaciar y degradación de los ecosistemas, cabría la posibilidad de una pérdida de atracción que afectaría a los ingresos percibidos por el turismo. En definitiva, se trata de un sector fuertemente influenciado por la gestión que desde los gobiernos se lleve a cabo, y en la que intervienen multitud de factores que arrojan una elevada incertidumbre al respecto.

A pesar de la importancia del turismo en la región, pero también a nivel nacional que, en Chile, a través de la Ley N° 20.423, afirma en su artículo 2° que “el turismo constituye una actividad estratégica para el desarrollo del país, siendo prioritaria dentro de las políticas de Estado, por lo que éste deberá promoverla de modo armónico e integral, impulsando su crecimiento sustentable en conformidad con las características de las regiones, comunas y localidades del país”, no se han encontrado apenas referencias específicas sobre el impacto del cambio climático sobre el turismo magallánico.

Una de las investigaciones revisadas ahonda en los impactos sobre los propios turistas y visitantes, que se aborda desde varias perspectivas (Villa Morales, 2021), como por ejemplo los posibles riesgos de infecciones, accidentes por desprendimiento de bloques de hielo o la radiación ultravioleta. Resulta curioso el apunte respecto a las infecciones según el cual, de acuerdo con un estudio de Boris Revich y Marina Podolnaya, se estableció que *"como consecuencia del derretimiento del permafrost, los vectores de infecciones mortales de los siglos XVIII y XIX pueden volver, especialmente cerca de los cementerios donde fueron enterradas las víctimas de estas infecciones"*.

Salud y seguridad humana

Las referencias encontradas respecto a los impactos del cambio climático sobre la salud humana y la seguridad son más abundantes que para el caso del sector turístico. Así, en el extremo austral del país se reseña la ocurrencia de inundaciones y tormentas costeras, traducándose en impactos en forma de lesiones y defunciones ante los eventos y enfermedades infecciosas y mentales. Por otra parte, y debido al aumento de la radiación ultravioleta en la zona, se esperan impactos en salud de la población, tales como cataratas corticales, melanoma maligno cutáneo e inmunosupresión (Gutiérrez Mora, 2018).

Para la región de Magallanes, (Wrinkler & Pantoja, 2019) refieren como principales impactos el aumento de lesiones y defunciones, los trastornos psicológicos, las enfermedades diarreicas e infecciosas (rabia y hanta virus) como consecuencia del aumento de inundaciones y tormentas costeras.

En general, las publicaciones consultadas hacen énfasis en los impactos psicológicos en la población a causa del cambio climático en la zona sur y austral, siempre asociados al incremento de los eventos hidrometeorológicos de precipitación extrema como inundaciones, desbordamiento de los ríos, deslizamientos y aluviones (Estelle, 2020).

Por último, uno de los estudios analiza la percepción del cambio climático y el bienestar subjetivo por parte de la población de Punta Arenas respecto a variables como radiación solar, lluvias, nieve y escarcha, viento, luz, temperaturas en verano, temperaturas en invierno, el nivel del mar y derretimientos de los hielos (Novión Aicón & Estrada Goic, 2011). Este estudio reviste importancia para la salud desde el punto de vista de uno de los impactos referidos por otros autores, como los trastornos psicológicos y los suicidios. Y es que *"un alto porcentaje indicó que los aspectos de la vida personal que se encuentran dentro de los más afectados negativamente por los cambios son el estado de ánimo y la salud física en general. Ambas categorías resultan particularmente importantes ya que reflejan la creencia de que la salud física y mental es susceptible de ser afectada por el entorno ambiental. En Chile, la tasa anual de suicidios durante el 2008 alcanzó a un 10,8 por 100.000 habitantes. En Punta Arenas, esta tasa llegó a 23,8, superando con creces el promedio nacional"*. En resumen, este estudio, pretende *"enfrentar adecuadamente en el futuro tanto el "calentamiento global objetivo", como el "calentamiento global subjetivo" que puede manifestarse en problemáticas asociadas a la salud como también en resistencias a adoptar nuevos comportamientos saludables por la percepción de no tener control sobre nuestro entorno"*.

Agricultura y ganadería

Las proyecciones del cambio climático parecen indicar, en términos generales, un deterioro de las condiciones de vida de agricultores y ganaderos, especialmente en las poblaciones más vulnerables,

mientras que la intensificación de episodios climáticos extremos tendrá un impacto negativo en la producción agrícola y su estabilidad (L. E. Meza, 2012).

Con un mayor nivel de concreción, se observan tanto impactos negativos como oportunidades para el sector. El incremento de las precipitaciones junto con el aumento de temperatura proyectado para la región podría suponer un incremento en la oferta hídrica y la habilitación de condiciones para el establecimiento de actividades productivas como la agricultura. No obstante, estos efectos también generarán un incremento del riesgo de ocurrencia de desastres socio-naturales y alteraciones ecológicas considerables (Winckler & Pantoja, 2019).

En la zona austral (Punta Arenas) el aumento de las precipitaciones y temperaturas podría favorecer la agricultura. Por ejemplo, a Puerto Natales, que es una zona más seca, le iría bien en materia agrícola (Mendoza, 2006).

Según los diferentes sistemas agrícolas, en el caso de las praderas, en la zona austral, se observaría un aumento en los rendimientos de hasta un 20 % y crecería la productividad en el sector occidental de la cordillera de Los Andes, por los incrementos en las temperaturas, la pluviometría y los niveles de radiación solar. Las especies cuya producción es dependiente del clima, podrían verse afectadas en sus propiedades organolépticas y en su calidad. En general, se espera que el aumento de temperatura prolongue el ciclo de vida de algunas de las plagas. Se podría favorecer la proliferación de enfermedades provocadas por hongos y bacterias. Para las plantaciones forestales se espera una disminución en el efecto de pérdida de potencial productivo a medida que se avanza hacia el sur (F. Meza, 2017).

Respecto a la ganadería ovina, de fuerte presencia en la región, ésta se desarrolla de manera extensiva y sin apenas intervención en el proceso productivo, es decir, la innovación y la tecnología utilizada por los ganaderos es prácticamente nula (Ministerio de Agricultura & Fundación para la Innovación Agraria, 2015). Este hecho, supone un deterioro progresivo de las praderas por aplicación de cargas animales superiores a la capacidad del pastizal, que se traduce en una baja cantidad de materia seca disponible para el pastoreo de los animales. Ello, unido al cambio climático, ha provocado cambios importantes en la ganadería de Magallanes como una menor productividad de las praderas que necesitaría un ajuste de la carga animal y el control de otros procesos involucrados.

Respecto a las referencias aportadas por algunos ganaderos en Magallanes y que se relacionan con los cambios del clima, cabe destacar las siguientes percepciones recogidas en el estudio de (Schuster Ubilla et al., 2021):

- Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa en región de Magallanes: *“ahora no tenemos los 3 o 4 meses de inviernos que yo alcancé a vivir en 2005-2008 (...) eran con mucha nieve, y mucho más antes, ahora se concentran los inviernos con muy bajas temperaturas y se disminuyó la precipitación con nieve. Hablando del año pasado tuvimos -18 °C, tuvimos un mes donde la temperatura no subió de los 0 °C (...) Tenemos eventos [climáticos] muy fuertes, están cayendo 100 mm en un día, lo cual afecta mucho más que 100 mm en una semana. En Magallanes ha habido un aumento de la temperatura, lo cual aumenta la cantidad de viento que hay en Magallanes, hemos visto ráfagas de hasta 200 km lo que tiró el techo de los edificios”*.

Pesca y acuicultura

El cambio climático también supone un elevado grado de incertidumbre para la pesca, ya que podría tener algunos efectos beneficiosos en la acuicultura, aunque podrían darse también importantes impactos negativos, dependiendo de las especies y de los cambios climáticos específicos en el ámbito local (Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

La acidificación y el calentamiento global son dos efectos importantes sobre las pesquerías bentónicas de crustáceos y moluscos, y por tanto las pesquerías artesanales. Se trata de estresores que alteran el sistema fisiológico, el crecimiento, la reproducción y la tasa de calcificación de las estructuras exoesqueléticas y conchas de los moluscos. La acidificación también puede producir una reducción en el tamaño de los peces. Por otro lado, la disminución de oxígeno en los océanos afecta a los individuos juveniles de la centolla patagónica (*Lithodes santolla*) que tienen una tolerancia moderada a la baja disponibilidad de oxígeno. El cangrejo (*Cancer setosus*) muestra un vínculo directo entre el cuidado activo de las crías y la provisión de oxígeno, lo que puede afectar su supervivencia (Cubillos Santander et al., 2021). Otros estudios han demostrado efectos negativos de los niveles elevados de CO₂ en el crecimiento gonadal y el desarrollo del erizo de mar (Uthicke et al., 2014).

El documento “*Manual de capacitación en adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura en Chile*” (Cubillos Santander et al., 2021) repasa algunos impactos del cambio climático sobre el sector pesquero en la región de Magallanes:

- Aumento de temperatura: para el salmón del Atlántico, cuando las temperaturas están por encima del rango óptimo para la especie, tienden a estresarse. El aumento de la temperatura también produce una reducción del oxígeno y los salmones en un sistema de cultivo experimentan menor concentración de oxígeno cuando las temperaturas aumentan y esto también incide en el estrés fisiológico.
- Cambios en la salinidad: como resultado del cambio climático se produce derretimiento de los polos y glaciares, que unido al cambio en los patrones de lluvia provoca cambios en la salinidad. Esto incide en los moluscos, especialmente los bivalvos como los mejillones.
- Acidificación del océano: este fenómeno, ya descrito anteriormente, representa una amenaza seria para todos aquellos organismos que requieren calcio en sus estructuras externas, por ejemplo, crustáceos y moluscos con concha, pues la calcificación puede dificultarse en un ambiente de mayor acidez o menor alcalinidad. En Chile se han realizado numerosas publicaciones científicas que abordan este tema, algunas de las cuales han mostrado por ejemplo efectos combinados en el incremento de temperatura y la acidez del océano sobre el mejillón chileno, (*Mytilus chilensis*); se ha observado que la acidificación tendría impactos negativos sobre la especie (Duarte et al., 2014, 2015; Navarro et al., 2016).
- Incremento de florecimientos algales nocivos (FANs): en el sur de Chile, donde se desarrolla la acuicultura más importante del país representada por los cultivos de salmones y de mejillones, el crecimiento de microalgas puede ser positivo para los mejillones puesto que son consumidores de microalgas, lo que supone una mayor cantidad de alimento disponible. No obstante, también puede ser negativo ya que las microalgas que contienen sustancias tóxicas

se tornarían nocivas para los mejillones y otros filtradores. Por otra parte, los florecimientos de fitoplancton pueden causar mortalidad de peces por daño físico a las branquias o por la presencia de toxinas.

- Efectos sobre la calidad y cantidad de alimento para acuicultura: También es posible que un cambio en la temperatura, salinidad o acidez del océano cause un deterioro de la calidad del alimento para las especies filtradoras y sobre este tema no existe mucha información.
- Incremento de enfermedades y parasitismo: el cambio climático tendrá un efecto sobre el parasitismo y las enfermedades que afectan a la acuicultura. Un ejemplo ya evidenciado en la acuicultura chilena es el piojo de mar, *Caligus rogercresseyi*, un copépodo ectoparásito de los salmones que, en los centros de cultivo de salmones, si las condiciones de salinidad se incrementan o si se producen aumentos de las temperaturas, estos parásitos tienden a extenderse (Soto et al. 2019).

Infraestructuras, transportes terrestres y ciudades

En general, para las **infraestructuras y vías de comunicación terrestres**, los principales impactos del cambio climático se manifiestan en todos aquellos territorios en los que se proyecte una intensificación y mayor recurrencia de los fenómenos meteorológicos extremos como las inundaciones, aluviones, tormentas intensas, fuertes vientos o marcados contrastes térmicos.

De manera más concreta, y según las características territoriales de cada región, los impactos serán más específicos. Uno de los impactos de este tipo para la región austral de Magallanes y Antártica Chilena se transforma en un impacto de signo positivo, puesto que el frío es un claro enemigo para la comunicación vial y los incrementos de temperatura propiciarán la **mayor conectividad** terrestre para diversos propósitos (Cañete Arratia et al., 2021).

Respecto a los impactos del cambio climático sobre las **ciudades**, algunas variables climáticas pueden afectar potencialmente a algunos elementos propios de los entornos urbanos. Uno de ellos es el **viento**, que incide en forma de riesgo por caída de árboles y elementos constructivos de los edificios. En un estudio, las proyecciones de viento en el futuro indican un leve aumento en Punta Arenas, pasando de 8,23 m/s en promedio en 2017 a 8,29 m/s en 2065. Otro de los fenómenos característicos es el efecto de la **Isla de Calor Urbana (ICU)** que en el caso de Punta Arenas no supondría un impacto negativo debido a las temperaturas frescas del clima. No obstante, en el mismo estudio se evalúa un aumento de 1,04 °C, pasando de 1,81 °C en 2017 a 2,85 °C en 2065 (Ruiz et al., 2021).

Género

Este aspecto se trata muy detalladamente en el *“Informe del diagnóstico brechas de género para la adaptación al cambio climático en sectores priorizados del sector silvoagropecuario”* (Schuster Ubilla et al., 2021). Los principales impactos detectados en la región se resumen a continuación:

- División Sexual del Trabajo: los patrones culturales se expresan en una división sexual del trabajo con diferencias en el reparto de beneficios y, por lo tanto, en vulnerabilidad frente a la crisis climática. Los ganaderos bovinos en la región de Magallanes lo refieren en los siguientes términos:

Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa, región de Magallanes: “Herencias generalmente se daban a los hombres (...) hay más ganaderos que ganaderas a gran escala”.

Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa, región de Magallanes: “Las decisiones de negocio las toma el hombre y en la casa manda la esposa. Generalmente el hombre termina tomando las decisiones monetarias más grandes (...) esto ha estado cambiando, pero son pocas las mujeres que tienen producciones específicas (...) En mi antiguo trabajo en empresa de turismo no contratábamos mujeres porque se embarazan... Esto hace que aumente la brecha... Por eso el hombre tiene más opciones de trabajo dependiente, más estable y fuera de la casa”.

Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa, región de Magallanes: “el trabajo apícola es más bien masculino, el tema de semillas en general es un tema más ligado a la mujer, (además) yo diría que los negocios es un tema llevado por los hombres, la mujer puede los trabajos en la casa, son los hombres los que hacen la venta para los productos a cierto nivel” Estrechamente relacionado con el punto anterior las personas entrevistadas evidencian responsabilidades disímiles en labores del ámbito doméstico. Estas actividades se han visto acrecentadas con los cambios en el clima y los efectos que han tenido las dinámicas familiares y reproductivas. Además, la pandemia socio sanitaria de COVID-19 ha venido a acrecentar estas labores domésticas. Esto ha repercutido en accesos diferenciados a instancias de participación, capacitación y autonomía en la toma de decisiones. De todos modos, esta realidad cambia de familia a familia, pero es más evidente en personas mayores, Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa, región de Magallanes: “La mujer tiene menos tiempo dado sus labores en el hogar o materna (...) como nos repartimos labores, es mucho más fácil que el hombre salga de la casa para capacitaciones o trabajo, eso deja a las mujeres desplazadas”

- Concentración del Poder: la falta de propiedad y los patrones culturales patriarcales se concatenan para dificultar la adaptación la crisis climática por parte de las mujeres en el mundo rural.

Ganadero bovino a gran escala, ingeniero agrónomo y asesor en ganadería regenerativa, región de Magallanes: “Hay políticas públicas y financieras que favorecen al hombre y discriminan a la mujer; no les dan créditos ni préstamos.”

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores humanos de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias bibliográficas
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
Turismo	Aumento de temperatura Eventos extremos Aumento de precipitaciones	» Riesgos de infección, accidentes y radiación UV para los turistas » Incertidumbre sobre efectos negativos / oportunidades	(Villa Morales, 2021)

Plan de Acción Regional de Cambio Climático en Magallanes
Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores humanos de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias bibliográficas
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
Salud y seguridad humanas	Aumento de inundaciones y tormentas costeras	» aumento de lesiones y defunciones, los trastornos psicológicos, las enfermedades diarreicas e infecciosas (rabia y hanta virus)	(Wrinkler & Pantoja, 2019)
	Incremento de eventos hidro-meteorológicos	» Impactos psicológicos	(Estelle, 2020).
	Cambios en las variables climáticas	» Percepción del cambio climático e impacto en la salud » Trastornos psicológicos	(Novión Aicón & Estrada Goic, 2011)
Sector agrícola y ganadero	Intensificación de episodios climáticos extremos	» Deterioro de las condiciones de vida de agricultores y ganaderos, especialmente en las poblaciones más vulnerables » Impacto negativo en la producción agrícola y su estabilidad	(L. E. Meza, 2012).
	Incremento de las precipitaciones Aumento de temperatura	» Incremento en la oferta hídrica y habilitación de condiciones para el establecimiento de actividades productivas como la agricultura. » Incremento del riesgo de ocurrencia de desastres socio-naturales y alteraciones ecológicas	(Winckler & Pantoja, 2019)
	Aumento de precipitaciones y temperatura	» Favorece la agricultura	(Mendoza, 2006)
	Incremento de temperatura Incremento de pluviometría Aumento de radiación solar	» Aumento en los rendimientos de praderas (20%) y crecimiento de la productividad » Proliferación de enfermedades provocadas por hongos y bacterias » Disminución del potencial productivo en plantaciones forestales	(F. Meza, 2017)
	Variación de la temperatura y la precipitación	» Deterioro progresivo de las praderas » Baja cantidad de materia seca disponible para el pastoreo de los animales	(Ministerio de Agricultura & Fundación para la Innovación Agraria, 2015)
	Aumento de la intensidad del viento	» Daños a edificaciones agropecuarias	(Schuster Ubilla et al., 2021)
	Pesca y acuicultura	Aumento de temperatura Acidificación	» Efectos sobre las pesquerías bentónicas de crustáceos y moluscos y las pesquerías artesanales » Reducción en el tamaño de los peces
Disminución de oxígeno en los océanos		» Impactos y afección a la supervivencia de en la centolla patagónica (<i>Lithodes santolla</i>) y cangrejo (<i>Cancer setosus</i>)	
Niveles elevados de CO ₂		» Impacto en el crecimiento gonadal y desarrollo del erizo de mar	
Aumento de temperatura		» Estrés en los salmones	

Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores humanos de la región de Magallanes			
Sistemas o sectores	Descripción		Referencias bibliográficas
	Amenaza climática	Impactos y riesgos	
	Cambios en la salinidad	» Incidencia en los moluscos, especialmente los bivalvos como los mejillones	(Cubillos Santander et al., 2021)
	Acidificación del océano	» Impactos negativos en el mejillón chileno	
	Aumento de temperatura	» Mayor disponibilidad de alimento para mejillones por crecimiento de microalgas » Incremento de enfermedades y parasitismo en salmones	
Infraestructuras transportes terrestres y ciudades	Aumento de temperatura	» Mayor conectividad en las comunicaciones terrestres	(Cañete Arratia et al., 2021)
	Aumento de la intensidad del viento	» Leve aumento en Punta Arenas, pasando de 8,23 m/s en promedio en 2017 a 8,29 m/s en 2065	(Ruiz et al., 2021)
	Aumento de temperatura	» Aumento del efecto ICU en 1,04 °C en 2065	
Género	Cambio climático global	» Intensificación de los problemas de género en el ámbito de la división sexual del trabajo y la concentración del poder en el sector agroganadero	(Schuster Ubilla et al., 2021)

Tabla 34. Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas y sectores físicos y naturales de la región de Magallanes. Fuente: elaboración propia

4. Inventarios regionales de GEI y forzantes climáticos de vida corta

Esta fase consiste en la revisión y actualización de los resultados de los [Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero \(IRGEI\) para la región de Magallanes](#). Por una parte, el Ministerio de Medio Ambiente de Chile dispone de los Inventarios de Emisiones de GEI a escala regional y por categorías de actividad. Por otra parte, se cuenta con el informe elaborado por DEUMAN para FIIAPP dentro del marco del proyecto Euoclima+ “[Producto nº 2 Servicios de asistencia técnica para apoyar la identificación de medidas y metas de mitigación a incluir en los PARCC de Antofagasta y Magallanes. 29 de septiembre 2022](#)”, cuyo objetivo es apoyar la identificación de medidas y metas de mitigación a incluir en los PARCC, mediante la evaluación potencial de medidas que serán definidas, diseñadas y priorizadas a partir de la revisión de los [inventarios regionales de GEI](#) en los que se identificarán las principales fuentes de emisión.

En el citado documento se cuenta con información hasta el año 2018, y se va a llevar a cabo una actualización con los datos facilitados por la División de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente de Chile (MMA) hasta el año 2020, que solamente incluye datos sobre el Alcance 1.

A partir de estos datos, se lleva a cabo el [análisis y la actualización de las emisiones de GEI en Magallanes, así como los inventarios de emisiones de las fuentes de carbono negro, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles de la región](#).

4.1. Análisis de las emisiones de GEI

De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, la definición de emisiones 96el IRGEI considera los lineamientos del Protocolo Global para inventarios a Escala Comunitaria del Greenhouse Gas Protocol (GPC), donde las emisiones fueron categorizadas por fuentes o sectores. El IRGEI de la región de Magallanes distingue los siguientes sectores, dentro de los cuales agrupa las principales actividades emisoras de gases de efecto invernadero:

- **Sector energía estacionaria:** Incluye las emisiones GEI asociadas al consumo de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados) y biomasa para la generación de energía, además de las emisiones fugitivas asociadas al proceso. Incluye los subsectores: edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, construcción e industrias manufactureras, industrias energéticas, emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón, emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural (MMA, 2020).
- **Sector transporte:** El sector transporte incluye los consumos energéticos asociados a los servicios de transporte dentro del territorio incluyendo servicios de tipo público o privado, para los diferentes medios y modos de transporte tanto de pasajeros como de carga, incluye transporte carretero, ferroviario, aéreo, marítimo y por ducto (Ministerio de Energía, 2022).
- **Sector Procesos Industriales y Uso del Producto (IPPU):** Comprende las emisiones GEI producidas en la transformación de materias primas mediante procesos químicos o físicos. Incluye los subsectores procesos industriales y uso del producto (MMA, 2020).
- **Sector AFOLU:** Comprende dos subsectores, el subsector agricultura y el subsector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS). El primero, comprende todas las

emisiones GEI asociadas a la actividad agropecuaria incluyendo emisiones asociadas a cultivos y a la actividad ganadera. El segundo, comprende las emisiones y absorciones GEI asociadas al cambio de uso de la tierra y actividades silvícolas, sector de especial relevancia dentro de la mitigación debido a la función de sumidero de carbono asociada a este (MMA, 2020).

- **Sector residuos:** Comprende las emisiones de GEI que resultan de los procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica de residuos sólidos bajo degradación anaeróbica, el tratamiento biológico de los residuos, la incineración y el tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales (MMA, 2020).

La metodología GPC (Fong et al. 2014) define las siguientes tres categorías para diferenciar físicamente el origen de las emisiones:

- **Alcance 1:** Emisiones de GEI que se producen de forma discreta dentro del límite definido para el levantamiento del inventario; estas emisiones provienen netamente de fuentes situadas dentro del límite geográfico. Incluye las emisiones de los sectores agricultura, silvicultura y otros usos del suelo, residuos y aguas residuales (solo dentro del límite), procesos industriales y uso de productos, combustión estacionaria y transporte dentro de los límites.
- **Alcance 2:** Emisiones de GEI cuya producción es el resultado de la utilización de energía, calor, vapor y/o refrigeración suministrados en red y pueden darse tanto dentro como fuera del límite geográfico establecido. Principalmente, se asocian a emisiones indirectas relacionadas al consumo de electricidad de determinados emisores, en este caso de los sectores energía estacionaria y transporte, ubicados dentro del límite geográfico definido para el inventario.
- **Alcance 3:** Comprende todas aquellas emisiones que ocurren fuera del límite geográfico definido como resultado de actividades que se llevan a cabo dentro del límite definido. Incluye emisiones de residuos sólidos y aguas residuales que se originan fuera de los límites, emisiones asociadas a la transmisión y distribución de energía en red, emisiones de transporte que ocurren fuera de los límites y otras emisiones indirectas.
- Debido a que la información más reciente facilitada por el MMA únicamente incluye información sobre el Alcance 1, los datos de este producto actualizados hasta 2020 solo contemplan esta categoría.

4.1.1. Revisión preliminar del Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero (IRGEI)

De acuerdo con la última actualización para el alcance 1 del Inventario Regional de GEI, facilitada por el MMA para el año 2020, se estima que en la región de Magallanes se emitieron un total de **4.213,5 ktCO₂eq**. La mayor parte de las emisiones proviene del sector energía, con un aporte del 79,6 % a las emisiones regionales, seguido de la agricultura con un 15,5 %, el sector IPPU con aporte del 3,8 % y en menor porcentaje se registraron bajas emisiones del sector residuos.

Por otro lado, el subsector UTCUTS registró una absorción de emisiones de **-7.731,9 ktCO₂eq**, valor que representó a nivel nacional el 15,5 % de las absorciones totales, y que hace que el conjunto de las emisiones netas de la región de Magallanes sea negativo con un total de **-3.518,5 ktCO₂eq**.

En la siguiente figura se presenta la distribución de los aportes de los diferentes sectores al total de emisiones regionales del año 2020.

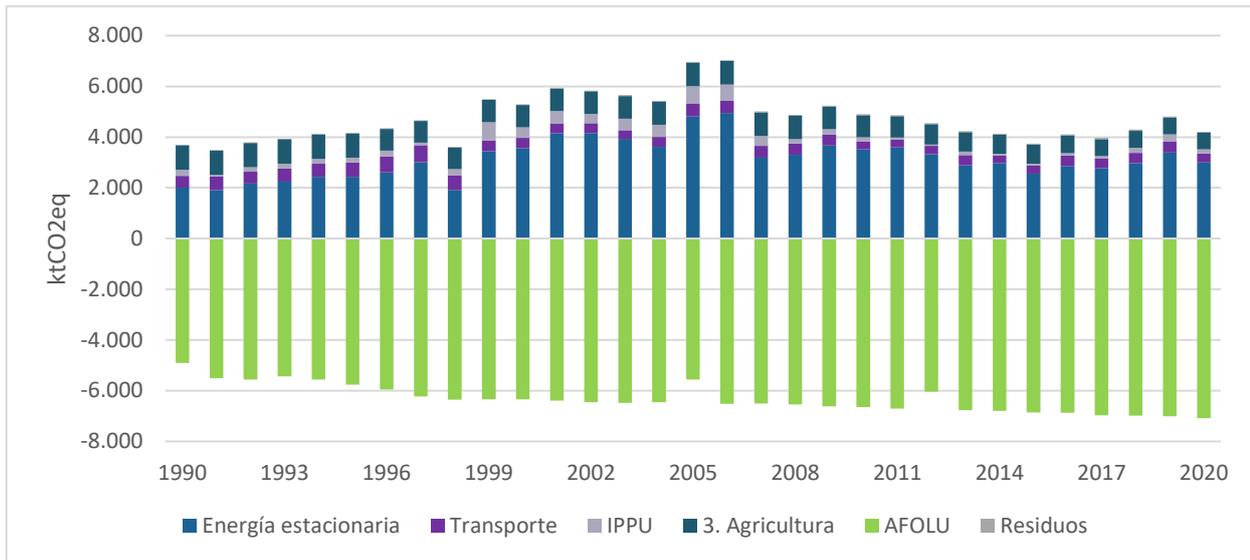


Figura 53. Balance de GEI por sector en 2020 - Región Magallanes. Fuente: Elaboración propia con base al MMA (2022)

4.1.1.1. Emisiones GEI del sector energía estacionaria

Contexto del sector energía

Según se constata en el informe elaborado por DEUMAN, la región de Magallanes cuenta con importantes reservas de combustibles fósiles como el gas natural, petróleo y carbón, que se extraen y refinan en la misma región para su exportación hacia el resto del país. Adicionalmente, es importante resaltar que para el año 2018 la matriz energética de la región dependía especialmente del gas natural para fines térmicos y energética, por ello, dentro del inventario también existe un aporte relevante de la generación de electricidad a las emisiones regionales, registrando 199,09 ktCO₂eq, equivalentes al 8% del total de emisiones del sector.

De acuerdo con el perfil energético de la región y según lo reportado por el IRGEI (MMA, 2022), las emisiones del sector energía estacionaria asociadas a la quema de combustibles para la generación energética en el año 2020 registraron un total de **3.352,9 ktCO₂eq**, en su mayoría provenientes de la manufactura de combustibles sólidos (28%), seguida de emisiones fugitivas de combustibles (19%), emisiones del sector residencial (18,6 %) y de la industria manufacturera de sustancias químicas (11%). En la figura siguiente se evidencian las principales emisiones GEI del sector por cada una de las fuentes.

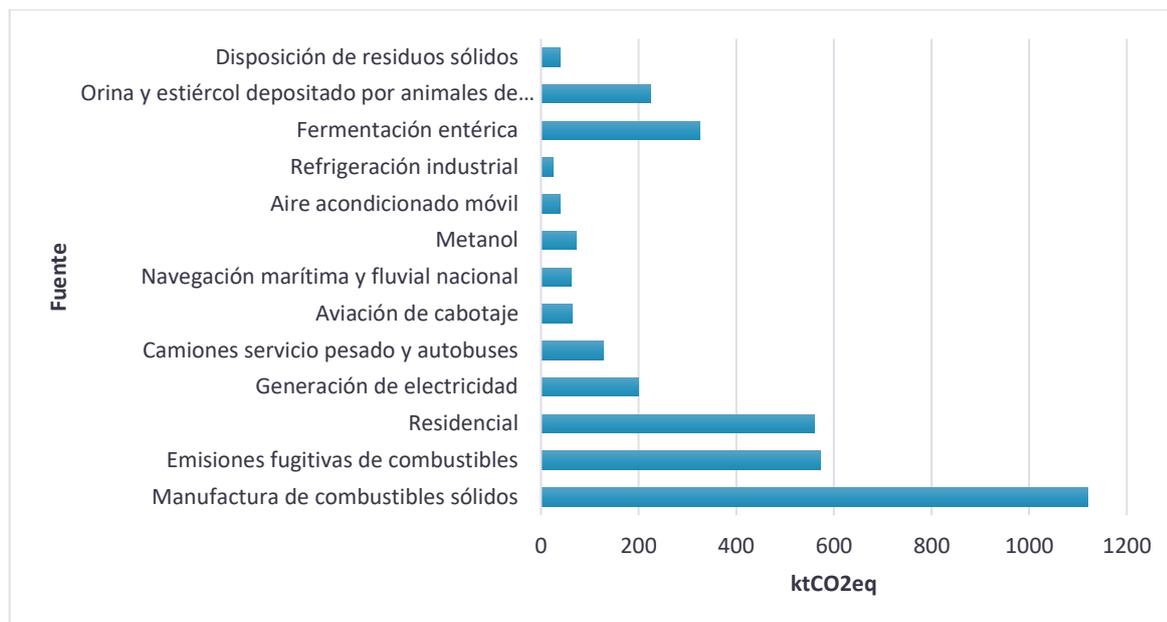


Figura 54. Emisiones GEI por fuente del sector energía 2020. Fuente: Elaboración propia en base al MMA (2022)

4.1.1.2. Sector transporte

De los datos históricos de consumo energético asociados al sector transporte en la región de Magallanes, se observa en el informe de Deuman, que en el último año con datos disponibles que es 2018, este fue de 1.984,92 TCal donde predominó el consumo asociado al transporte terrestre (61,7%), seguido por el transporte aéreo (22,8%) y transporte marítimo (13,1%) (CNE, 2019).

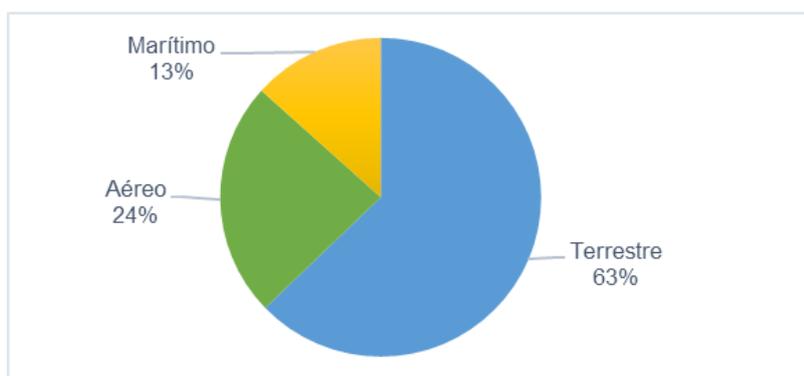


Figura 55. Consumo energético por tipo de transporte (TCal), año 2018. Fuente: Informe de Deuman con base en CNE, (2019)

Con los datos facilitados en el informe de Deuman, y de acuerdo con el registro de permisos de circulación de la región (INE, 2022), para el año 2018 se contabilizan 75.036 vehículos terrestres en Magallanes, de los cuales el 63,3 % funcionaban con gasolina, el 33,4 % con combustible diésel, el 3,13 % con gas y solo el 0,003 % eran vehículos eléctricos. Del total de vehículos terrestres registrados en 2018, el 90,4 % correspondía a vehículos particulares, el 4,8 % a vehículos de transporte colectivo y el 4,7 % a vehículos de carga. Para 2021, último año para el que se ha publicado el registro del total de vehículos, se estima un crecimiento del parque automotriz del 10,37 % con respecto al 2018, con un total de 82.820 vehículos manteniéndose una distribución similar en cuanto al tipo de combustible, donde continúa predominando el uso de gasolina y diésel representando el 63,1 % y 36,5 %, respectivamente, del total de vehículos de

la región. En la Figura siguiente, se evidencia que el crecimiento del parque automotriz de la región no experimenta grandes cambios en los últimos 6 años, y la gasolina continúa siendo el combustible principal.

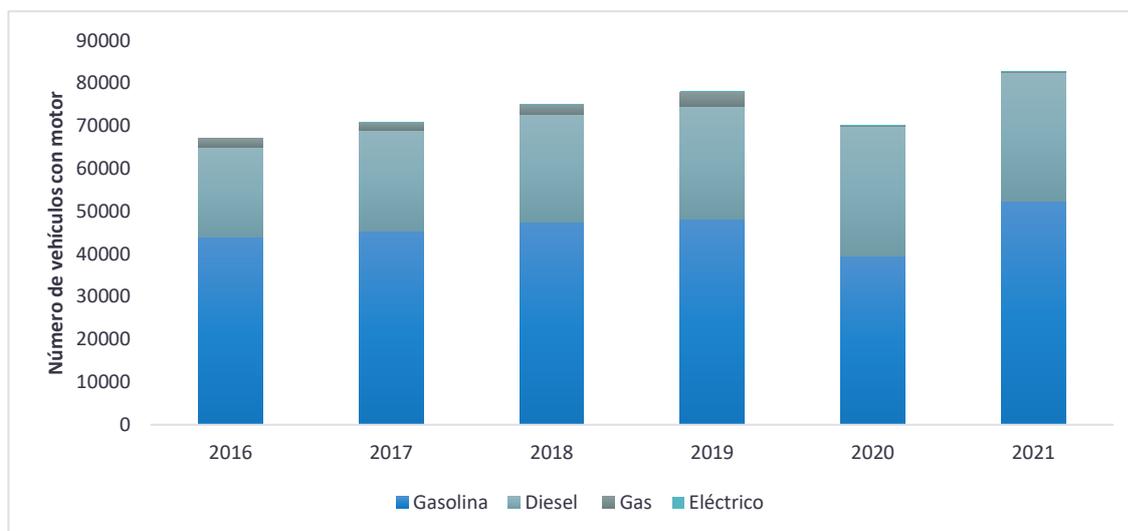


Figura 56. Evolución del parque automotriz durante el periodo 2016-2021. Fuente: Informe Deuman con base INE, (2022)

En cuanto a la distribución del parque automotriz a nivel de comunas, casi el 80 % de los vehículos se concentraban en la de Punta Arenas por ser la más poblada, seguido de las comunas de Natales (11 %) y Porvenir (3,4 %).

Emisiones GEI del sector transporte

Con respecto a las emisiones de alcance 1 de GEI para el sector transporte, en 2020 se registró un total de emisiones de **347,2 ktCO₂eq**, la mayoría provenientes del transporte por carretera con 221,4 ktCO₂eq emitidas, equivalentes al 63,8 % del total de emisiones del sector (MMA, 2022). Los sectores de transporte marítimo y aviación tienen una contribución similar (18 %) a las emisiones de este sector.

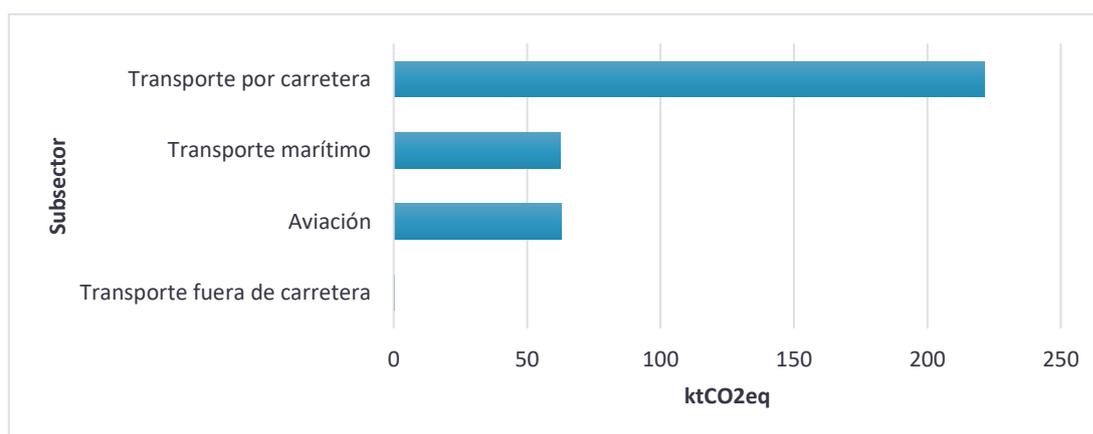


Figura 57. Distribución de las emisiones GEI del sector transporte por cada subsector, año 2020. Fuente: Elaboración propia con base en MMA, (2022)

En el gráfico anterior se evidencia la distribución de las emisiones totales para el alcance 1 entre los diferentes subsectores del transporte en el año 2020.

En relación con las emisiones por tipo de vehículo, se identificó que el mayor aporte de emisiones provino de camiones para servicios pesado y autobuses, seguido en porcentajes muy similares por aviación de cabotaje, navegación marítima y fluvial nacional y automóviles, mientras que el menor aporte estuvo asociado a motocicletas.

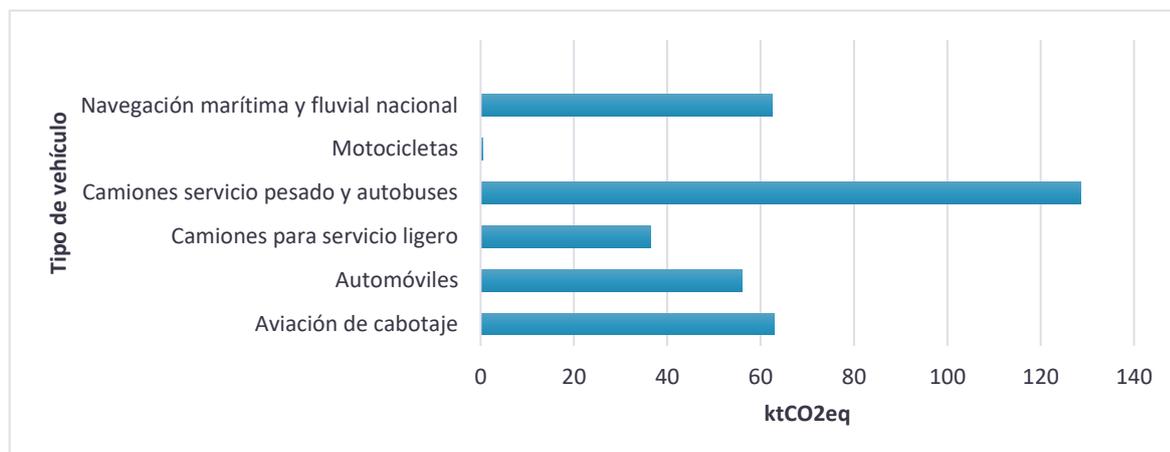


Figura 58. Emisiones GEI por tipo de vehículo para el año 2020. Fuente: Elaboración propia con base en MMA, (2022)

4.1.1.3. Sector Procesos Industriales y Uso del Producto (IPPU)

Contexto del sector IPPU

Tal y como se cita en el informe de Deuman, el sector de la industria manufacturera tuvo un aporte del 21,4 % al PBI regional en 2018, con 355 mil millones de pesos. La industria manufacturera de la región se encuentra principalmente ligada a la producción de metanol a partir del gas natural extraído allí mismo, de este recurso el 35 % del total anual extraído es conducido a las 2 plantas productoras de metanol ubicadas en la comuna de Punta Arenas.

Emisiones GEI del sector IPPU

En cuanto a las emisiones asociadas al sector IPPU, para 2020 se registró un total de **161,6 ktCO₂eq** de las cuales el 49,3 % se contabilizan en el subsector refrigeración y aire acondicionado, mientras que otro 44,2 % (71,47 ktCO₂eq) corresponden al subsector procesos industriales asociado a la producción de metanol.

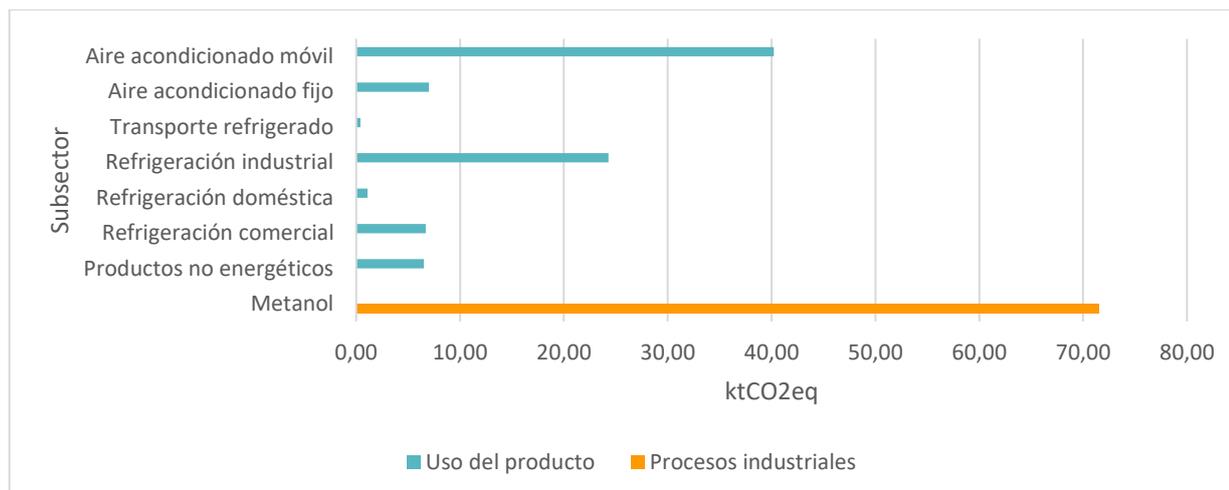


Figura 59. Emisiones GEI del sector IPPU (2020). Fuente: Elaboración propia en base MMA (2022)

4.1.1.4. Sector AFOLU

Contexto y emisiones del sector agricultura

Según se cita en el informe de Deuman, en el año 2018, el **sector silvoagropecuario** representó el 1,4 % del PIB regional y el 0,53 % a nivel nacional, con un aporte de 24 mil millones de pesos (ODEPA, 2020). De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario (INE, 2007), en la región solo se encontraba el 0,2 % (6.767,3 ha) de la superficie total dedicada a explotaciones agropecuarias a nivel nacional, con una especial predominancia de explotaciones de más de 100 ha que representaban el 51,6 % del total de explotaciones registradas en Magallanes. Para el año del censo, el principal cultivo era de plantas forrajeras, ocupando cerca del 96,1 % del total de superficie cultivada en la región, seguido del cultivo de leguminosas (2,0 %) y de hortalizas (1,2 %). También se registraron algunas explotaciones de cultivos frutales de zarzaparrilla y frutillas, ocupando menos de 9 ha (0,1 %).

En cuanto a la **ganadería**, se registran especies de ovinos, bovinos, caballares, alpacas, chinchillas, caprinos, ciervos y conejos, siendo la ovina la que mayor relevancia tiene en la región, seguida de la ganadería bovina y caballo (ODEPA, 2020). Para el año del último censo agropecuario, en la región se registraron 2.205.477 cabezas de ganado ovino, lo que equivalía al 56 % del total de ovinos a nivel nacional (INE, 2007). Por lo anterior, la región tiene alta incidencia en la producción de carne ovina, produciendo cerca del 87 % del total de carne ovina chilena, constituyéndose también como el principal producto silvoagropecuario de exportación con un monto acumulado de \$35.021 USD en 2019 (ODEPA, 2020).

Las emisiones GEI asociadas al subsector agricultura, comprenden aquellas emisiones provenientes de la fermentación entérica, estiércol de pradera, uso de fertilizantes sintéticos, cultivo de arroz, manejo de estiércol y quemadas de sabanas (Salazar & Alfaro, 2019).

En 2020 se registraron un total de **653,1 ktCO₂eq** asociadas al subsector agricultura en Magallanes, donde la mayor parte de estas emisiones estaba asociada a la fermentación entérica con 325,7 ktCO₂eq, seguido de la orina y estiércol depositado por animales de pastoreo, registrando 224,5 ktCO₂eq. En la figura se evidencia el aporte de emisiones por cada una de las fuentes asociadas al subsector (MMA, 2022).

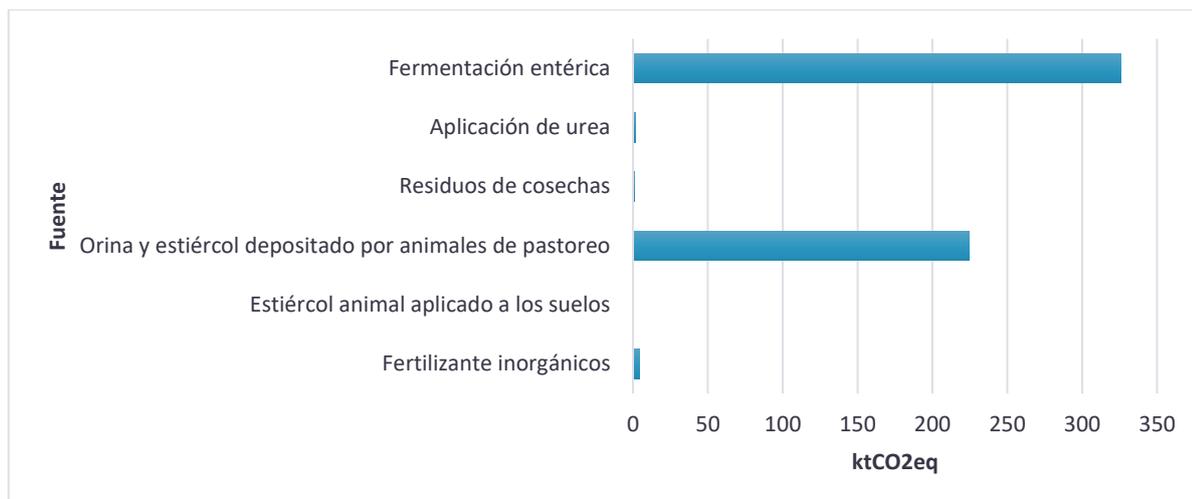


Figura 60. Principales emisiones GEI del subsector agricultura por categoría, año 2020.
 Fuente: Elaboración propia con base a MMA, (2022)

Adicionalmente, se identificó que la ganadería de ovinos tuvo mayor aporte de emisiones que las demás especies, así para 2020 las emisiones GEI de dicho tipo de ganado fueron **182,1 ktCO₂eq**, seguido del ganado vacuno con 139,4 ktCO₂eq y ganado equino con 3,6 ktCO₂eq. En el gráfico contiguo se presentan las emisiones GEI por cada tipo de ganado.

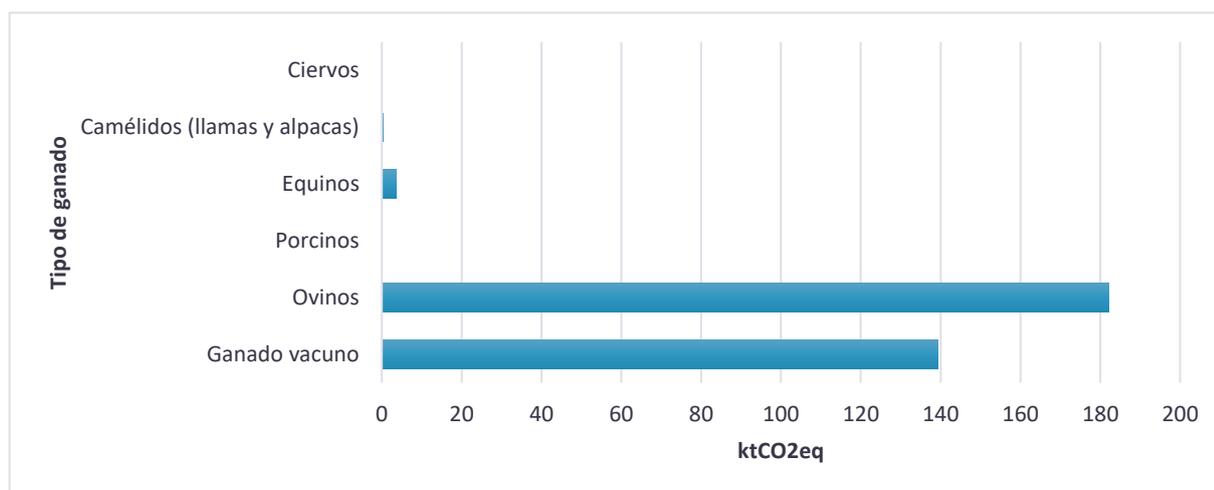


Figura 61. Emisiones GEI por tipo de ganado, año 2020. Fuente: Elaboración propia con base en MMA, (2022)

Contexto y emisiones del sector UTCUTS

Según lo reportado en el informe de Deuman, a partir del Catastro Vegetacional (CONAF,2021), se identificó que para inicios de 2019 la región contaba con **2.760.462,8 ha de bosque nativo**, equivalentes al 7,7% de la superficie total de la región, incluyendo especies forestales como el *Ciprés de las Guaitecas*, *Lenga*, *Coihue de Magallanes* y *Siempreverde*. También se identificó que la región contaba con **286,2 ha** de plantaciones forestales que incluían especies de *Pinus ponderosa* (10,1 ha) y otras especies no especificadas (276,1 ha). Adicionalmente, la región contaba con una cobertura de *pastizales* de **26,6 ha** y de *humadales* de **511.811,6 ha**.

Por otro lado, para 2018 fueron registradas **101,48 ha** afectadas por un total de *12 incendios forestales*, en su mayoría ocasionados por la realización de quemas controladas para la eliminación de los residuos agrícolas y forestales (CONAF, 2018; CONAF, 2022).

Con respecto a las emisiones GEI del sector, para 2020 se identificó un total de **342,57 ktCO₂eq** asociadas en un 99,9% a la *pérdida de biomasa* por cosecha de trozas y aumento del uso de leña de especies nativas, por otro lado, se registraron emisiones menos significativas asociadas a incendios forestales y a la pérdida de bosques nativos y pastizales.

Adicionalmente, en la región se identificaron *absorciones* asociadas a la presencia de *tierras forestales* y la *recolección de productos de madera*, así para 2020, se registró un total de absorciones de **-7.731,95 ktCO₂eq**.

Por lo anterior, al realizar el balance de emisiones y absorciones de los subsectores UTCUTS y agricultura, se identifica que para 2020 el total de absorciones del sector fue de **-6.736,31 ktCO₂eq**.

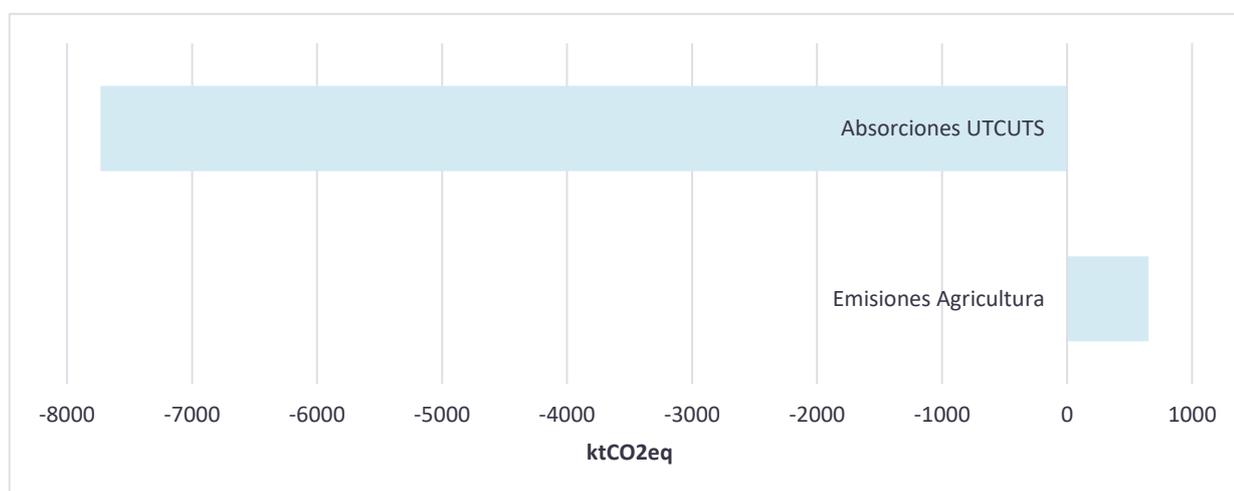


Figura 62. Emisiones GEI y absorciones sector AFOLU, año 2020. Fuente: Elaboración propia en base al MMA, (2022)

4.1.1.5. Sector Residuos

Para caracterizar la gestión de residuos sólidos de la región, el informe elaborado por Deuman en septiembre de 2022, especifica que se realizó un análisis según el origen de los residuos. En el caso de los residuos municipales, los resultados del Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables (SUBDERE, 2018) indican que, en 2017, Magallanes produjo 99.210 t. que representaron el 1,32 % de los RSD generados en el país. Entre las comunas que componen la región, Punta Arenas registró el mayor porcentaje de RSD de la región alcanzando un 45,9 %, seguida muy de cerca por Puerto Natales con el 40,4 %.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

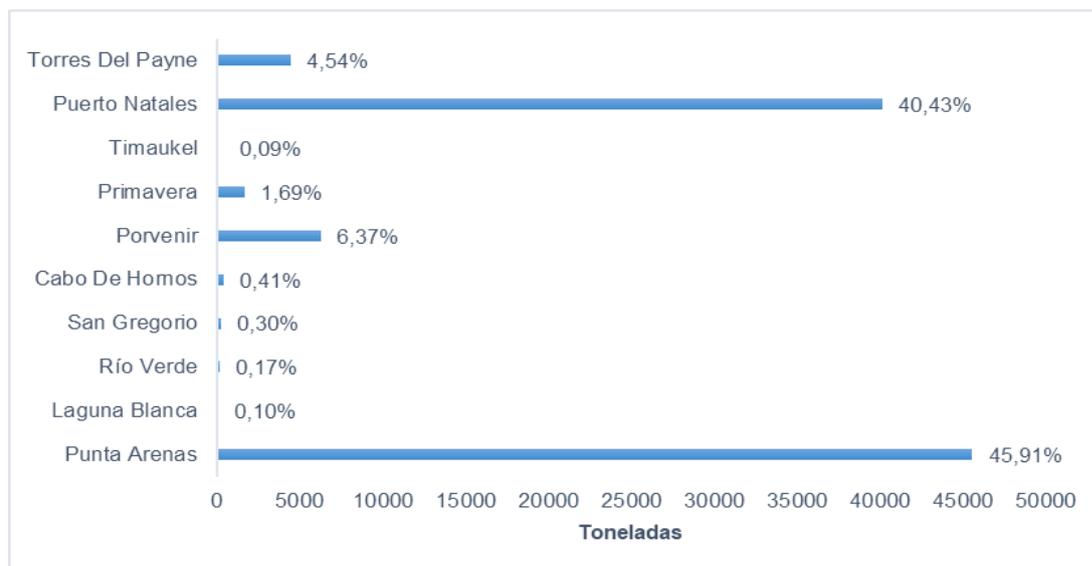


Figura 63. Generación de RSD por comuna de Magallanes en 2017. Fuente: Informe Deuman en base al Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables.

Respecto a los residuos industriales, según el sistema RECT – SINADER, Magallanes generó 42.081 t que representaron el 0,44 % de los residuos industriales generados en el país. El rubro económico que más residuos generó fue el de comercio con 12.181 t

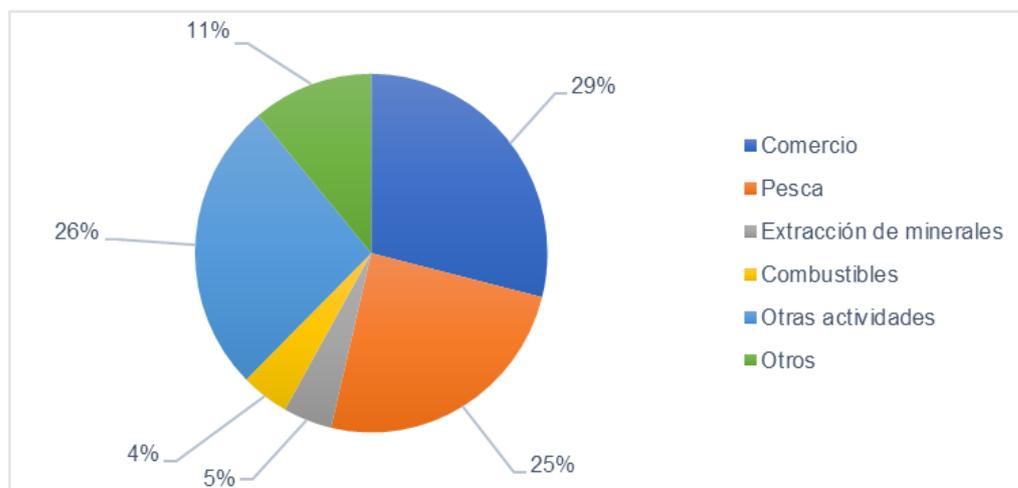


Figura 64. Distribución de la generación de residuos industriales por rubro económico en Magallanes. 2017. Fuente: Informe Deuman en base al RECT – SINADER

Emisiones GEI del sector residuos

De acuerdo con el IRGEI de Magallanes, para 2020 el sector residuo fue el que menor aporte tuvo al total de emisiones regionales con **45,9 ktCO₂eq**, equivalentes al 1,01% del total regional. Históricamente, el sector ha sido el de menor impacto con respecto a las emisiones, puesto que de acuerdo con la serie histórica 1990-2020, no ha superado el 3% de las emisiones regionales. Sin embargo, es relevante destacar el crecimiento sostenido de las emisiones debido al aumento de la población y la actividad económica.

Por otro lado, la disposición de residuos sólidos tuvo el mayor aporte de emisiones en el sector con 38,67 ktCO₂eq, equivalentes al 84% de las emisiones totales del sector residuos, seguida del tratamiento de aguas residuales con aporte del 15% y en último lugar se ubicó la incineración y quema abierta de residuos con un aporte del 1%.

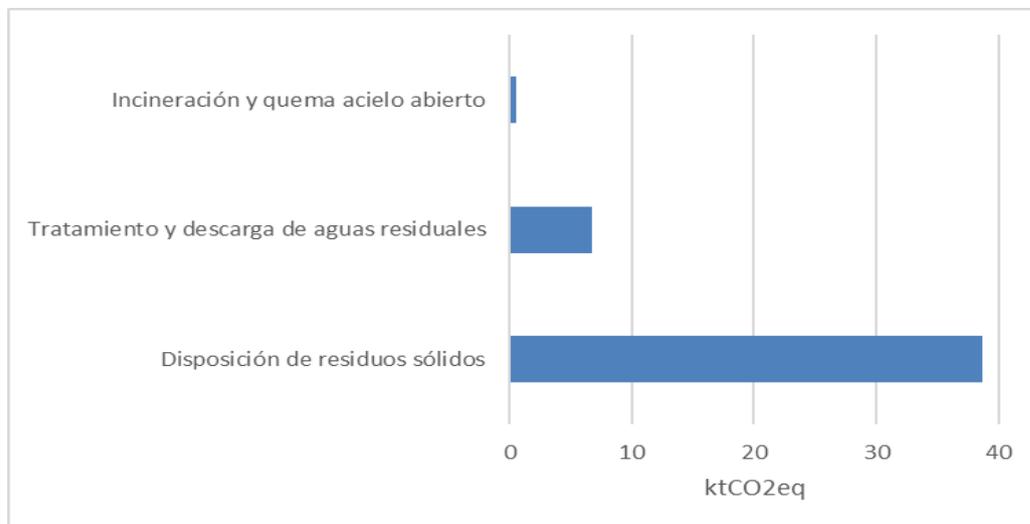


Figura 65. Distribución de las emisiones de GEI por subsector Residuos en 2020.
Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022

Las emisiones generadas por la disposición de residuos sólidos es la fuente más importante del subsector residuos con 38,7 ktCO₂eq que representaron el 84,3 % del sector residuos en 2020. De estas emisiones, la disposición en basural contribuye con 37,4 ktCO₂eq.

4.1.2. Análisis de emisiones GEI en Magallanes

A partir de la revisión preliminar realizada tanto en el informe de Deuman, como en la actualización del IRGEI (MMA 2022) para la región de Magallanes, se identifica que las principales fuentes de emisión provienen del **sector energía estacionaria**, que supone el 71,3 % de las emisiones totales de la región, con especial aporte de las emisiones de alcance 1 asociadas a la manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía (39,6 %), seguido de las emisiones fugitivas de combustibles (19,0 %) y el sector residencial (18,6 %).

El segundo sector en importancia en cuanto a las emisiones GEI es el **sector agricultura**, con el 15,5 % de las emisiones totales de la región de Magallanes, donde la mayor parte de estas emisiones estaba asociada a la fermentación entérica, responsable del 49,9 % de las emisiones del sector agrícola, seguido de la orina y estiércol depositado por animales de pastoreo, registrando un 34,4 %.

En cuanto al **sector transporte**, se identificó que fue el tercer sector con mayor aporte de emisiones en la región de Magallanes en el año 2020, siendo los camiones para servicio pesado y autobuses los que mayor cantidad de emisiones aportaron. De acuerdo con el registro de permisos de circulación publicado por el INE (INE,2022) la mayor parte de los vehículos de servicio pesado y autobuses se concentraba en las comunas de Punta Arenas con 14.322 vehículos y Natales con 2.385 vehículos pesados.

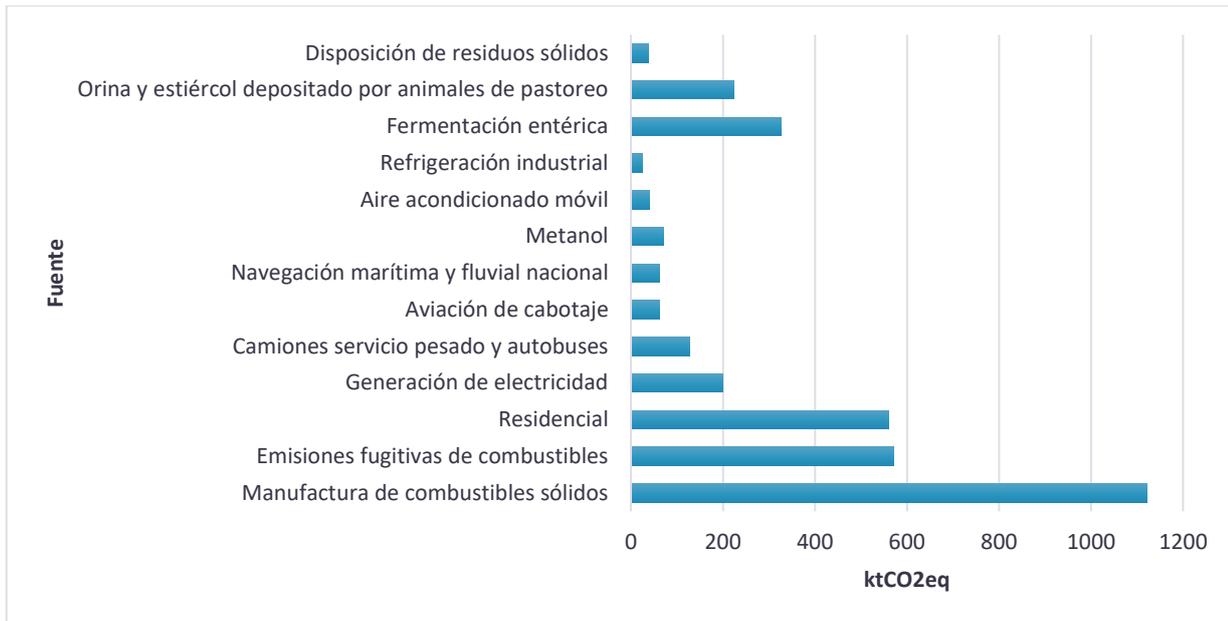


Figura 66. Principales emisiones GEI por fuente en 2020. Fuente: Elaboración propia con base a MMA, (2022)

Finalmente se destacan otras fuentes emisoras importantes en el sector de **Procesos Industriales y Uso del Producto** y en menor medida el **sector residuos**. En cuanto a las emisiones asociadas al sector IPPU, para 2020 se registró un total de **161,6 ktCO₂eq** de las cuales el 49,3 % se contabilizan en el subsector refrigeración y aire acondicionado, mientras que otro 44,2 % corresponden al subsector procesos industriales asociado a la producción de metanol. Los residuos tienen una portación de **45,93 ktCO₂eq** en el año 2020.

Por lo cual, la Ley Marco de Cambio Climático establece que, como parte de la gestión a nivel regional, los Planes de Acción Regionales de Cambio Climático (PARCC) deberán incluir, además de un inventario de emisiones de GEI, un inventario de los principales forzantes climáticos de vida corta, tales como carbono negro, dióxido de azufre y otros compuestos orgánicos volátiles que permita enfocar las medidas de mitigación a implementar en la región. A continuación, se introduce sobre estos 3 compuestos.

En Chile especial atención se ha puesto en el carbono negro debido a que permite conectar los objetivos de mitigación asociados al cambio climático con objetivos de mejora de calidad del aire. El carbono negro es parte del material particulado 2.5 (MP2.5)⁹ siendo su tamaño promedio de 10 a 50 nm. El carbono negro se origina en procesos de combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa, donde al alcanzar determinada temperatura se convierte en una partícula volátil que permanece en suspensión en la atmósfera durante corto tiempo (por hasta dos semanas).

Aunque la mitigación de GEI de larga duración trae como resultados reducciones significativas de material particulado a nivel nacional, no garantiza la mejora de la calidad del aire y de otros efectos climáticos a nivel local, por esto es necesaria la cuantificación de emisiones de carbono negro para orientar la formulación de medidas específicas que favorezcan su reducción (Gallardo et al., 2020).

El dióxido de azufre es un contaminante del aire incoloro y reactivo con un fuerte olor. Este gas puede ser una amenaza para la salud humana, y de la biodiversidad en general. Las principales fuentes de emisiones de dióxido de azufre provienen de la combustión de combustibles fósiles y la actividad volcánica natural (Alamos et al., 2022).

Respecto a los compuestos orgánicos volátiles (COV), estos refieren a todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. De forma similar a los otros contaminantes de vida corta también pueden tener efectos nocivos sobre la salud.

De acuerdo con Alamos et al. (2022), en el centro y sur de Chile la mayor parte de las emisiones de COV están asociadas al consumo energético del sector residencial, como es el caso de la región de Magallanes dónde se observa que más del 80 % de las emisiones provienen de dicho sector, seguido de las emisiones del sector industria. Por su parte, las emisiones de SO₂ presentan un menor aporte por parte de las regiones ubicadas al sur de Chile, entendiéndose que es el sector minero el que mayores emisiones genera y este se concentra en las regiones del norte del territorio.

4.2.2. Inventarios disponibles en la región

En Chile existen 2 sistemas de registro de emisiones a cargo del MMA que funcionan en forma paralela. Por un lado, el **Inventario nacional de gases de efectos invernaderos (INGEI)** que estima las emisiones nacionales y regionales de gases de GEI (CO₂, CH₄, N₂O). El otro sistema de inventarios corresponde al **Registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC)** que tiene como fin recopilar, sistematizar, analizar y difundir la información relacionada a las emisiones de gases contaminantes potencialmente nocivos para la salud y el medio ambiente que son generados en actividades industriales o no industriales. Dentro de los gases reportados se destacan los compuestos orgánicos volátiles (COV),

⁹ Principal contaminante que afecta la calidad del aire con efectos nocivos en la salud asociado a problemas respiratorios y cardiovasculares (Nichols et al., 2013)

el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de carbono (CO₂), MP_{2,5}, MP₁₀, metano (CH₄), entre otros, a nivel comunal.

Las principales fuentes emisoras consideradas por el RETC corresponden a fuentes puntuales asociadas a sectores industriales, energéticos y mineros entre otros, fuentes difusas asociadas al sector transporte, la quema de biomasa en el sector residencial, y las emisiones asociadas a quemas agrícolas e incendios forestales. Además, consideran las emisiones asociadas a la disposición de residuos finales en vertederos. Para el presente documento se utilizan los inventarios de RETC para caracterizar las emisiones de SO₂ y COV en la región. En el caso del carbono negro (CN) se utilizó las estimaciones realizadas por el MMA (2022) a nivel regional, mediante la consideración de proxys o indicadores a escala regional aplicado a los resultados del Inventario Nacional de Carbono Negro.

Para cada una de las fuentes se determinó el factor de material particulado fino (MP2.5) y el factor de especiación de carbono negro respectivo, siguiendo la *Guía para inventarios de emisiones de contaminantes al aire de la EMEP* (en inglés *European Monitoring and Evaluation Programme*) (EEA, 2016). Los resultados permitieron tener data para las emisiones de fuentes de quema de combustibles fósiles o biomásas con fines de generación energética, quema de residuos agrícolas, incendios forestales registrados, quemas de residuos hospitalarios, entre otros.

4.2.3. *Análisis de las emisiones de carbono negro, SO₂ y COV en la región*

Carbono negro

De acuerdo con la estimación, para el año 2018 se registró un total de **158,9 t CN**, equivalentes al 0,85% del total registrado a nivel nacional. Con respecto a la actualización del inventario para el año 2020, se identifica que en la región se emitieron **154,1 t CN**, lo que significó una reducción del 3,02% con respecto a las emisiones de 2018.

En la figura siguiente se presenta la evolución de las emisiones de CN durante el periodo 1990-2020, se evidencia que la mayor cantidad de emisiones se registraron en 2005 y 2012 por cuenta de múltiples eventos forestales que se presentaron en la región. De acuerdo con las estadísticas históricas de eventos forestales de CONAF (2023), para el año 2005 se registró la ocurrencia más alta de incendios forestales en la región, con 29 eventos y un total de 15.560,97 hectáreas afectadas, mientras que para 2012 se registraron 13 eventos que afectaron 17.608,17 hectáreas.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

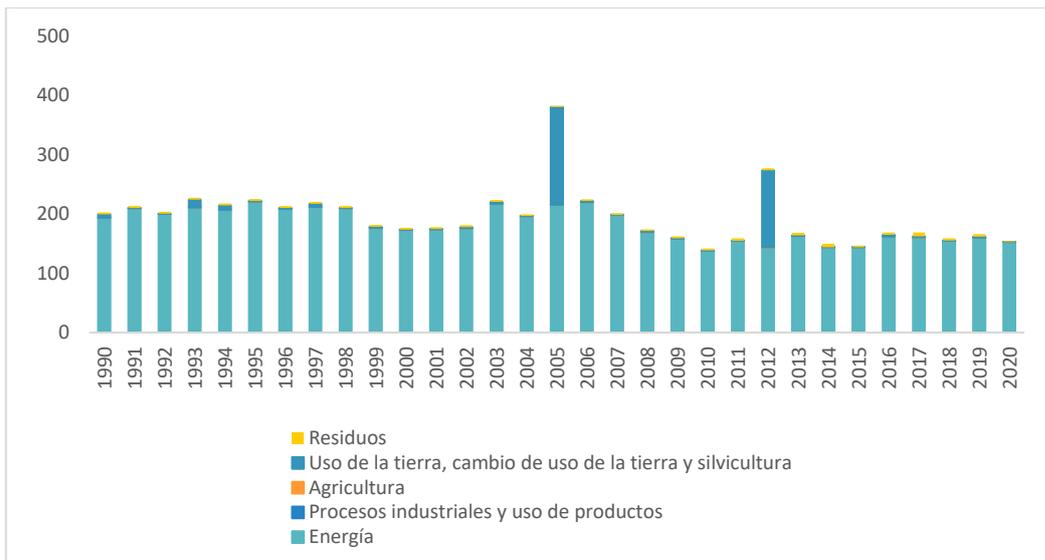


Figura 68. Serie de tiempo de las emisiones de carbono negro durante el periodo 1990-2020 desagregadas por sector, Región de Magallanes

Respecto al aporte de emisiones de CN por cada sector, se identificó que para el año 2020 el 98,7% de las emisiones provinieron del **sector energía estacionaria** con **152,2 t**. Por su parte, el sector **residuos** aportó el 1,18% del total de emisiones, mientras que los demás sectores aportaron solo **0,04 t** de CN.

En la **Figura 69**, se evidencia la distribución de las emisiones de carbono negro del sector energía estacionaria para el año 2020, donde se destaca el aporte del **sector residencial** con un aporte de **72,3 t**, equivalentes al 74% del total de emisiones del sector energético, seguido de la **minería y cantería** con **13,76 t**, equivalentes al 14%. También se evidencian otros aportes menores de los sectores agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías (7%), industrias de la energía (3%) y el sector comercial/institucional (2%).

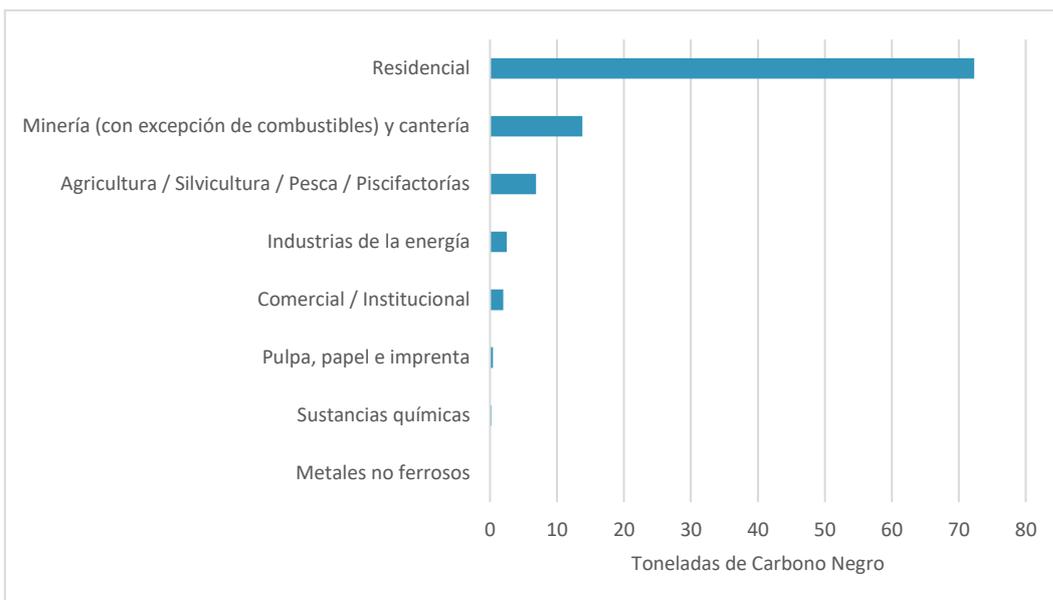


Figura 69. Emisiones de carbono negro del sector energía para el año 2020, Región de Magallanes

Dióxido de azufre (SO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV)

Para el análisis de emisiones regionales de SO₂ y COV, se consideró el RETC para el periodo 2015-2021¹⁰. Para ello se reagruparon los rubros presentados en el inventario de acuerdo con los sectores IRGEI asociados: sector energía estacionaria, industrias manufactureras, minería y otras industrias, clasificación que se puede observar en la **Tabla 35**. Además, fue considerado el inventario de fuentes difusas que incluye el registro de emisiones por quemas agrícolas, incendios forestales y combustión de leña; y el inventario de fuentes móviles, el cual registra las emisiones para cada tipo de vehículo.

Sector	Rubro
Energía estacionaria	Termoeléctricas
	Generación de energía
Industria manufacturera	Otras centrales de generación eléctrica
	Industria química, de plástico y caucho
	Combustibles
	Construcción
	Industria agropecuaria y silvicultura
	Industria de la madera y silvicultura
	Otras industrias manufactureras
	Producción agropecuaria
	Producción de alimentos
	Producción de cemento, cal y yeso
	Producción de metal
	Refinería de petróleo
	Minería
Otros	Captación, tratamiento y distribución de agua
	Comercio
	Comercio mayorista
	Comercio minorista
	Construcción e inmobiliarias
	Gestor de residuos
	Otras actividades
	Pesca
	Pesca y acuicultura
	Suministro y tratamiento de aguas

Tabla 35. Reclasificación de los sectores económicos del RETC, de acuerdo con la clasificación del IPCC.

Como resultado, se identificó que para el año 2020, las emisiones provenientes de las fuentes difusas son las que mayor aporte tuvieron de COV y SO₂ al compararse con los demás sectores. Representando un total de **18.561,44 t COV** (98% de emisiones COV) y **18,46 t SO₂** (55% de emisiones SO₂), como se evidencia en la **Figura 70**.

¹⁰ Es importante mencionar que el inventario de emisiones considerado en el RETC no es de carácter obligatorio para todas las empresas, salvo para aquellos establecimientos cuyas fuentes emisoras individualmente o en conjunto emitan 100 o más toneladas anuales de material particulado o más de 25.000 toneladas anuales de CO₂, por lo que en algunos años mayor cantidad de empresas pudieron haber reportado sus emisiones en comparación a otros años, lo que puede aumentar la incertidumbre de los datos presentados.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes



Figura 70. Distribución de emisiones de COV (derecha) y SO₂ (izquierda) totales, considerando las emisiones provenientes de fuentes difusas para el 2020, Región de Magallanes

Por otro lado, sin considerar las fuentes difusas, en la **Figura 71** se observa que los sectores con mayor aporte de compuestos orgánicos volátiles para el año 2020 han sido las **industrias manufactureras** y **minería** con emisiones por encima de las **150 t COV**. Como parte de estas fuentes de emisiones se encuentra la industria química, de plástico y de caucho. Por su parte, el sector **transporte** registró un total de **48,44 t**, seguido del sector **energía** con **31,16 t**.

Con respecto a las emisiones de dióxido de azufre, se identificó que la mayor contribución provino del sector **industrias manufactures** con un total de **12,83 t SO₂**, destacándose la industria química, de plástico y caucho y la industria de la madera y silvicultura. Por su parte, el sector **energía** registró un total de **1,02 t** provenientes de termoeléctricas.

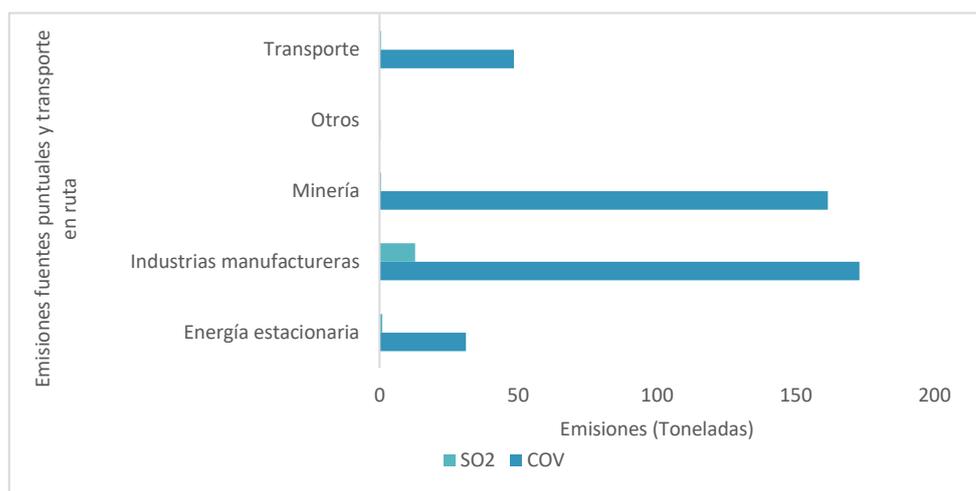


Figura 71. Emisiones de COV y SO₂ totales, por sector año 2020, Región de Magallanes

Con respecto a las emisiones de fuentes difusas, se evidencia que para el año 2020 se registró un mayor aporte de ambos contaminantes por parte de la actividad de **combustión de leña para uso residencial urbano** con **13,6 Kt COV** y **8,56 t SO₂** emitidas. También, se registraron emisiones de la combustión de leña para uso residencial rural para ambos contaminantes.

Esto puede explicarse porque las emisiones de dióxido de azufre están acondicionadas a que se presenten componentes de azufre en el combustible, en ese caso la leña. Mientras, que los componentes del COV (ej. olefinas, cetonas y aldehídos) son producto de una combustión incompleta durante la quema de la biomasa. Además, de ser sustancias fácilmente vaporizables a temperatura ambiente (UNFCC, s.f).

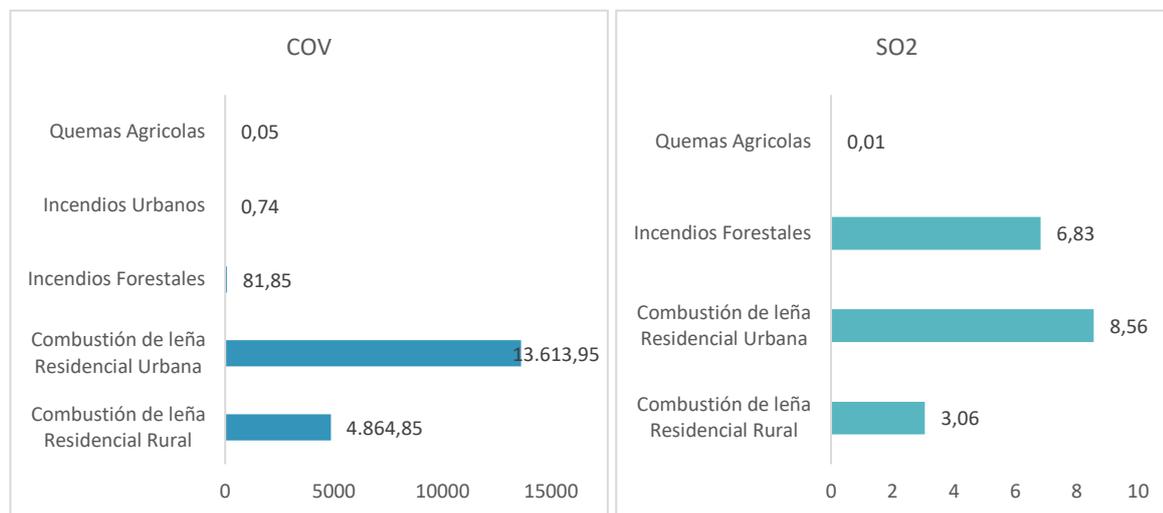


Figura 72. Emisiones de COV (derecha) y SO₂ (izquierda) totales provenientes de fuentes difusas, para el periodo 2020, Región de Magallanes

Por otro lado, la **Figura 73**, presenta la evolución de los COV durante el periodo 2015-2021, sin considerar las fuentes difusas, evidenciando que las emisiones asociadas al transporte han sido predominantes a lo largo del periodo de estudio. Se observa que han tenido un mayor aporte en 2015 (**1.348 t COV**), llegando a tener una reducción significativa de cerca del 89% en 2018 (**143,9 t COV**), y es hasta el año 2018 existe una reducción significativa de cerca del 89%, emitiendo **143,9 t COV**. A partir de 2018 las emisiones se han estabilizado, manteniéndose por debajo de las **200 t**. De acuerdo con el registro del RETC, la reducción significativa de emisiones a partir de 2016 se asocia principalmente a las emisiones reportadas para vehículos comerciales y particulares. Por su parte, los vehículos comerciales a 2016 registraron una reducción en sus emisiones de un 94% con respecto a las emisiones registradas en 2015, mientras que, los vehículos particulares a 2016 registraron una reducción del 48,1% en sus emisiones.

Del mismo modo, a lo largo de la serie histórica se evidencia la predominancia de las emisiones asociadas a las industrias manufactureras, observando la mayor cantidad de emisiones en los años 2017 y 2018, donde se emitieron **734,7 t** y **379,7 t**, respectivamente. De acuerdo con el registro del RETC, el establecimiento con mayor aporte de emisiones en el rubro de las industrias manufactureras durante el periodo de tiempo analizado fue la Planta Cullen, planta refinadora de la empresa ENAP ubicada en Tierra del Fuego, la cual para 2017 y 2018 llegó a representar el 35,4% y 52,3%, respectivamente, de las emisiones totales del rubro.

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes



Figura 73. Evolución de las emisiones de COV por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes

Con respecto a las emisiones de dióxido de azufre, se identifica que el sector “Otros” tuvo su mayor contribución a las emisiones regionales en el año 2015 registrándose **188,8 t SO₂**, por la participación del sector comercial. Mientras que en el año 2016 se evidencia una reducción significativa en las emisiones del 89,6%, registrando para dicho año **19,6 t SO₂**. Esta reducción de emisiones registrada para el periodo analizado, según la base de datos del RETC, se debe a la disminución de emisiones SO₂ registrado en una empresa frigorífica del rubro comercio, impactando directamente en los datos del 2015 (182,1 tSO₂) y 2016 (0,04 tSO₂), mientras que en los años del 2019 a la actualidad, la empresa se registra en el rubro “producción agropecuaria”, que para fines del presente informe, se encuentra dentro de las industria manufacturera, representando en una reducción de emisiones el sector “otros”.

Por su parte, el sector energía estacionaria evidencia un decrecimiento constante en las emisiones de SO₂. decrecimiento asociado a la disminución de actividades en la Central Mina Inverno debido a múltiples controversias por el impacto ambiental de la explotación carbonífera en la mina, situación que culminó en 2021 con el cierre definitivo de la faena (Gligo, 2019; Ladera Sur, 2020). Por otro lado, las industrias manufactureras han registrado emisiones por debajo de las **52 t** durante el periodo analizado, presentando para 2016 la mayor cantidad de emisiones de SO₂ con **51,47 t**. Los demás sectores incluyendo transporte y minería, registraron la menor cantidad de emisiones en la serie histórica, manteniéndose debajo de las **3 t SO₂**.



Figura 74. Evolución de las emisiones de SO₂ por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes

Con respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de fuentes difusas, se observó que entre 2015 y 2019 las emisiones se mantuvieron por debajo de las **12 Kt** de COV. Mientras que para los años siguientes se observó un incremento del 51,61%, registrando **18,8 kt** COV en 2020 y **18,6 kt** COV en 2021. Se destaca las emisiones de la combustión de leña residencial urbana y rural.



Figura 75. Evolución de las emisiones de COV por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes

En cuanto a la evolución de las emisiones de dióxido de azufre se evidencia que para los años 2015, 2018 y 2019, las emisiones se mantuvieron por debajo de las **6 t** SO₂. Mientras que para 2016, 2020 y 2021 se registró la mayor cantidad de emisiones para el periodo analizado, superando cada año las **14 t** de SO₂, con predominancia de las emisiones originadas por incendios forestales y combustión de leña residencial urbana.

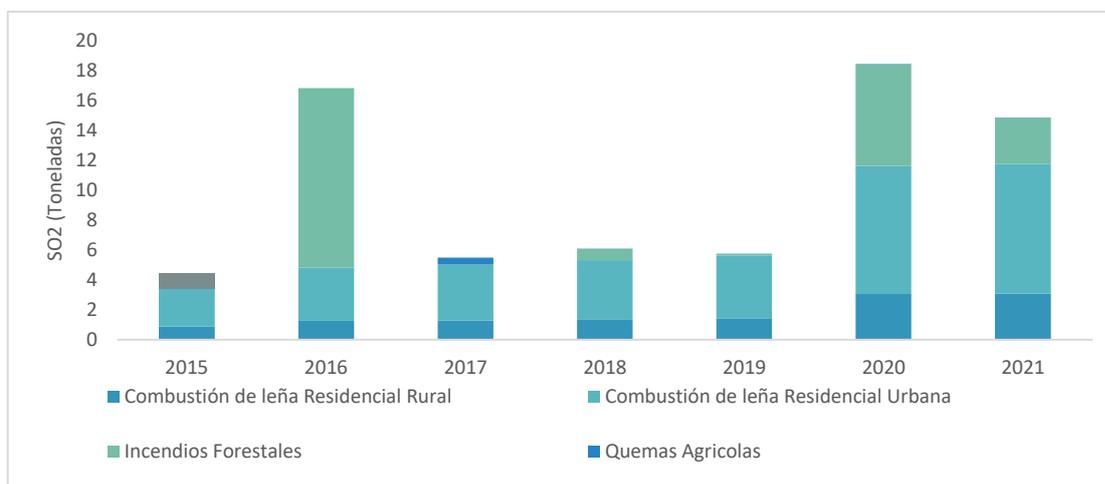


Figura 76. Evolución de las emisiones de SO₂ por sector, para el periodo 2015-2021, Región de Magallanes

4.2.1. Análisis de las emisiones de carbono negro, SO₂ y COV por comuna

Adicionalmente, se analizó la distribución de los contaminantes en las **comunidades** que componen la región para el año 2020.

Con respecto a las emisiones COV se identificó que las comunas con mayor aporte del contaminante en 2020 fueron Punta Arenas con 14.767 t, seguida de Natales 2.557,91 t y Porvenir con 774,84 t.

En relación con las fuentes puntuales, se identificó que las comunas que mayor cantidad de emisiones registraron fueron Primavera con 80,74 t COV, equivalentes al 36,84% de las emisiones regionales, seguida de San Gregorio (33,5%) y Punta Arenas (14,33%). En estas comunas predominaron las emisiones de COV provenientes de los rubros de minería y la industria química, del plástico y del caucho.

Por otro lado, con respecto a las emisiones generadas por fuentes difusas, se identificó que las comunas con mayor cantidad de emisiones fueron Punta Arenas, que registró 14.710,51 t COV equivalentes al 79,25%, seguida de Natales con 2.544,12 t (13,7%). Se destacan las emisiones asociadas a la combustión de leña para uso residencia urbano. Por otro lado, en la plataforma RECT solo se calculan las emisiones de fuentes móviles en la comuna de Punta Arenas, por lo cual solo esta presenta emisiones.

Emisiones COV (toneladas)				
Comunas	Fuentes fijas	Fuentes móviles	Fuentes difusas	Total
LAGUNA BLANCA	-	-	27,374	27,374
RÍO VERDE	-	-	21,860	21,864
TORRES DEL PAINE	0,0004	-	107,183	107,184
NATALES	13,788	-	2.544,123	2.557,91
PORVENIR	16,142	-	758,706	774,848
PRIMAVERA	80,745	-	71,911	152,656
TIMAUKEL	3,483	-	29,233	34,356
CABO DE HORNOS	-	-	205,450	205,450
SAN GREGORIO	73,550	-	70,896	71,08
PUNTA ARENAS	31,420	48,437	14.710,512	14.767,005
TOTAL	219,128	48,437	18547,248	18.814,81

Tabla 36. Distribución de las emisiones de COV por comuna para el año 2020, Región de Magallanes

**Nota: El RETC considera a la Antártica como una comuna adicional en Chile, registrando para emisiones de COV en fuentes difusas de (14,19 t) que representan menos del 0,05% del total regional de emisiones.*

Con respecto a las emisiones de dióxido de azufre se evidenció que las comunas con mayor aporte a este contaminante para el año 2020 fueron Punta Arenas con 17,86 t, equivalentes al 53,5% de las emisiones regionales, seguida de Natales con 8,85 t y Timaukel con 5,14 t.

En cuanto a las emisiones SO₂ provenientes de fuentes puntuales, se identificó que la comuna de Punta Arenas fue la que mayor cantidad de emisiones aportó a nivel regional con 8,055 t (55,9% del total regional), originadas en su mayoría por la industria química, del plástico y del caucho. Por otro lado, con respecto a las emisiones provenientes de fuentes difusas, se identificó que las comunas que mayor aporte, fueron Punta Arenas con 9,26 t y Natales 8,25 t, en ambas destacándose las emisiones asociadas a la combustión de leña para uso residencial urbano.

Emisiones SO ₂ por comuna				
Comunas	Fuentes fijas	Fuentes móviles	Fuentes difusas	Total
LAGUNA BLANCA	-	-	0,017	0,017
RÍO VERDE	0,004	-	0,014	0,018
TORRES DEL PAINE	0,001	-	0,136	0,137
NATALES	0,595	-	8,258	8,853
PORVENIR	0,213	-	0,477	0,69
PRIMAVERA	0,235	-	0,046	0,281
TIMAUKEL	5,123	-	0,020	5,143
CABO DE HORNOS	0,0004	-	0,129	0,1294

Emisiones SO ₂ por comuna				
Comunas	Fuentes fijas	Fuentes móviles	Fuentes difusas	Total
SAN GREGORIO	0,184	-	0,086	0,27
PUNTA ARENAS	8,056	0,537	9,263	17,866
TOTAL	14,4114	0,537	18,446	33,394

Tabla 37. Distribución de las emisiones de SO₂ por comuna para el año 2020, Región de Magallanes

**Nota: El RETC considera a la Antártica como una comuna adicional en Chile, registrando para emisiones de SO₂ en fuentes difusas (0,009 t) que representan menos del 0,05% del total regional de emisiones.*

4.3. Propuesta de metodología para Dióxido de azufre y Compuestos Orgánicos Volátiles

4.3.1. Metodología genérica para estimar emisiones

El cálculo de las emisiones que se emiten en un territorio es un proceso que involucra la identificación y cuantificación de los gases de efecto invernadero y otros contaminantes emitidos a la atmósfera debido a actividades humanas y/o naturales. En general las metodologías disponibles se basan en dos factores clave: el nivel de actividad y los factores de emisión, siguiendo una fórmula del siguiente tipo:

$$E_j = \sum NA_{i,j} * FE_i$$

Donde el total de emisiones (E) de un contaminante para un año j corresponderá a la sumatoria del nivel de actividad de todos los sectores (i), ponderados por los respectivos factores de emisión considerados para el sector.

1. Nivel de actividad: El nivel de actividad se refiere a la magnitud o intensidad de una actividad humana que contribuye a las emisiones de gases de cierto compuesto. En esta se consideran los distintos sectores emisores como, por ejemplo, la producción de energía, el consumo de combustibles fósiles, la agricultura, la ganadería, entre otros,
2. Factores de emisión: Los factores de emisión son valores numéricos que representan la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por unidad de actividad. Estos factores varían dependiendo del tipo de actividad y de los procesos utilizados. Por ejemplo, un factor de emisión para la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles es diferente de un factor de emisión para la producción de energía renovable. En general los factores de emisión se obtienen a partir de estudios que consideran condiciones de emisión/operaciones controladas, por lo cual poseen un elevado nivel de incertidumbre en su capacidad efectiva de estimar correctamente las emisiones de un sector en un contexto territorial y operacional distinto al del estudio donde se calculó el factor.

En general, podemos resumir en 4 los pasos a seguir para estimar emisiones de origen antrópico.

1. Identificación de actividades: Se identifican todas las actividades que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero.

2. Determinación del nivel de actividad: Para cada actividad se especifica su grado de realización o alcance, por ejemplo, en términos de energía producida o de alimentos producidos. se especifica la unidad alcanzada para cada actividad según lo registrado en estadísticas de fácil acceso como estadísticas energéticas, estadísticas de producción, tamaño de población, etc. (European Environment Agency, 2019).
3. Selección de factores de emisión: Para cada actividad identificada se seleccionan los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por unidad de actividad, también llamados factores de emisión. De acuerdo con la metodología Tier propuestas por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA por sus siglas en inglés), existen dos niveles de complejidad metodológicos donde varía la selección del factor de emisión
4. Cálculo de emisiones: En el primer caso los factores de emisión se seleccionan para representar condiciones de proceso "típicas" o "promediadas" y tienden a ser independientes de la tecnología. Mientras que, la segunda metodología es de mayor complejidad, donde en cada país se utilizan factores de emisión desarrollados a partir de la información específica de la realidad nacional sobre las condiciones del proceso, las calidades del combustible, las tecnologías de reducción, etc. (European Environment Agency, 2019).

Este proceso se puede aplicar a nivel nacional, sectorial o local, y permite tener una comprensión más detallada de las fuentes y los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

4.3.2 Propuesta metodológica para estimar emisiones de Carbono negro, SO₂ y COV en la región de Magallanes

Como se adelantó anteriormente el primer paso para estimar las emisiones de un contaminante corresponde a determinar las actividades que contribuyen a sus emisiones. Para este objetivo el IPCC (2006) en la guía para desarrollo de inventarios de emisiones de GEI (utilizada en el INGEI), establece una serie de categorías claves para ser consideradas en un inventario de emisiones.

Como vimos anteriormente, en la región de Magallanes los principales emisores de SO₂ y COV, acorde a los distintos inventarios disponibles son las fuentes difusas, asociadas específicamente al sector AFOLU por incendios forestales y quemas agrícolas, y al sector energía estacionaria por la quema de leña para uso residencial, a este último se suma las emisiones de las fuentes puntuales analizadas. Dado esto, un mayor énfasis se debe poner en calcular el nivel de actividad y obtener adecuados factores de emisión para estos sectores.

Nivel de Actividad

El Nivel de actividad se puede estimar a partir de 2 fuentes de información distinta:

1. Balance nacional de energía: posee información a escala regional de 5 sectores (Industria y minería, Transformación, Transporte, Energía y Comercial, Público y Residencial) y 29 subsectores. Además, para cada uno de ellos estima el consumo asociado a 19 energéticos diferentes.

2. Reportes de la plataforma RETC donde:

- a. Empresas reportan sus actividad y emisiones de fuentes fijas reguladas bajo la Ley
- b. Corporación Nacional Forestal reporta emisiones de superficie afectada por acción del fuego para las emisiones asociadas a quema agrícola y de la superficie de vegetación afectada por incendios forestales para las emisiones asociadas a incendios forestales.
- c. Carabineros de Chile, reportan la cantidad de casos por incendios urbano para emisiones asociadas a incendios urbanos.
- d. Ministerio de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Estadísticas, mediante la encuesta CASEN y proyecciones de población, reportan las emisiones asociadas a combustión residencial de leña, urbano y rural.

En el RETC (MMA, 2022) los niveles de actividad son informados por medio del formulario F138, estos pueden ser el consumo de combustible en unidades de masa o energía, o la producción de un material en unidades de masa. Los factores de emisión de SO₂, y COV son obtenidos principalmente del AP-42 (EPA, 2009). Los factores de emisión son un promedio de los resultados de mediciones en emisiones realizadas en un gran número de fuentes con diferentes tecnologías de combustión, antigüedad, calidad de combustible y tamaños.

Estimar las emisiones utilizando un **enfoque bottom up** como el que sigue el RETC mapear las emisiones en el territorio y desagregarlas por tipos de actividad y tecnología entre otros. Este tipo de inventarios son óptimos para el diseño de medidas y escenarios de mitigación ya que permiten identificar dónde y asociado a qué tecnologías/actividad existen los mayores potenciales de mitigación. Sin embargo, cabe señalar la importancia de cerrar las brechas existentes del RETC en relación con que el total de fuentes fijas se reporten y sobre el cálculo de emisiones en carretera en otras comunas.

Si es que no fuese posible construir un inventario siguiendo un modelo bottom up como el propuesto, es posible estimar el total de emisiones regionales asociadas a la energía considerando como nivel de actividad el balance nacional energético (BNE) desagregado por región¹¹ y utilizando factores de emisión de *Tier 1* (solo consideran el macro sector y el tipo de combustible utilizado). Una aproximación similar es seguida para la estimación de carbono negro del Ministerio de Medio Ambiente (Gallardo et al., 2020) y en el INGEI.

Compilado Factores de Emisión

Para los factores de emisión se recomiendan utilizar factores que sean pertinentes a las tecnologías utilizadas en cada uno de los sectores en el territorio. Lamentablemente en Chile no existe desarrollo local de factores de emisión para casi ni uno de los sectores analizados (solamente hay en el sector residencial, factores de emisión asociados a la combustión a leña). En caso de no haber factores de emisión locales se recomienda utilizar factores que provengan de una distribución de múltiples factores de emisión obtenidos en distintos estudios, permitiendo contar con estimaciones de factores de emisión “promedio” con un rango de incertidumbre conocido. Existen al menos 2 fuentes de información que realizan este esfuerzo, en Estados Unidos la Oficina De Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) que levanta un compilado de factores de emisión bajo el nombre de AP 42 y en la Unión Europea en su guía de

¹¹ Disponible en <http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/balance-energetico/>

emisiones de inventario de contaminantes criterio a cargo de “*European Monitoring and Evaluation Programme*” y la Agencia Ambiental Europea (EEA).

La EPA contiene una base de datos se ha publicado desde 1972 y contiene factores de emisión e información de procesos para más de 200 categorías de fuentes de contaminación del aire. Su última versión disponible está actualizada solamente hasta 1995, por lo cual es muy probable que sobreestime las emisiones de algunos sectores considerando las mejoras tecnológicas en abatimiento y reducción en las tasas de emisión.

Mientras que la guía de la EPA contiene miles de factores de emisión compilados, por lo cual según el tipo de actividad y contaminante se recomienda revisar directamente las páginas de ambas bases de datos:

- Base de factores de emisión de EPA <http://efdb.apps.eea.europa.eu>
- Base de factores de emisión de EMEP/EEA
<https://cfpub.epa.gov/webfire/SearchEmissionFactor/searchpage.cfm>

5. Conclusiones

Las **proyecciones de cambio climático** en la región para las temperaturas y precipitaciones analizadas para el periodo futuro medio (2035-2065) muestran un aumento de las **temperaturas medias anuales** de 1,29 °C en toda la región en promedio, siendo más intensos los cambios en el periodo de invierno, en donde al menos el 50 % del territorio estará cubierto por un alza de más de +1,4 °C, alcanzando una máxima de +2,05 °C.

Para las **precipitaciones anuales**, en todas las comunas se prevén aumentos, siendo más importantes en aquellas comunas en las que la precipitación es más baja en la actualidad (San Gregorio, Primavera, Laguna Blanca y Porvenir) con ascensos entre un 6 % hasta 7,87 %. En las comunas donde actualmente se producen las precipitaciones más elevadas, los aumentos serán menos intensos.

Se han analizado otros índices como las temperaturas medias de las máximas y mínimas anuales, la lluvia máxima diaria, el número de días fríos, días de hielo o el cambio de la nieve acumulada y el viento máximo diario. El aumento de las temperaturas promedio de las **máximas anuales** oscilará entre 0,8 °C y 1,8 °C y el de las **mínimas** entre los 0,6 °C a 1,0 °C, siendo los aumentos más acusados al oeste del Campo de Hielo Patagónico Sur y la comuna de Natales. El cambio de **nieve acumulada** oscilará entre un -30 % a algo más de un 68 % según las comunas. El **número de días de hielo** alcanzará los -57 días en algunos puntos del Campo de Hielo Patagónico Sur. El **número de días fríos** disminuirá entre -23 días y -29 días. Por último, el cambio en la **velocidad media del viento máximo** oscilará entre un descenso de -0,67 a -0,1 m/s en las zonas de Torres del Paine, hasta aumentos entre 6 a 8,4 m/s en el futuro, principalmente en algunas localizaciones de las comunas de Timaukel y Cabo de Hornos.

Los ecosistemas de Magallanes presentan un elevado valor y riqueza natural, siendo considerada una de las regiones mejor conservadas del planeta (Mittermeier et al. 2002); la presencia de hielos cuaternarios, los relieves y el modelado y su posición remota y alejada de la intervención humana son algunos de los factores que inciden en la extraordinaria conservación de hábitats y ecosistemas y en la presencia de numerosos endemismos. Las vastas extensiones de hielos continentales y glaciares, representadas excepcionalmente en el Campo de Hielo Patagónico Sur, la Cordillera Darwin y archipiélagos aledaños son un excelente laboratorio y campo de investigación para el estudio del cambio climático.

Todos estos elementos confluyen en un paisaje de una belleza imponderable que proporcionan una identidad propia al paisaje magallánico. Ante tal escenario, los principales impactos en la región sobre los **sistemas naturales y otros elementos geográficos físicos** van a incidir de manera inconfundible sobre los ecosistemas glaciares y aquellos otros en los que las temperaturas frías son el pilar sobre el que se sustentan. El aumento de las temperaturas, aunque más moderado que en otras regiones chilenas, está teniendo y tendrá efectos negativos sobre los glaciares que retroceden de manera irremediable, adelgazan sus espesores y generan una cascada de impactos no solo en los ecosistemas asociados sino también en diversos sectores de actividad y sistemas humanos.

La flora y la fauna puede verse favorecida por temperaturas más cálidas, habiéndose observado presencia de aves en zonas hasta ahora no habituales. Sin embargo, las interrelaciones ecosistémicas y los cambios producidos por el aumento de temperaturas o los cambios en la precipitación pueden alterar el hábitat de numerosas especies, elevando la vulnerabilidad de otras especies. Para la flora, las evidencias del cambio climático se están observando en cambios en la distribución espacial de turberas y praderas, o en

desequilibrios en la biodiversidad y los ecosistemas subantárticos. No todos los impactos serán negativos y en algunos casos se prevén condiciones más favorables para una mayor productividad en pastizales y crecimiento de los árboles. Pero todo ello dependerá de las distintas especies, puesto que en investigaciones específicas también se constatan impactos negativos como la disminución del crecimiento radial y mortalidad de *Nothofagus pumilio* debido a un aumento de la temperatura y a la variación de la precipitación.

Otro de los grandes protagonistas en la región es el océano, con sus extraordinarios y, al mismo tiempo, delicados ecosistemas marinos. Los efectos del cambio climático son múltiples, y afectan desde la composición de microorganismos marinos hasta el ciclo del carbono o la acidificación de las aguas. Estas transformaciones tendrán un efecto dominó en los ecosistemas y las especies que habitan en él, afectando a la cadena trófica con impactos en el ciclo de desarrollo del krill, la redistribución de las especies marinas y la supervivencia de determinadas especies de fauna.

Relacionado también con los efectos del cambio climático en los océanos destacan los impactos sobre la dinámica oceánica y costera, que repercutirá en un aumento de la altura significativa de ola, del nivel medio del mar, una alteración de la dirección de incidencia del oleaje y en diversos desequilibrios hidrodinámicos, afectando a formación de playas, la erosión costera y a las tasas de sedimentación. Estos efectos tendrán, a su vez, consecuencias negativas para algunos sectores, entre los que destaca la pesca.

Desde el punto de vista **socioeconómico** los principales recursos de la región determinan las principales actividades económicas, entre las cuales destaca el turismo, la pesca y la ganadería. El cambio climático incidirá de manera distinta sobre estos sectores económicos, por lo que resulta fundamental entender y anticiparse a estos impactos para detectar posibles oportunidades de crecimiento en equilibrio con los recursos existentes y la preservación de los valores tradicionales, considerando especialmente a los pueblos y culturas indígenas y su estimable relación ancestral con la tierra.

En el sector agrícola y ganadero, se identifica un posible deterioro de las condiciones de vida de agricultores y agricultoras y ganaderos y ganaderas, especialmente en las poblaciones más vulnerables, con efectos negativos sobre la producción, el deterioro progresivo de las praderas, la disminución de materia seca disponible para el pastoreo de los animales o los daños a edificaciones agropecuarias. No obstante, se reportan algunos efectos positivos como el aumento en la oferta hídrica, el aumento en los rendimientos de praderas o el crecimiento de la productividad, etc. En el caso de las pesquerías, se reportan impactos sobre crustáceos, moluscos y pesquerías artesanales, reducción del tamaño de los peces y aumento de enfermedades y estrés en salmones. Por último, cabe destacar algunos impactos negativos sobre la salud y la seguridad humanas fruto del aumento e intensificación de fenómenos meteorológicos extremos.

Respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero se estima que en la región de Magallanes se emitieron un total de **4.213,5 ktCO₂eq**. La mayor parte de las emisiones proviene del sector Energía, con un aporte del 79,6 % a las emisiones regionales, seguido de la agricultura con un 15,5 %, el sector IPPU con aporte del 3,8 % y en menor porcentaje se registraron bajas emisiones del sector residuos.

Por otro lado, el sector UTCUTS registró una absorción de emisiones de **-7.731,9 ktCO₂eq**, valor que representó a nivel nacional el 15,5 % de las absorciones totales, y que hace que el conjunto de las emisiones netas de la región de Magallanes sea negativo con un total de **-3.518,5 ktCO₂eq**.

6. Bibliografía

Caracterización

Arenas Vásquez, F., Aliaga Bustos, G., Marchant Santiago, C., & Sánchez Acuña, R. (2019). El espacio geográfico magallánico: Antecedentes acerca de su estructura y funcionamiento. *Tiempo y Espacio*; Núm. 15. <http://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/49609>

Banco Central de Chile. (2020). Cuentas Nacionales de Chile 2013-2020. https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Informes/AnuarioCCNN/pdf/ANUARIO_CCNN_2020.pdf

Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL). (2019). La región de Magallanes y la Antártica Chilena frente al cambio global. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL). <https://centroideal.cl/wp-content/uploads/2022/04/Reporte-IDEAL-CHILE-boceto-2911-web.pdf>

Guarda, B., Vila, A., Guarda, B., & Vila, A. (2020). Estudio de percepción de pescadores artesanales sobre aspectos de conservación marina y áreas marinas protegidas en la región de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 48(3), 7-21. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2020000300007>

Martinic B., M. (2006). EL POBLAMIENTO RURAL EN MAGALLANES DURANTE EL SIGLO XX.: REALIDAD Y UTOPIA. *Magallania (Punta Arenas)*, 34(1), 5-20. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442006000100001>

Martinic Beros, M. (2002). Breve historia de Magallanes. Ediciones de la Universidad de Magallanes. <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0053168.pdf>

Santibáñez Q., F. (2017). Atlas Agroclimático de Chile: Vol. Tomo 6 (INIA). <http://www.agrimed.cl/atlas/tomo6.html>

Aproximación a los principales impactos en la región e Inventario de GEI

Abumohor A., J. (2012). Incendio Forestal Parque Nacional Torres del Paine. Región de Magallanes. Desde el 27 diciembre de 2011 al 24 de febrero de 2012. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior.

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147625/incendio%20forestal%20PNTP%202012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aedo, M. P., & Montecinos, T. (2011). Glaciares Andinos. Recursos Hídricos y Cambio Climático: Desafíos para la justicia climática en el Cono Sur (Programa Chile Sustentable, Vol. 80).

Aguayo Gutiérrez, R. A. (2019). Evaluación de los impactos del cambio climático antropogénico sobre los caudales de una cuenca transandina en Patagonia. [Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Civil.]. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/2513>

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

Araos, J., Godoi, M. A., & Carvallo, R. (2007). Variaciones recientes del lóbulo Zapata Sur, Glaciar Tyndall: Campo de Hielo Patagónico Sur (Chile). *Revista de geografía Norte Grande*, 37, 75-84. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022007000100006>

Ariel Santana A. (1984). Variación de las precipitaciones de 97 años en Punta Arenas como índice de posibles cambios climáticos. *Anales del Instituto de la Patagonia*. <http://bibliotecadigital.umag.cl/handle/20.500.11893/1381>

- Armesto, J. J., Núñez-Ávila, M., Donoso, P., & Rozzi, R. (2014). Introducción a la Sección Especial de Revista Bosque: Avances de una red de sitios de estudios ecológicos a largo plazo en el suroeste de Sudamérica. *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 413-414. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000300015>
- Arntz, W. E., & Gerdes, D. (2011). Cambio climático en las regiones Antártica y de Magallanes: Campos y objetivos de la cooperación científica. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 39(2), 103-121. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2011000200009>
- Barria L., C. (2021). EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ANTÁRTICA CHILENA, SU ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA. Cuaderno de trabajo, 1, Art. 1.
- Cañete Arratia, L., Soto Pereira, A., Álvarez González, C., Castro Fredes, F., Sáez Tonacca, L., & Marchant Dinten, C. (2021). Tecnología de Homeostasis para enfrentar Cambio Climático. <https://repositorio.altecasociacion.org/handle/20.500.13048/616>
- Cárdenas, C., & Kraus, S. (2012). Evidencia Paleo-climática y glaciológica del cambio climático. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 31-37. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2012000100002>
- Carrasco, J. (2017). Evidencia de cambio climático en Chile sus proyecciones y consecuencias.
- Carrasco, J. F. (2012). Red de estaciones de observación atmosférica en la Antártica, una colaboración internacional para la investigación del cambio climático. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 57-63. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2012000100006>
- Castilla, J. C., Armesto, J. J., & Martínez-Harms, M. J. (2021). Conservación en la Patagonia Chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos. Ediciones UC.
- Castillo, V. C., Tehuelche, V., & Blanca, C. L. (s. f.). Evaluación del recurso eólico regional.
- CONAF. (2019). Plan Regional de Prevención de Incendios Forestales. <https://www.prevencionincendiosforestales.cl/wp-content/uploads/Magallanes-Plan-Regional-de-Prevenci%C3%B3n-de-Incendios-Forestales.pdf>
- Contador, T., Kennedy, J., Ojeda, J., Feinsinger, P., & Rozzi, R. (2014). Ciclos de vida de insectos dulceacuícolas y cambio climático global en la ecorregión subantártica de Magallanes: Investigaciones ecológicas a largo plazo en el Parque Etnobotánico Omora, Reserva de Biosfera Cabo de Hornos (55° S). *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 429-437. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000300018>
- Contreras Soto, J. I. (2022). Evaluación de impactos del cambio climático en eventos hidrológicos extremos en la cuenca del río de Las Minas, Región de Magallanes y Antártica Chilena. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/186637>
- Cubillos Santander, L., Norambuena Cleveland, R., Soto Benavides, D., Jacques Coper, M., Simon Rodgers, J., & Carmona Montenegro, M. A. (2021). Manual de capacitación en adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura en Chile. FAO. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/33105>
- EPA News, E. P. A. (2020, junio 17). #MAGALLANES Derretimiento de glaciares podría cambiar y disminuir la biodiversidad marina antártica. Epa News. <https://epanews.cl/magallanes-derretimiento-de-glaciares-podria-cambiar-y-disminuir-la-biodiversidad-marina-antartica/>
- Espinoza R., J. P. (2019). Cambio climático, EL NIÑO y la salmonicultura. Una combinación peligrosa. | Anthozoa.info. <https://anthozoa.info/2019/04/17/cambio-climatico-el-nino-y-la-salmonicultura-una-combinacion-peligrosa/>
- Estelle, I. H. E. (2020). Cambio climático - Escenario actual, salud e implicancias en la población chilena.
- Fernández García, C. M. (2021). Cambios del área del glaciar Grey, Parque Nacional Torres del Paine, y su estudio a través de la climatología y la dendrocronología. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/186656>

Fontes, W. (2021). Las regiones polares como sensores del cambio climático.

Gallardo Garcés, L. (2017). Ganadería Extensiva Siglo XXI: “Intervención en el hábito de alimentación del ovino en pastoreo, como adaptación al Cambio Climático”. Fundación para la Innovación Agraria. <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/148291>

Garreaud, R. (2011). Cambio climático: Bases físicas e impactos en Chile. Revista Tierra Adentro – INIA, (93): marzo-abril, 2011. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29289>

Gobierno de Chile, C. E. para A. L. y el C. (CEPAL). (2012). La economía del cambio climático en Chile. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/35372-la-economia-cambio-climatico-chile>

González, C. C., & Marshall, J. B. (s. f.). Sociedad chilena de ingeniería hidráulica VII seminario internacional de ingeniería y operación portuaria.

González-Cabán, A. (2013). Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación, y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales.

González-Reyes, Á., Aravena, J. C., Muñoz, A. A., Soto-Rogel, P., Aguilera-Betti, I., Toledo-Guerrero, I., (2017). Variabilidad de la precipitación en la ciudad de Punta Arenas, Chile, desde principios del siglo XX. Anales del Instituto de la Patagonia, 45(1), 31-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2017000100031>

Gutiérrez Mora, L. A. (2018). Análisis de la percepción de la población adulta de la comuna de los Ángeles respecto a los efectos del cambio climático en salud. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3407>

Henríquez, C. (2016). Impactos, vulnerabilidades y desafíos frente al cambio climático. Revista de geografía Norte Grande, 63, 5-8. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000100001>

Ibarra, J. T., Schüttler, E., McGehee, S., & Rozzi, R. (2010). Tamaño de puesta, sitios de nidificación y éxito reproductivo del caiquén (*Chloephaga picta gmelin*, 1789) en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Chile. Anales del Instituto de la Patagonia, 38(1), 73-82. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2010000100004>

Jaksic, F. M., & Fariña, J. M. (2015). Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. Anales del Instituto de la Patagonia, 43(1), 23-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2015000100003>

Kreps, G., Martínez Pastur, G. J., & Peri, P. L. (2012). Cambio climático en Patagonia Sur: Escenarios futuros en el manejo de los recursos naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/130352>

Kokot, R. (2004). Erosión en la costa patagónica por cambio climático. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0004-48222004000400018&script=sci_arttext&tlng=en

La perspectiva del CAPP frente a la nueva realidad climática. (s. f.). Instituto de Asuntos Públicos. Universidad de Chile.

Labarca Oróstica, N. (2022). Análisis comparativo entre la dinámica del glaciar Stoppani (54°44'S-69°02'W), crecimiento de *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser y registros climáticos. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29720.88325>

Labrín, C. (2016). Utilización de un modelo de vegetación dinámico para la evaluación del impacto del cambio climático sobre el balance de carbono en cinco biomas de Chile [Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza]. <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Labrin%20Carla.pdf>

López, M. C. (2010). Análisis de las fluctuaciones del nivel medio del mar a lo largo de 60 años de registros en las costas de Chile.

López, M. C., & Zambrano, J. C. (2014). Cambio climático contemporáneo y una conjetura sobre la relación Antártica-Sudamérica a través del oleaje. Revista Estudios Hemisféricos y Polares, 5(1), Art. 1.

Mansilla, A., Ojeda, J., & Rozzi, R. (2012). Cambio climático global en el contexto de la ecorregión subantártica de Magallanes y la reserva de biósfera Cabo de Hornos. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 69-76. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2012000100008>

Marquet, P. A. (2020). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/32249>

Mejías Rojas, P. V. (2022). Análisis de la variación temporal de la oferta hídrica en las cuencas de Punta Arenas y Vertientes del Atlántico bajo distintos escenarios de cambio climático (2021-2050). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/186867>

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

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

Meza, L. E. (2012). Modelo de gestión del riesgo a eventos climáticos extremos con impacto en la agricultura de la Región de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 77-80. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2012000100009>

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/1421>

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). Determinación del RIESGO de los IMPACTOS del CAMBIO CLIMÁTICO en las costas de Chile.

Molina, J. J. C. (1983). Reflexiones geográficas acerca del clima frío oceánico del hemisferio sur, Punta Arenas (Chile). *Revista de Geografía Norte Grande*, 10, Art. 10.

Moreira-Muñoz, A., García, J. L., & Sagredo, E. (2014). Reserva de la Biosfera Laguna San Rafael: Sitio de importancia global para la investigación del cambio climático.

Navarro Cerrillo, R. M., Rosenfeld, M., Pérez-Aranda, J., Padrón, E., Guzmán, J. R., Hernández Clemente, R., & González, L. (2008). Evaluación de la mortalidad de bosques de ñirre (*Nothofagus antártica*) en la Patagonia chilena mediante imágenes Landsat TM y ETM+. *Bosque (Valdivia)*, 29(1). <https://doi.org/10.4067/S0717-92002008000100008>

Nieto Mariño, P. (2022). La asombrosa biodiversidad de Magallanes (Chile) que cautivó a los exploradores. El Español. https://www.elespanol.com/enclave-ods/noticias/20220124/asombrosa-biodiversidad-magallanes-chile-cautivo-exploradores/644935772_0.html

Novión Aicón, C., & Estrada Goic, C. (2011). Percepción de los efectos vivenciales del cambio climático en una muestra de habitantes urbanos australes. *Magallania (Punta Arenas)*, 39(1), 93-102. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442011000100006>

Ochoa-Sánchez, M. (2022, septiembre 2). ¿Qué será del reino de los vientos bajo el cambio climático? – Fundación Cequa. <https://www.cequa.cl/2022/09/02/que-sera-del-reino-de-los-vientos-bajo-el-cambio-climatico/>

Paz Aedo, M., & Montecinos, T. (2011). Glaciares andinos, recursos hídricos y cambio climático: Desafíos para la justicia climática en el Cono Sur. Programa Chile Sustentable. http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/glaciares_andinos_recursos_hidricos_y_cambio_climatico.pdf#page=23

Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuencas de Punta Arenas. (2021). Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Aguas. <https://www.repositoriodirplan.cl/handle/20.500.12140/34370>

- Rabassa, J. (2010). El cambio climático global en la Patagonia desde el viaje de Charles Darwin hasta nuestros días. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000400014
- Rabassa, J. Ó. (2007). El impacto del cambio climático en los glaciares patagónicos y fueguinos. *Ciencia Hoy*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/156232>
- Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: Causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de geografía Norte Grande*, 57, 177-192. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000100012>
- Romero Aravena, H., Vásquez Fuentes, A., Smith, P., & Mendonça, M. (2008). Análisis Multiescalar de los cambios climáticos y sus impactos ambientales en la patagonia chilena: Síntesis de trabajos recientes. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118154>
- Ruiz, C. H., Smith, P., Contreras, P., & Qüense, J. (2021). Variación en la intensidad de la isla de calor urbana por efecto del cambio climático en ciudades chilenas. *Geographica*, 73, Art. 73. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021735114
- Sáez Alveal, N. (2018). Estimación de los efectos del cambio climático en la extensión y volumen de los glaciares Grey, Tyndall y Dickson, en el período 1998-2017. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3084>
- Santana, A., Butorovic, N., & Olave, C. (2009). Variación de la temperatura en Punta Arenas (Chile) EN LOS ÚLTIMOS 120 AÑOS. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 37(1), 85-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2009000100008>
- Schuster Ubilla, S., Gómez Nome, C., Pino Calderón, A., Valenzuela Lagos, E., Rojas-Toro, D., Espinoza Oyarzún, J., & Howland, F. (2021). Informe Diagnóstico brechas de género para la adaptación al cambio climático en sectores priorizados del sector silvoagropecuario (2021) [Report]. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/116797>
- Simonetti, J. A., & Stipicic, G. J. (2016). Primer registro de Rara (*Phytotoma rara* Molina, 1782) en Isla Riesco, Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 44(2), 77-79. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2016000200008>
- Sosiuk, E. (2022). Conservacionismo internacional y problemas locales: Las investigaciones sobre pingüinos en la Patagonia. *CUHSO (Temuco)*, ahead, 0-0.
- Torro Iturra, H. (s. f.). Campo de Hielo Sur. Relicto glaciar, barómetro del cambio climático y área de controversia limítrofe.
- Ubilla-Bravo, G., & Johnson-Amorrortu, B. (2019). Cambio climático en los principales asentamientos humanos de Chile. Estado de la materia en 2019 (p. 40) [Report, Universidad de Chile]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3385153>
- UNFCCC, G. (2006). MANUAL DEL SECTOR DE LA ENERGÍA. Quema de Combustibles. <https://unfccc.int/sites/default/files/7-bis-handbook-on-energy-sector-fuel-combustion.pdf>
- Valiente Olivares, M., & Imbernón Vigar, D. (2018). Plan de Acción de Cambio Climático: Aves y biodiversidad para Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29173>
- Vilches, C. (2020). Impacto del cambio climático en el FIR Austral-Chile. Dirección Meteorológica de Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/33019>
- Villa Morales, J. J. (2021). Peligros a los que se exponen los turistas que visitan el continente antártico, debido al cambio climático. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/64914>

Producto 1. Informe de contexto regional de cambio climático en la región de Magallanes

Winckler, J. S., & Pantoja, G. D. C. (2019). Agua como recurso estratégico: desafíos para Chile en un escenario de cambio global. *Revista Política y Estrategia*, 134, Art. 134. <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i134.787>

Wrinkler, J. S., & Pantoja, G. D. C. (2019). Cambio climático y desastres socio-naturales: desafío para Chile y sus fuerzas armadas. *Revista Política y Estrategia*, 133, Art. 133. <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i133.762>

