

**ADAPTACIÓN A RIESGO DE INCENDIO FORESTAL Y RIESGO DE  
SEQUÍA HIDROLÓGICA EN EL SANTUARIO DE LA NATURALEZA  
PENÍNSULA DE HUALPÉN.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de INGENIERO EN  
PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES Y AMBIENTALES

Alumno:

Mario Elías Tapia Díaz

Profesor Guía:

Boris Uribe Améstica

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor dedicado a mi familia, mi polola Catherine, mi perro Mauruuru, todo esto es gracias y por ustedes. Fue un viaje largo pero muy provechos, todo lo bueno lo atesoro y todo lo malo me hizo más fuerte. Seguimos sin prisa, pero también sin pausa.

## RESUMEN

Este documento describe el proceso que se llevó a cabo para elaborar dos planes de acción que permiten a la comuna de Hualpén, adaptarse a algunas de las consecuencias del cambio climático. El trabajo analizó dos riesgos relacionados con el cambio climático, incorporando proyecciones climáticas históricas (periodo 1980-2010) y futuras (periodo de 30 años centrado en 2050), bajo un escenario de emisiones de gases de efecto invernadero RCP8.5, a través de la identificación de Amenazas, Exposición, Vulnerabilidad y posterior cálculo de Riesgo de dos sistemas de la comuna de Hualpén.

El capítulo 1, Marco Teórico, en primer lugar, relata el proceso histórico y político que ha llevado al mundo al consenso de asumir con sentido de urgencia la lucha contra el cambio climático y los marcos bajo los cuales se cuantifican los aportes y emisiones de los países. Lo anterior se acompañó de una caracterización nacional y regional que permite dimensionar las condiciones en las que nos enfrentamos al cambio climático a nivel local. Finalizando este capítulo se estableció un marco metodológico que se utilizó para analizar los Riesgos asociados al cambio climático en Hualpén, el cual se basa en el Quinto Reporte (AR5) del Grupo de trabajo II del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), que describe el concepto de Riesgo de Impacto del Cambio Climático (IPCC,2014).

El capítulo 2 caracteriza la comuna de Hualpén como área de estudio y desarrolla un análisis y evaluación del Riesgo de Incendio Forestal y Riesgo de Sequía Hidrológica de dos sistemas de la comuna de Hualpén amenazados por el cambio de las condiciones climáticas. Para caracterizar las Amenazas se trabajó con múltiples Modelos de Simulaciones climáticas (GCM de la sigla en inglés) de la Plataforma de Visualización de Simulaciones Climáticas del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile.

Por último, el Capítulo 3 describe dos Planes de adaptación orientados a disminuir los riesgos evaluados, a través de medidas y acciones específicas, los cuales buscan fortalecer la capacidad adaptativa y resiliencia de la comuna de Hualpén al cambio climático.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
OBJETIVO GENERAL: .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
ALCANCE.....	4
CAPITULO 1 – MARCO TEORICO .....	5
1.1 ANTECEDENTES POLÍTICO-HISTÓRICOS.....	5
1.1.1 IPCC.....	5
1.1.2 CMNUCC .....	6
1.1.3 Conferencia de las Partes .....	7
1.1.4 Protocolo de Kioto .....	7
1.1.5 Acuerdo de Paris. ....	8
1.1.6 El límite 1,5°C.....	8
1.2 CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL.....	9
1.3 INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES DE GEI.....	10
1.4 CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	13
1.4.1 Emisiones antropógenas.....	13
1.4.2 Gases de efecto invernadero.....	14
1.5 CONSECUENCIAS .....	18
1.6 RCP .....	19
1.7 SITUACIÓN ACTUAL NACIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO ..	20
1.7.1 Contribuciones determinadas a nivel nacional.....	22
1.7.2 Inventario nacional de emisiones de GEI Chile.....	24
1.7.3 Tendencia de las emisiones de GEI en Chile por gas .....	25
1.7.4 Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022 .....	27
1.7.5 Institucionalidad del Cambio Climático en Chile. ....	28
1.7.6 Marco jurídico .....	30

1.8	SITUACIÓN ACTUAL EN EL GRAN CONCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	32
1.8.1	Monitoreo de la calidad del aire.....	35
1.8.2	Plan de Prevención y de Descontaminación para las comunas de Concepción Metropolitano .....	36
1.9	METODOLOGÍA GENERAL PARA DETERMINAR EL RIESGO CLIMÁTICO.....	37
1.9.1	Riesgo climático.....	38
1.9.2	Componentes del Riesgo Climático.....	39
1.9.3	Cadenas de impacto.....	41
1.9.4	Clasificación del Riesgo.....	42
	CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DE SISTEMAS Y DETERMINACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO.....	44
2.1	HUALPÉN, LA COMUNA DE ESTUDIO.....	44
2.1.1	Geomorfología .....	44
2.1.2	Las áreas de la comuna .....	46
2.1.3	Demografía.....	48
2.1.4	Situación climática de Hualpén.....	49
2.1.5	Institucionalidad local Hualpén. ....	51
2.2	SISTEMA 1: “SANTUARIO DE LA NATURALEZA PENÍNSULA DE HUALPÉN” .....	55
2.2.1	Riesgo: Incendio de bosque .....	56
2.2.2	Exposición.....	57
2.2.3	Amenaza.....	58
2.2.4	Sensibilidad.....	61
2.2.5	Resultado.....	69
2.3	SISTEMA 2: HUMEDAL Y ESTUARIO LENGUA.....	71
2.3.1	Riesgo: Sequía Hidrológica .....	72
2.3.2	Exposición.....	73
2.3.3	Amenaza.....	77

2.3.4	Sensibilidad .....	90
2.3.5	Resultados .....	94
CAPITULO 3 ADAPTACIÓN A LOS RIESGOS CLIMÁTICOS HUALPÉN...		96
3.1	PLAN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN SNPH .....	96
3.1.1	Fase Preventiva .....	97
3.1.2	Fase de Emergencia: .....	128
3.1.3	Fase de evaluación .....	130
3.2	PLAN DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE SEQUÍA HIDROLÓGICA HUMEDAL LENGA.....	132
3.2.1	Fase de Protección.....	133
3.2.2	Fase de Adaptación .....	142
3.3	ANÁLISIS TÉCNICO MEDIDA N° 12. PLAN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES SNPH. “CONSTRUCCIÓN DE HELIBASE”.	144
3.3.1	Localización.....	144
3.3.2	Factores que condicionan la mejor ubicación para el proyecto. ....	145
3.3.3	Distribución de la instalación. ....	145
3.3.4	Especificaciones de la obra civil.....	147
3.4	CONCLUSIONES.....	148
3.5	RECOMENDACIONES .....	149
REFERENCIAS.....		151

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Extraído de Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.....	12
Tabla 1: Ranking de países más afectados por el cambio climático. Fuente: Global Climate Risk Index 2019.....	21
Figura 2: Institucionalidad del cambio climático en Chile Fuente: Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 .....	29
Figura 3: Elementos que definen el Riesgo climático y diferencias con el antiguo concepto de Vulnerabilidad climática. Fuente: GIZ and EURAC (2017)	38
Figura 4: Pasos para cadena de Impacto viable. Fuente: GIZ 2017.....	42
Figura 5: El macizo peninsular de Hualpén y la llanura fluviovolcánica de Concepción Fuente: Memoria Explicativa PRC Hualpén.....	45
Figura 6: Esquema de áreas de Hualpén. Fuente: Memoria Explicativa PRC Hualpén. ....	48
Figura 7: Mapa de la ubicación SNPH. Fuente: Plan de Manejo Eula 2015 .....	56
Figura 8: Mapa de la vegetación SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015.....	57
Figura 9: Distancia viviendas Lengua de vegetación. Fuente: Elaboración propia Google Earth. ....	62
Figura 10: Mapa de caminos y senderos SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015.....	64
Figura 11: Mapa de elevación y pendientes SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP CDN25 EULA 2015.....	68
Figura 12: Humedal Lengua. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015.....	72
Figura 13: Humedal Lengua y su red hídrica Fuente: Archivo SHP EULA 2015. Elaboración propia en QGIS .....	74
Figura 14: Sequía Humedal Lengua febrero 2022 .....	87
Figura 15: Embancamiento. Elaboración propia Google Earth. ....	91

Figura 16: Compactación Humedal por desarrollo inmobiliario. Elaboración Propia .....	92
Figura 17: Intervención de Quebradas Fundo Recart. Elaboración propia. Google Earth. ....	93

## **INDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Índice de crecimiento anual de la concentración de CO <sub>2</sub> . Fuente: OMM 2019.....	15
Gráfico 2: Índice de crecimiento anual de la concentración de CH <sub>4</sub> . Fuente: OMM 2019.....	16
Gráfico 3: Índice de crecimiento de la concentración de N <sub>2</sub> O. Fuente: OMM 2019.....	17
Gráfico 4: Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en línea con el crecimiento económico. Fuente: Análisis Conjunto de País (CCA) ONU 2018.....	22
Gráfico 5: Biobío: emisiones y absorciones de GEI (ktCO <sub>2</sub> eq) por sector, 1990-2018. Fuente: Equipo Técnico Coordinador MMA.....	33
Gráfico 6: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile .....	50
Gráfico 7: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile .....	51
Gráfico 8: Elaboración propia. Fuente: CONAF y Dirección Meteorológica de Chile.....	59
Gráfico 9: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile .....	60
Gráfico 10: Precipitación Media por Año, Periodo 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur.....	77
Gráfico 11: Déficit/Superávit por año, periodo 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur. ....	78
Gráfico 12: Precipitación acumulada en Hualpén. Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile .....	79

Gráfico 13: Temperatura Media por Año, Periodo 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur. ....	80
Gráfico 14: Temperatura Media en Hualpén. Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile.....	81

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 9: Comparativa para MP2,5 y MP10 año 2015. Fuente: SEREMI del Medio Ambiente.....	36
Tabla 10: Clasificación del riesgo. Elaboración propia. ....	43
Tabla 11: Elaboración propia. Fuente: Censo 2017. La denominación rural corresponde a una clasificación INE que no incluye a 70 personas de caleta Perone.....	49
Tabla 12: Elaboración propia a partir de datos INE.....	49
Tabla 13: Cobertura vegetación SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015. ....	57
Tabla 14: Índice de Exposición Vegetal. Elaboración propia.....	58
Tabla 15: Elaboración propia. Cambios históricos y futuros de temperatura Simulador CR2.....	60
Tabla 16: Clasificación de amenaza. Elaboración propia .....	61
Tabla 17: Índice de amenaza. Elaboración propia .....	61
Tabla 18: Densidad de viviendas SNPH. Fuente: Información extraída del Informe de Línea de Base del Proyecto Recuperación de ecosistemas terrestres y humedales del SNPH, EULA 2015. Elaboración propia.....	63
Tabla 19: Longitud y densidad de caminos SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015 .....	65
Tabla 20: Elaboración propia. Comparativo plantaciones nativo- plantaciones forestales e introducidas SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015.....	66
Tabla 21. Elaboración propia. Fuente: Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 200 .....	68

Tabla 22. Fuente: Informe a las Naciones: Incendios en Chile, CR2 2020 y Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 2005. Elaboración propia. ....	69
Tabla 23. Matriz de Riesgo. Elaboración propia.....	69
Tabla 24: Inventario de Exposición de Caleta Lengua. Fuente: Estudio “Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile” (MMA 2019). Elaboración propia.....	75
Tabla 25: Clasificación de rangos de exposición. Elaboración propia. ....	76
Tabla 26: Índice de exposición. Elaboración propia.....	76
Tabla 27: Precipitaciones y temperatura media mensual 2021 Hualpén. Elaboración propia. Fuente: Estación de monitoreo Carriel Sur, Dirección Meteorológica de Chile .....	83
Tabla 28: Cálculo Índice Calor Mensual 2021. Elaboración propia .....	83
Tabla 29: Cálculo ETP sin corregir mensual. Elaboración propia.....	84
Tabla 30: Número máximo de horas de sol. Fuente: Allen et al., 1998.....	85
Tabla 31: Cálculo ETP anual. Elaboración propia.....	86
Tabla 32: Resultados de ETP media en periodos de tiempo simulados. Elaboración propia. ....	88
Tabla 33: Calculo de Agua disponible por periodos. Elaboración propia. ....	88
Tabla 34: Clasificación de Rango de Amenaza. Elaboración propia.....	89
Tabla 35: Índice de Amenaza. Elaboración propia. ....	90
Tabla 36: Indicador de sensibilidad. Elaboración propia.....	93
Tabla 37: Matriz de Riesgo. Elaboración propia .....	94
Tabla 38: Indicador de Riesgo Incendio Forestal SNPH. Elaboración propia.....	96
Tabla 39: Medida 1 Determinación de las prioridades de protección contra incendios para el SNPH . Elaboración Propia.....	99
Tabla 40: Medida 2 Manejo de combustibles. Elaboración propia.....	102
Tabla 41: Medida 3. Mejoramiento del estado general de la vegetación del SNPH. Elaboración propia. ....	104
Tabla 42: Medida 4 evitar que las brasas y/o pavesas caigan debajo de éstas y enciendan la construcción. Elaboración propia.....	107

Tabla 43: Medida 5. Planificación urbana y ordenamiento territorial. Elaboración propia. ....	108
Tabla 44: Medida 6. Gestión de residuos sólidos. Elaboración propia.....	110
Tabla 45: Medida 7. Patrullajes preventivos. Elaboración propia. ....	111
Tabla 46: Medida 8. Control de accesos. Elaboración propia. ....	112
Tabla 47: Medida 9. Educación y difusión. Elaboración propia.....	116
Tabla 48: Medida 10. Protección civil y animal. Elaboración propia.....	119
Tabla 49: Medida 11. Apoyo Logístico. Elaboración propia.....	121
Tabla 50: Medida 12. Construcción de helibase. Elaboración propia. ....	123
Tabla 51: Medida 13. Detección terrestre fija. Elaboración propia. ....	125
Tabla 52: Medida 14. Detección terrestre móvil. Elaboración propia.....	126
Tabla 53: Medida 15. Detección por sensores térmicos. Elaboración propia.....	127
Tabla 54: Medida 16. Detección por colaboración. Elaboración propia. ....	128
Tabla 55. Medida 17. Conformación del COE. Elaboración propia.....	130
Tabla 56: Medida 18. Mejora continua. Elaboración propia. ....	131
Tabla 57: Indicador de Riesgo de Sequía Hidrológica Humedal Lengua. Elaboración propia. ....	132
Tabla 58: Medida 1. Mejorar la identificación y protección de áreas de valor ambiental en la cuenca del humedal Lengua. Elaboración propia. ....	134
Tabla 59: Medida 2. Planificación urbana y ordenamiento territorial. Elaboración propia .....	136
Tabla 60. Medida 3. Asegurar la condición de marisma del Humedal Lengua. Elaboración propia .....	137
Tabla 61: Medida 4. Conservación de afluentes. Elaboración propia. ....	139
Tabla 62: Medida 5. Creación de Comité de Protección Humedal Lengua. Elaboración propia .....	141
Tabla 63: Medida 6. Construcción de canal Essbio-Lengua. Elaboración propia.	143

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS**

AFOLU: Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

AR4: Cuarto Reporte IPCC

AR5: Quinto Reporte IPCC

CERT: Equipos Comunitarios de Respuesta ante Emergencia

CH<sub>4</sub>: Metano

CMNUCC: Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático

CMS: Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

COE: Comité de Protección Civil y Emergencias

CONAF: Corporación Nacional Forestal

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente

COP: Conferencia de las Partes

CORECC: Comité Regional de Cambio Climático

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

CR2: Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia

DAS: Dirección de Administración de Salud Municipal

DCC: División de Cambio Climático

DIDECO: Dirección de Desarrollo Comunitario

ET: Evapotranspiración

ETP: Evapotranspiración Potencial

ETR: Evapotranspiración Real

ETICC: Equipo Técnico Interministerial

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GCM: Modelos de Simulación Climática

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GMNAUCC: Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

HFC: Hidrofluorocarbonos

H<sub>2</sub>O: Agua

INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

INPU: Procesos Industriales y Uso de Productos

IUR: Interfaz Urbano Rural

MDE: Modelo Digital de Elevación

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

NDC: Contribuciones Nacionales Determinadas

NOAA: Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica

N<sub>2</sub>O: Óxido Nitroso

OCC: Oficina de Cambio Climático

ONU: Organización de Naciones Unidas

OMM: Organización Meteorológica Mundial

OMS: Organización Mundial de la Salud

PANCC: Plan de Acción Nacional de Cambio Climático

PANCC II: Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2020

PFC: Perfluorocarbonos

PIB: Producto Interno Bruto

PLADECO: Plan de Desarrollo Comunal

PPB: Partes por Billón

PPDA: Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica

PPM: Partes por Millón

RCP: Trayectoria de Concentración Representativa

SBN: Solución Basada en la Naturaleza

SED: Dialogo de Expertos Estructurados

SF<sub>6</sub>: Hexafluoruro de Azufre

SEREMI: Secretaría Regional Ministerial

SNPH: Santuario de la Naturaleza de la Península de Hualpén

UNEP: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

UTCUTS: Uso de Tierra, Cambio del Uso de Tierra y Silvicultura

## **INTRODUCCIÓN**

En el marco de la organización de la COP 25, en Chile se constituye la alianza “Sociedad Civil por la Acción Climática” (SCAC), plataforma que reúne a cerca de 150 organizaciones del mundo ambiental, movimientos territoriales, colegios profesionales, sindicatos, organizaciones políticas y académicas. Este grupo tiene entre sus metas coordinar procesos de movilización como la “Campaña Nacional de Declaratoria de Emergencia Climática y Ecológica”, donde las organizaciones adherentes solicitan el desarrollo de medidas políticas frente a la crisis climática, mientras al mismo tiempo se comprometen a tomar la iniciativa para colaborar frente a este desafío.

Un creciente número de ciudades están declarando estado de Emergencia Climática y Ecológica en distintos países del mundo, en reconocimiento de la necesidad urgente de un cambio social que nos permita combatir la creciente amenaza de la crisis climática. Frente a la inacción de los gobiernos, los municipios han sido uno de los principales espacios de avance en políticas contra el cambio climático. Los efectos más intensos de la crisis se vivirán en la escala local en nuestro país, por lo que es imperativo que los municipios a lo largo del territorio nacional adopten una serie de medidas que permitan adaptar sus comunidades y territorios al cambio climático.

Lo que se desarrolla a continuación se enmarca en la “Declaración de Estado de Emergencia Climática y Ecológica de la comuna de Hualpén”, que el 14 de octubre del 2019 en Hualpén, se aprobó de manera unánime por el Concejo Municipal. La iniciativa fue desarrollada a través de un trabajo conjunto entre la Especialidad de Prevención de Riesgos de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, junto a 33 organizaciones de la sociedad civil de Hualpén, entre ellas SCAC.

Este trabajo se alinea con la preocupación nacional por el cambio climático, la cual se ha incrementado sostenidamente, a la par con las tendencias internacionales, desde la aprobación del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) 2008-2012, que por primera vez articuló la acción del sector público para enfrentar

este fenómeno, estableciendo las líneas de acción principales para la adaptación, mitigación, creación y fomento de capacidades del país.

Por otra parte, el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCCII), es una actualización al documento de 2008-2012 y contiene cuatro ejes: 1) mitigación, 2) adaptación, 3) medios de implementación y 4) gestión del cambio climático a nivel regional y local. Específicamente, en el eje de adaptación, se estableció como objetivo general “fortalecer la capacidad de Chile para adaptarse al cambio climático, profundizando los conocimientos de sus impactos y de la Vulnerabilidad del país, generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos para su desarrollo económico y social, asegurando su sustentabilidad y velando por conservar su patrimonio natural y cultural”. Este trabajo busca abordar este objetivo, fortaleciendo las capacidades locales, desde la sociedad civil, para adaptarse al cambio climático.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Elaborar estrategias que permitan adaptar la comuna de Hualpén a los riesgos de incendio forestal y sequía hidrológica que trae consigo el cambio climático.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar la comuna de Hualpén e identificar zonas expuestas a amenazas climáticas que puedan significar un riesgo para la comuna en un futuro cercano.
- Desarrollar indicadores de amenaza, exposición y vulnerabilidad basado en sus componentes, proyecciones y un índice de riesgo para sistemas predefinidos.
- Elaboración de propuestas de adaptación para los riesgos climáticos identificados.

## ALCANCE

El presente documento, denominado " Adaptación a riesgo de incendio forestal y riesgo de sequía hidrológica en el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén.", está destinado a la Municipalidad de Hualpén, pero a disposición de quien lo necesite. El documento comprende una metodología para la evaluación y valoración del Riesgo que significa el cambio climático para Hualpén, la cual se aplica a dos casos: a) Riesgo de Incendios Forestales en el Santuario de la Naturaleza de Hualpén y b) Riesgo de Sequía Hidrológica del Humedal Lenga. A raíz de eso se genera una propuesta de acción estratégica que busca ser capaz de contribuir a la adaptación de la comuna a los potenciales impactos climáticos proyectados a un futuro cercano, lo cual se acompaña de un análisis técnico y económico de una de las propuestas de adaptación a modo de ejemplo. El alcance de este trabajo se concentra en los Riesgos descritos anteriormente, pero es muy posible utilizar la metodología para analizar otro tipo de riesgos que se identifiquen con el fin de acoplar las medidas de adaptación que se desarrollan en este trabajo en un plan de más amplio alcance.

## **CAPITULO 1 – MARCO TEORICO**

### **1.1 ANTECEDENTES POLÍTICO-HISTÓRICOS**

Si bien es cierto que ya en el año 1972 el científico Wallace Broecker pone el término “cambio climático” en el dominio público en el título del artículo científico “Climate Change: ¿we are on the brink of a pronounced global warming?” (Broecker, 1975) (en español: Cambio Climático: ¿Estamos al borde de un calentamiento global pronunciado?) y que en 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) crean el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). El primer reconocimiento al cambio climático como una problemática ambiental se dio en Nueva York el año 1992 en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNAUCC) en la cual, para efectos de la convención, se señaló que por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Font, 2019). Hoy en día es aceptado que dicho calentamiento se debe al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera debido a emisiones antrópicas, principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que proviene del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía (Nullis, 2017).

#### **1.1.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)**

El grupo fue creado en 1988 para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Este grupo no realiza investigación primaria, ni monitoriza el clima o fenómenos relacionados por sí misma. En su lugar, evalúa la literatura publicada, incluida las fuentes revisadas por pares y las que no (Climático, 1990-2014).

Desde el inicio de su labor en 1988, el IPCC ha preparado cinco informes de evaluación de varios volúmenes. El 2014 el IPCC finalizó el Quinto Informe de

Evaluación, preparado por los tres grupos de trabajo que comprende tres contribuciones sobre bases físicas; impactos, mitigación y adaptación y vulnerabilidad del cambio climático, más un informe de síntesis (Climático, 1990-2014).

Este informe afirma que el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de GEI han aumentado con una influencia humana clara .

Respecto al futuro el informe asegura que las emisiones continuas de gases de efecto invernadero causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático ya que es probable que para fines del siglo XXI, la temperatura global en superficie sea superior entre 1,5°C a 2°C a la del periodo 1850 y 1900 dependiendo del escenario, por lo cual, para contener el cambio climático, será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero (Climático, 2013).

En la 43ª reunión del IPCC, celebrada en abril de 2016, se acordó que el informe de síntesis del Sexto Informe de Evaluación se terminaría en 2022. Entonces, los países examinarán los progresos realizados para lograr el objetivo de mantener el calentamiento global muy por debajo de 2 °C mientras que, al mismo tiempo, proseguirán los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C (Climático, 2016).

### **1.1.2 Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático**

La CMNUCC ha sido ratificada por 195 países y reconoce la existencia del problema del cambio climático estableciendo el objetivo último de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas (causadas por el ser humano) peligrosas en el sistema climático. Lo anterior en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos

no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Para que la aplicación de la Convención sea efectiva, se elaboran decisiones basadas en los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático que insuma el IPCC, las cuales han de ser aprobadas por todas las Partes por consenso y que desarrollan los diferentes artículos de dicha Convención. Estas decisiones se discuten y aprueban en las Conferencias de las Partes (COP) (Unidas, 1992).

### **1.1.3 Conferencia de las Partes**

La COP es el órgano de decisión supremo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático. Se reúne todos los años desde 1995 y se encarga de mantener los esfuerzos internacionales por resolver los problemas del cambio climático. Examina la aplicación de la Convención y los compromisos de las Partes en función de los objetivos de la Convención, los nuevos descubrimientos científicos y la experiencia conseguida en la aplicación de las políticas relativas al cambio climático (Partes, 1994).

La COP se ha reunido anualmente desde 1995 y su sesión número 21, celebrado en París, fue histórica debido a que se alcanzó el primer acuerdo internacional sobre el clima.

### **1.1.4 Protocolo de Kioto**

En 1995, tres años después de la creación de la CMNUCC se reconoce que las disposiciones establecidas en la convención eran insuficientes, por lo que se iniciaron negociaciones para reforzar la respuesta mundial al cambio climático, es así como en la COP 3 celebrada en Kioto el año 1997 se adoptó el Protocolo de Kioto. El protocolo de Kioto es un acuerdo internacional que tiene los mismos objetivos, principios e instituciones de la Convención, pero refuerza ésta de manera significativa, ya que, a través de él las Partes se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de GEI. Principalmente se basa en reducir las emisiones de GEI en al menos un 5% con respecto a los niveles de 1990 en el periodo de compromiso de 2008-2012. Los gases a los que se refiere son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) Metano (CH<sub>4</sub>) óxido

nitroso (N<sub>2</sub>O) Hidrofluorocarbonos (HFC) Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (Unidas, 1998).

### **1.1.5 Acuerdo de París.**

El 12 de diciembre del 2015 en la COP21 de París, las Partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El Acuerdo de París por primera vez, hace que todos los países tengan una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos, con un mayor apoyo a los países en desarrollo. Este acuerdo tiene tres objetivos principales (Unidas, 2015):

- A) “Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales.”
- B) “Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia del clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.”
- C) “Situación los flujos financieros en un nivel compatible con un camino que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efectos invernadero.”

### **1.1.6 El límite 1,5°C**

La primera mención a un límite de 1,5°C al calentamiento global es en el Acuerdo de Cancún adoptado en la COP 16. Aquí se acuerda mantener el aumento de la temperatura media del planeta por debajo de los 2°C, reconociendo la necesidad de revisar periódicamente dicho objetivo, considerando la posibilidad de fortalecerlo hasta un aumento de 1,5°C.

Dos años después, la COP 18 mandató un “diálogo de expertos estructurados” (SED), con el fin de evaluar la idoneidad del objetivo mundial de 2°C preestablecido. Entre 2013 y 2015 se reunieron más de 70 expertos y expertas con

las Partes de la CMNUCC, concluyendo que “en algunas regiones y ecosistemas vulnerables se proyectan altos riesgos incluso para un calentamiento de 1,5°C”. En ese sentido, el SED recomendó considerar la temperatura límite del objetivo global a largo plazo como una “línea de defensa” o una “zona de amortiguamiento”, en lugar de una barrera detrás de la cual todos estarían a salvo. Este enfoque es el primer objetivo del Acuerdo de París: “mantener el aumento de la temperatura mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C”.

Si bien el Acuerdo de París está vigente y permite reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 °C, el IPCC en octubre del 2018 publicó un informe especial sobre los impactos del calentamiento global a 1,5°C, estableciendo que muchos de los impactos adversos del cambio climático se producirían ya en los 1,5°C, lo cual desestima la meta de 2°C acordada en París.

Además, el informe destaca una serie de impactos del cambio climático que podrían evitarse si la marca de calentamiento global máxima se establece en 1,5°C en lugar de 2°C o más. Por ejemplo, para 2100, el aumento del nivel del mar mundial sería 10 cm más bajo con un calentamiento global de 1,5°C. La probabilidad de tener un Océano Ártico sin hielo durante el verano disminuirá a una vez por siglo con el máximo en 1,5°C, en lugar de una vez por década, si la marca se establece en los 2°C. Los arrecifes de coral disminuirían entre un 70% y 90% con un calentamiento global de 1,5 ° C, mientras que, con 2°C, se perderían prácticamente todos (99%) (Climático, 2019).

## **1.2 CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL**

Las contribuciones nacionales determinadas (NDC por sus siglas en inglés) son el núcleo del Acuerdo de París y de la consecución de esos objetivos a largo plazo. Las NDC encarnan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático. El contenido que deben proporcionar las NDC incluye información cuantificable, los plazos y periodos de aplicación, su

cobertura y ámbito, la planificación, sus enfoques metodológicos, y los motivos que hacen justa y ambiciosa esta contribución.

Semanas antes de la COP21, la CMNUCC presentó un informe de síntesis que estima el efecto agregado de ejecutar todas las NDC comunicadas hasta ese momento. Este informe concluye que, teniendo en cuenta las NDC, las emisiones mundiales per cápita descenderán como máximo un 8% en 2025 y un 9% en 2030, alcanzando el mismo nivel per cápita que se registró el año 2000 (Unidas, 2015).

En la COP21 las Partes se propusieron lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su máximo lo antes posible y a partir de ese momento las reduzcan rápidamente, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas y la absorción antropógenas en la segunda mitad de siglo (Unidas, 2015). En este contexto, cada Parte debe “preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional” y para alcanzar los objetivos de dichas contribuciones “procurarán adoptar medidas de mitigación internas” (Unidas, 2015).

### **1.3 INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES DE GEI**

El IPCC definió directrices para la elaboración de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, con el objeto de cuantificar los GEI emitidos por cada país y poder informarlos a la CMNUCC a través de in Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) (Climático, 2006).

Según estas directrices, las emisiones de GEI se dividen en sectores principales, que corresponden a grupos de procesos, fuentes y sumideros relacionados. Estos sectores son:

- 1) **Energía:** Comprende la exploración y explotación de fuentes primarias de energía, la conversión de fuentes primarias en refinerías y centrales eléctricas, la transmisión y distribución de combustibles y el uso de combustibles en fuentes estacionarias y móviles.

2) Procesos industriales y uso de productos (IPPU): Emisiones por el uso de GEI en productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en combustibles fósiles.

3) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU): Absorción de CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis vegetal, emisiones de GEI de la materia orgánica muerta por descomposición y quema, emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) por la fermentación entérica del sistema digestivo del ganado y por la gestión del estiércol e intercambio de GEI entre el suelo y la atmósfera.

4) Desechos: Principalmente la emisión de CH<sub>4</sub> proveniente de la descomposición de materia orgánica en los sitios de eliminación de desechos sólidos y de aguas residuales, además de la emisión de GEI de la incineración de desechos.

5) Otros

Cada sector comprende categorías y subcategorías, de tal forma que cada país estima sus emisiones por subcategoría y obtiene subtotales por categoría y por sector realizando la sumatoria correspondiente, tal como se aprecia en la Figura 1.

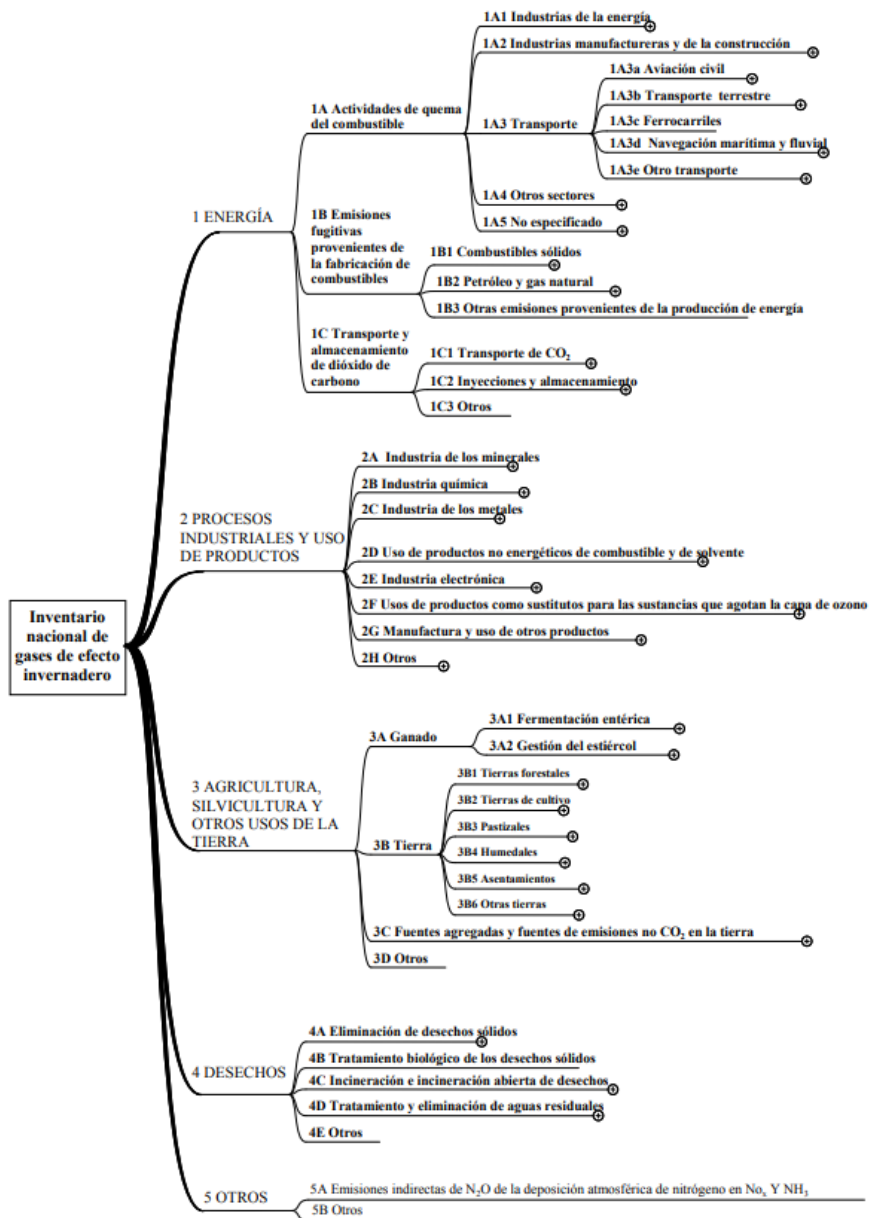


Figura 1: Extraído de Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

## **1.4 CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

En nuestro planeta ocurre un fenómeno natural llamado efecto invernadero el cual consiste en el proceso donde la Tierra absorbe cerca de un 70% de la radiación del sol, la cual es distribuida por todo el planeta y regresada al espacio en forma de radiación. Parte de esa radiación devuelta al espacio es absorbida por la atmósfera debido a la presencia de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual permite calentar la Tierra y mantener condiciones de temperatura compatibles con la vida.

Los GEI son de origen natural y antropogénico y su emisión continuada provoca un mayor calentamiento de la superficie terrestre. Esto provoca que el clima varíe a escala de decenas, cientos y miles de años y puede estar forzado naturalmente por factores astronómicos, por erupciones volcánicas y por cambios debido a la tectónica de placas. Sin embargo, durante los últimos 60 años la magnitud del impacto humano en la generación de GEI ha causado que su efecto predomine por sobre los factores naturales. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenta 500 veces más rápido que en el holoceno, la superficie oceánica se acidifica 70 veces más rápido que durante una deglaciación y la temperatura aumenta 170 veces más rápido que el promedio del holoceno (Gaffney & Steffen, 2017).

### **1.4.1 Emisiones antropógenas**

De acuerdo con el Quinto Informe del IPCC (2014), dentro de las variadas causas que intentan explicar el cambio climático la más importante es las emisiones antropógenas de GEI. De acuerdo al informe “Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos 800.000 años.”

En comparación a 1960, el ingreso per cápita mundial se triplicó, al mismo tiempo que la población mundial se duplicó y las emisiones de carbono se cuadruplicaron. Esto último, vinculado principalmente a la combustión de combustibles fósiles y procesos industriales, los cuales explican cerca del 80% de las emisiones totales de GEI entre 1970-2010 (Climático, 2014).

Respecto a los GEI, se estima que durante los últimos 7.000 años se mantuvo en la atmósfera la concentración de CO<sub>2</sub> en torno a 280 partes por millón (ppm), variando lentamente a una tasa de -0,1 ppm/siglo. En contraste, en el período 1970-2015 esta concentración aumentó a una tasa promedio de 166 ppm/siglo, superando las 400 ppm en la actualidad. La concentración de CH<sub>4</sub>, por su parte, ha aumentado de un promedio de 2 partes por billón (ppb)/siglo durante el holoceno a 575 ppb/siglo en el período 1984-2015, pasando de 722 ppb en el año 1750 a 1810 ppb el 2012 (Gaffney & Steffen, 2017).

#### **1.4.2 Gases de efecto invernadero.**

En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y O<sub>3</sub>. Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, como el SF<sub>6</sub>, los HFC y los PFC (Aristizaba, 2007).

##### **1.4.2.1 CO<sub>2</sub>**

El carbono es el cuarto elemento más abundante en el universo y en la Tierra es básico para la vida, de hecho, el ser humano es en un 18% carbono. Mezclado con oxígeno se convierte en CO<sub>2</sub>: los seres humanos lo exhalan al respirar y a las plantas les hace falta para hacer la fotosíntesis. El ciclo del CO<sub>2</sub> ha funcionado durante miles de años dentro de un cierto equilibrio natural que se ha roto cuando, a las fuentes naturales de CO<sub>2</sub> (la respiración de los seres vivos, la descomposición orgánica, los incendios forestales, las erupciones volcánicas, etc.), el hombre ha ido añadiendo cada vez más y más fuentes al quemar los combustibles fósiles para el desarrollo de su economía. Esto ha incrementado sus emisiones causando aumentos sin precedentes de las temperaturas.

El CO<sub>2</sub> es el gas que más afecta al medio ambiente y es responsable del 60% del efecto invernadero y desde la Revolución Industrial, 1760-1870 la concentración global de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por la industrialización se ha incrementado 40% (Aristizaba, 2007).

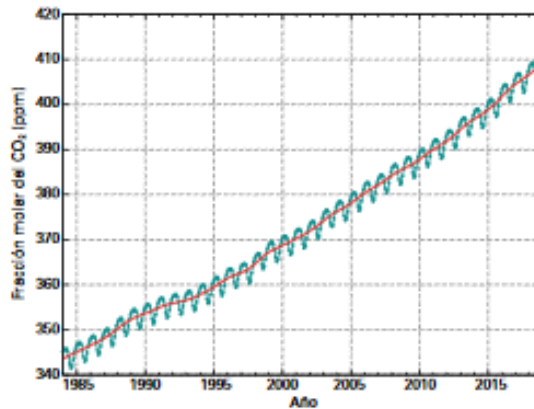


Gráfico 1: Índice de crecimiento anual de la concentración de CO2. Fuente: OMM 2019

#### 1.4.2.2 CH<sub>4</sub>

El CH<sub>4</sub> es un GEI que aproximadamente el 40% es emitido a la atmósfera y procede de fuentes naturales. Fundamentalmente se emiten a partir de la descomposición de la materia orgánica en ambientes pobres en oxígeno, y sus principales productores son el ciclo digestivo del ganado, ciertos cultivos, los vertederos y, en menor proporción, los incendios forestales, la actividad de las termitas y otros insectos.

El CH<sub>4</sub> es un gas de invernadero muy potente. En 100 años, una tonelada de este gas podría calentar el planeta 23 veces más que una tonelada de CO<sub>2</sub>. El CH<sub>4</sub>, es responsable del 18% del efecto invernadero.

Se estima que en torno al 60% proviene de la actividad humana y permanece en la atmósfera alrededor de 12 años. Desde 1750 la concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera ha aumentado en un 150% (Mundial, 2014).

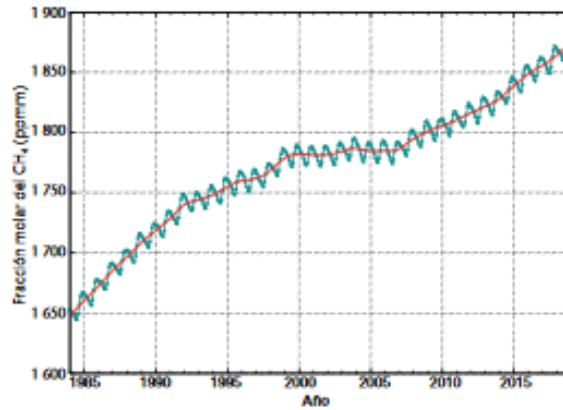
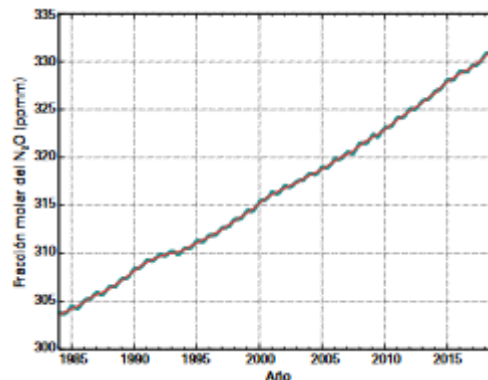


Gráfico 2: Índice de crecimiento anual de la concentración de CH<sub>4</sub>. Fuente: OMM 2019

### 1.4.2.3 N<sub>2</sub>O

El N<sub>2</sub>O es un GEI con una capacidad de retención de calor a largo plazo 300 veces mayor que el CO<sub>2</sub>. La principal actividad humana que genera emisiones de este gas a la atmósfera es la agricultura, pues la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados libera, entre otras cosas este gas, el cual se acumula en la atmósfera, mantos freáticos y en la tierra. Es el tercer GEI más importante, contribuye aproximadamente al 6% del forzamiento radiactivo total ocasionado por los GEI de larga duración. Permanece en la atmósfera durante aproximadamente 114 años y desde 1750 la concentración de N<sub>2</sub>O en la atmósfera ha aumentado en un 20% (Mundial, 2014).



#### **1.4.2.4 Gases Fluorados**

Los gases fluorados comenzaron a usarse a principios de los 90 para sustituir a las sustancias que agotan la capa de ozono. Los gases fluorados son empleados, entre otras aplicaciones, como refrigerantes, agentes extintores de incendios, disolventes y para la fabricación de espumas aislantes e incluyen, entre otras, las siguientes sustancias: HFC, PFC, SF<sub>6</sub>.

Los HFC son el grupo más común de gases fluorados y son empleados en varios sectores y equipamientos como sustancias refrigerantes. Principalmente podemos encontrar estos gases en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, bombas de calor, como agentes espumantes, en extintores de incendios, como propelentes en aerosoles y en disolventes.

Los PFC son típicamente empleados en el sector electrónico (por ejemplo, para la limpieza mediante plasma de láminas de silicio), así como en la industria cosmética y farmacéutica (por ejemplo, para la extracción de productos naturales como las esencias de origen natural). En menor medida también se emplean en refrigeración en combinación con otros gases. En el pasado estas sustancias eran empleadas como extintores de incendios y aún podemos encontrarlas en sistemas antiguos de protección contra incendios.

El SF<sub>6</sub> se emplea principalmente como gas aislante, para el enfriamiento del arco voltaico en equipos de conmutación de alta tensión, y como gas de recubrimiento en la producción de magnesio y aluminio (Demográfico).

Son gases de fuerte efecto invernadero, hasta 15.000 veces superior a una molécula de CO<sub>2</sub> y su contribución al efecto del calentamiento global ha alcanzado el 5%. Su tiempo de residencia en la atmósfera es largo, en torno a los 260 años, aunque los PFC tienen una duración de 50.000 años, y el SF<sub>6</sub> de 3.200 años (Instituto Sindical de Trabajo).

## **1.5 CONSECUENCIAS**

El cambio climático ya es una realidad y así lo deja claro el Quinto Informe del IPCC (2014), donde se detalla por ejemplo que desde 1880 a 2012 la temperatura media mundial aumentó 0,85°C, el nivel medio mundial del mar ascendió 19 cm. debido al hielo derretido por el calentamiento con una pérdida de  $1,07 \times 10^6$  km<sup>2</sup> de hielo cada década desde 1979. Lo anterior a causa del exceso de GEI, lo que está perjudicando tanto a nuestros ecosistemas como a nuestros modos de vida.

De continuar esa tendencia, el año 2100 se proyecta una concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de a lo menos 670 ppm y un aumento en la temperatura media superficial de entre 2,6°C y 4,8°C en el periodo 2081- 2100 con respecto al período 1861-1880 (Climático, 2014) ocasionando graves impactos sobre la vida en el planeta.

Las evidencias y consecuencias del cambio climático, a escala mundial incluyen cambios en los patrones de precipitación, vientos y pautas de circulación atmosférica y oceánica, frecuencia e intensidad de eventos extremos, así como en la productividad de la agricultura, las pesquerías y sobre la biodiversidad (Climático, 2019).

También observaremos consecuencias en la disponibilidad y calidad de elementos básicos para nuestro diario vivir, tales como: agua, alimentos y tierra. Hoy la escasez de agua afecta al 40% de la población mundial (Unidas, 2018) y casi un tercio no tiene acceso a agua potable segura (Salud, 2017); el hambre también aumenta, en 2016 el 11% de la población mundial padeció hambre crónica (O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. Agricultura, 2018) y entre 1990 y 2015 la superficie total de bosque nativo disminuyó en 11% (Keenan et al., 2015).

El cambio climático es un problema mundial, pero su situación más grave se dará en países que están en vías de desarrollo debido a su mayor vulnerabilidad, expresada en sus condiciones geográficas, bajos ingresos, dependencia de la agricultura y su compleja capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas (Gass, 2007).

El IPCC evalúa bajo distintos escenarios los potenciales cambios del sistema climático. En su último reporte (2014) dice que en todos los escenarios la temperatura seguirá en aumento, los eventos extremos serán más frecuentes (olas de calor, precipitaciones y sequías), mientras el mar seguirá calentándose e incrementando su nivel medio.

## **1.6 TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS** **(RCP)**

Las Trayectorias de concentración representativas (RCP por sus siglas en inglés) son escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero. Las trayectorias de concentración representativas generalmente hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta el año 2100, para las cuales los modelos de evaluación integrados han producido los correspondientes escenarios de emisión. En el Quinto Informe de Evaluación del IPCC se han seleccionado de la literatura publicada las siguientes cuatro trayectorias de concentración representativas elaboradas a partir de modelos de evaluación integrados como base para las predicciones y proyecciones climáticas.

RCP2,6: Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente  $3 \text{ W m}^{-2}$  antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100).

RCP4,5 y RCP6,0: Dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente  $4,5 \text{ W m}^{-2}$  y  $6 \text{ W m}^{-2}$  después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las concentraciones después de 2150).

RCP8,5 Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores superiores a  $8,5 \text{ W m}^{-2}$  en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempos (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que

sean constantes las emisiones después de 2100 y sean constantes las concentraciones después de 2250) (Climático, 2014).

## **1.7 SITUACIÓN ACTUAL NACIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

El cambio climático es un acontecimiento global del que Chile no está exento y el cual impacta directamente en los derechos humanos de todos sus habitantes, y en especial, en el derecho a la vida, la salud, la alimentación, el agua, la vivienda, el desarrollo y la libre determinación.

Chile según los criterios de vulnerabilidad establecidos por la CMNUCC es un país altamente vulnerable al cambio climático. Lo anterior es resultado del hecho que el país posee 7 de las 9 características que componen dicho índice, a saber: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos.

La economía chilena se basa principalmente en la producción primaria y en la explotación de recursos naturales, los que aportan más del 50% de los ingresos totales por exportaciones del país y sobre el 17% del PIB nacional (minería, pesca y sector silvoagropecuario, fundamentalmente). Este intenso uso de recursos naturales ha traído como consecuencia un deterioro del medio ambiente, un aumento de la contaminación ambiental, y un agotamiento de los recursos naturales (A. C. d. P. C. S. d. I. N. U. e. Chile, 2018).

Lo anterior explica resultados como el de Global Climate Risk Index 2019, el cual indicó a Chile como el país número 16 en un ranking de países más afectados por el cambio climático, según un análisis que recoge el número de pérdidas totales causadas por eventos climáticos, el número de muertes, los daños asegurados y los daños económicos totales. La conclusión del estudio confirma resultados de ediciones anteriores del ranking: los países menos desarrollados generalmente están más afectados que los países industrializados (David Eckstein, 2019).

CRI Rank	Country	CRI score	Fatalities in 2017		Fatalities per 100 000 inhabitants		Losses in US\$ million (PPP)		Losses per unit GDP in %	
			Total	Rank	Total	Rank	Total	Rank	Total	Rank
24	Albania	35.83	5	78	0.174	34	275.47	43	0.765	13
123	Algeria	112.50	1	101	0.002	107	0.04	116	0.000	122
98	Angola	83.17	11	59	0.039	79	7.65	88	0.004	97
13	Antigua and Barbuda	20.67	3	86	3.297	4	1 101.44	24	45.932	3
49	Argentina	55.50	9	64	0.020	91	1 565.82	23	0.170	32
124	Armenia	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
18	Australia	30.33	31	30	0.125	43	3 418.74	10	0.274	28
42	Austria	52.67	5	78	0.057	69	654.09	30	0.148	35
111	Azerbaijan	95.33	5	78	0.051	72	0.08	112	0.000	119
124	Bahrain	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
9	Bangladesh	16.00	407	4	0.249	19	2 826.68	14	0.410	20
124	Barbados	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
124	Belarus	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
82	Belgium	77.00	3	86	0.026	85	126.51	58	0.024	74
124	Belize	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
120	Benin	107.50	0	108	0.000	108	0.27	109	0.001	106
124	Bhutan	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
39	Bolivia	47.67	22	44	0.199	30	48.95	74	0.058	54
58	Bosnia and Herzegovina	61.00	0	108	0.000	108	772.36	28	1.723	7
75	Botswana	72.17	0	108	0.000	108	123.43	59	0.316	25
79	Brazil	74.67	30	32	0.014	98	264.46	46	0.008	87
124	Brunei Darussalam	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
53	Bulgaria	58.17	13	54	0.184	32	29.70	75	0.019	78
124	Burkina Faso	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
76	Burundi	72.50	9	64	0.083	51	0.97	101	0.012	84
115	Cambodia	100.67	3	86	0.019	95	0.29	108	0.000	110
112	Cameroon	97.00	1	101	0.004	104	5.12	91	0.006	91
47	Canada	52.67	15	53	0.041	78	1 773.78	19	0.100	44
124	Cape Verde	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
96	Central African Republic	82.83	4	82	0.080	52	0.09	111	0.003	100
124	Chad	116.00	0	108	0.000	108	0.00	124	0.000	124
16	Chile	27.17	40	24	0.218	28	1 039.66	25	0.230	29
31	China	42.33	396	5	0.028	84	30 503.26	3	0.131	39
90	Chinese Taipei	81.67	3	86	0.013	99	278.46	48	0.019	79

Tabla 1: Ranking de países más afectados por el cambio climático. Fuente: Global Climate Risk Index 2019.

La contribución de Chile en cuanto a emisiones es baja, las emisiones nacionales de GEI no exceden el 0,3 % de las emisiones mundiales, y su estructura reproduce muy cercanamente el promedio a nivel mundial, dominada por la quema de combustibles fósiles. La alta tasa de crecimiento económico del país ha incidido en el incremento acelerado de las emisiones de GEI. En efecto, los datos indican que estas emisiones registradas en el país aumentaron en un 113,4% desde 1990 y en un 19,3% desde 2010, liderando las emisiones per cápita a nivel continental.

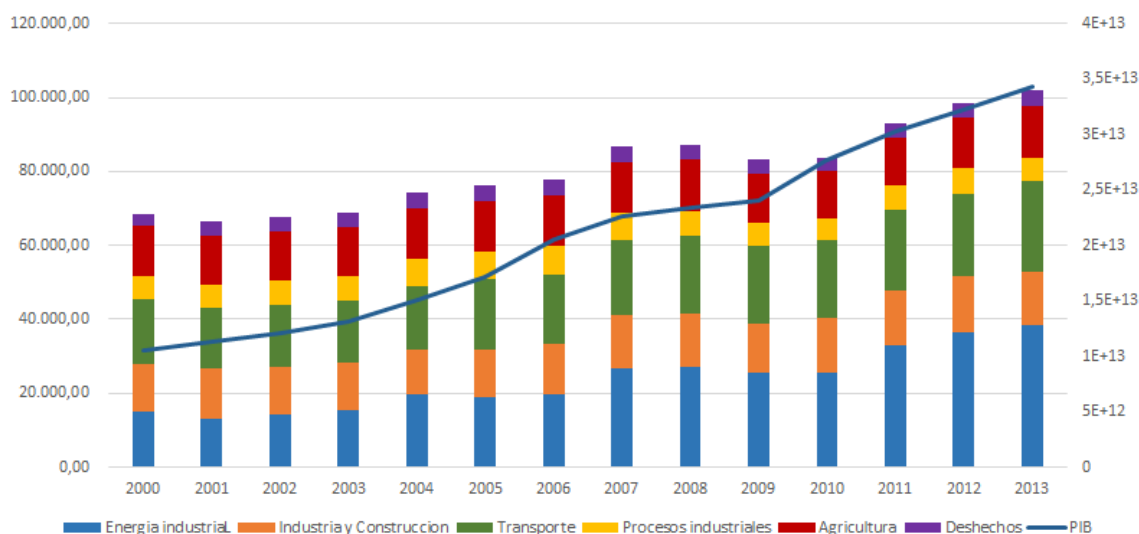


Gráfico 4: Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en línea con el crecimiento económico. Fuente: Análisis Conjunto de País (CCA) ONU 2018

Según la ONU, Chile destaca por su compromiso con las estrategias globales orientadas a disminuir los efectos del cambio climático, la desertificación, degradación de la tierra y sequía, así como a incorporar la reducción del riesgo de desastres como parte de su estrategia de desarrollo sostenible. En efecto, el país ha suscrito y ratificado diversos acuerdos multilaterales (Protocolo de Kioto, Acuerdo de París y bilaterales sobre la materia), además de aprobar recientemente un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y en proceso de promulgación del Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático.

### 1.7.1 Contribuciones determinadas a nivel nacional

El año 2020 Chile actualizó sus NDC en forma paralela a la elaboración del Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático para Chile, por lo que la actualización fue diseñada de tal forma que permitiera alinear los compromisos climáticos internacionales con las directrices e instrumentos que propone el Proyecto de Ley:

La contribución de nuestro país está construida, después de su última actualización, en base a tres ejes fundamentales: Mitigación, Adaptación e Integración, ejes que

se sostienen bajo la idea de “Pilar Social de Transición Justa-Desarrollo Sostenible” el cual considera en el diseño, implementación y seguimiento de cada compromiso, los siguientes criterios.

- a) Sinergia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible:
- b) Transición justa
- c) Seguridad hídrica:
- d) Equidad e igualdad de género
- e) Costo-eficiencia
- f) Soluciones basadas en la naturaleza (SbN):
- g) Consideración de tipos de conocimientos
- h) Participación activa

Actualmente en estas NDCs destacan los siguientes puntos:

- Mitigación: En comparación con la NDC de 2015, la que comprometía alcanzar niveles de emisiones anuales absolutas comprometidas al 2030 del orden de 123 MtCO<sub>2</sub>eq, esta nueva contribución compromete niveles de emisiones absolutas anuales de hasta 95 MtCO<sub>2</sub>eq al 2030.
- Adaptación: Al 2025, se habrán fortalecido las capacidades y la institucionalidad de cambio climático a nivel regional y se habrá iniciado la implementación de acciones de adaptación, mitigación y los medios de implementación necesarios, a través de los planes de acción regionales de cambio climático en 10 regiones del país, y al 2030 las 16 regiones del país contarán con dicho instrumento.
- Integración, Uso de Tierra, Cambio del Uso de Tierra y Silvicultura (UTCUTS): a) Chile se compromete al manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas (ha) de bosques nativos, representando capturas de GEI en alrededor de 0,9 a 1,2 MtCO<sub>2</sub>eq anuales, al año 2030. b) Forestación de 200.000 hectáreas, de las cuales al menos 100.000 ha corresponden a cubierta forestal permanente, con al menos 70.000 ha con especies nativas. La recuperación y forestación se realizará en suelos de aptitud preferentemente forestal y/o en áreas prioritarias de conservación, que

representarán capturas de entre 3,0 a 3,4 MtCO<sub>2</sub>eq anuales al 2030 (Sustentabilidad, 2020).

### **1.7.2 Inventario nacional de emisiones de GEI Chile**

El INGEI fue desarrollado de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 (Climático, 2006) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Algunos puntos clave del INGEI de Chile serie 1990-2018 son:

- En el 2018, las emisiones de GEI totales del país (excluyendo UTCUTS) fueron de 112.313 ktCO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 128% desde 1990 y en un 2% desde 2016. El principal GEI emitido fue el CO<sub>2</sub> (78%), seguido del CH<sub>4</sub> (13%), N<sub>2</sub>O (6%), y los Gases fluorados (3%).
- El sector Energía es el principal emisor de GEI representando el 77% de las emisiones totales en 2018, mayoritariamente por las emisiones producto de la quema de carbón mineral y gas natural para la generación eléctrica; y de combustibles líquidos para el transporte terrestre.
- El sector UTCUTS es el único que absorbe GEI en el país, y se mantiene como sumidero durante toda la serie temporal. En el 2018, el balance de GEI contabilizó - 63.992 ktCO<sub>2</sub>eq debido principalmente al incremento de la biomasa en renovables de bosque nativo y en plantaciones forestales. Se destaca un máximo de emisiones del sector en 2017 cuando fueron afectadas 570.000 ha por incendios en tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales (Ambiente, 2020).
- El balance entre emisiones y absorciones de GEI de Chile (incluyendo UTCUTS) alcanzó los 48.321 ktCO<sub>2</sub>eq

Sector	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
1. Energía	33.631,4	51.746,4	66.607,7	79.901,3	86.191,0	86.896,1	86.954,3
2. IPPU	2.224,2	4.803,6	4.279,6	5.084,5	5.977,1	6.079,8	6.611,3
3. Agricultura	11.834,8	13.708,9	12.921,1	12.597,4	11.881,3	11.724,0	11.789,4
4. UTCUTS	-60.152,6	-73.364,3	-76.966,4	-77.561,5	-74.697,9	-11.710,3	-63.991,9
5. Residuos	1.519,0	2.742,6	4.133,6	5.095,1	6.106,6	6.515,7	6.957,6
Balance <sup>1</sup>	- 10.943,1	- 362,9	10.975,6	25.116,9	35.458,2	99.505,3	48.320,7
Total <sup>2</sup>	49.209,5	73.001,4	87.942,1	102.678,4	110.156,0	111.215,6	112.312,6

Tabla 2: INGEI de Chile. Balance y emisiones totales de GEI (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector. Fuente: INGEI 2020.

### 1.7.3 Tendencia de las emisiones de GEI en Chile por gas

En 2018, las emisiones de GEI totales estuvieron dominadas por el CO<sub>2</sub>, representando un 78%, seguido del CH<sub>4</sub> con un 13%, del N<sub>2</sub>O con un 6% y de los gases fluorados que contabilizan colectivamente un 4%

GEI	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
CO <sub>2</sub>	32.252,8	53.317,9	67.152,5	80.260,6	86.507,2	87.003,0	87.191,7
CH <sub>4</sub>	11.527,6	13.034,0	12.948,5	13.842,6	14.214,8	14.376,9	14.758,9
N <sub>2</sub> O	5.412,0	6.461,2	6.497,0	6.440,0	6.368,0	6.442,6	6.419,9
Gases fluorados	17,2	188,2	1.344,1	2.135,2	3.066,0	3.393,1	3.942,0
Total	49.209,5	73.001,4	87.942,1	102.678,4	110.156,0	111.215,6	112.312,6

Tabla 3: INGEI de Chile. Emisiones de GEI total por gas (ktCO<sub>2</sub>eq). Fuente: INGEI 2020

#### 1.7.3.1 CO<sub>2</sub>

En 2018, las emisiones de CO<sub>2</sub> totales contabilizaron 87.192 ktCO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 170% desde 1990 y en un 1% desde 2016 (Tabla 4). El sector de mayor relevancia es Energía con un 97% debido principalmente a la quema de combustibles fósiles; lo sigue el sector IPPU con un 3% debido a la producción de hierro y acero; luego el sector Agricultura con un 1% por la quema de residuos agrícolas; y finalmente el sector Residuos, con menos de un 1% asociado a la quema de residuos hospitalarios.

Sector	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
1. Energía	30.156,6	48.971,8	63.929,8	77.111,6	83.319,6	84.086,6	84.141,9
2. IPPU	1.868,5	3.951,5	2.714,8	2.596,8	2.697,6	2.427,6	2.559,0
3. Agricultura	203,4	366,5	470,1	509,3	445,4	442,9	440,8
5. Residuos	24,2	28,1	37,8	42,9	44,6	45,9	50,0
Total	32.252,8	53.317,9	67.152,5	80.260,6	86.507,2	87.003,0	87.191,7

Tabla 4: INGEI de Chile. Emisiones de CO<sub>2</sub> totales (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector. Fuente: INGEI 2020

### 1.7.3.2 CH<sub>4</sub>

En 2018, las emisiones de CH<sub>4</sub> totales contabilizaron 14.759 ktCO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 28% desde 1990 y en un 4% desde 2016 (Tabla 5). El sector Residuos es el de mayor relevancia respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub>, con un 44% debido principalmente a la metanogénesis de los residuos sólidos en sitios de disposición final y las aguas servidas domiciliarias; lo sigue el sector Agricultura, con un 43% debido a la fermentación entérica del ganado; el sector Energía aporta con el 12%, asociado al uso de leña en el sector residencial; y el sector IPPU con un 0,2%, generado por la producción de metanol.

Sector	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
1. Energía	3.161,8	2.240,0	1.948,2	1.897,9	1.873,0	1.812,2	1.796,5
2. IPPU	54,3	171,0	57,1	21,0	22,3	23,4	34,5
3. Agricultura	7.002,9	8.151,2	7.152,5	7.195,7	6.598,3	6.419,9	6.380,6
5. Residuos	1.308,5	2.471,9	3.790,7	4.728,0	5.721,3	6.121,4	6.547,3
<b>Total</b>	<b>11.527,6</b>	<b>13.034,0</b>	<b>12.948,5</b>	<b>13.842,6</b>	<b>14.214,8</b>	<b>14.376,9</b>	<b>14.758,9</b>

Tabla 5: INGEI de Chile. Emisiones de CH<sub>4</sub> totales (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector. Fuente: INGEI 2020

### 1.7.3.3 N<sub>2</sub>O

En 2018, las emisiones de N<sub>2</sub>O totales contabilizaron 6.420 ktCO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 19% desde 1990 y en un 1% desde 2016 (Tabla 6). El sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de N<sub>2</sub>O es Agricultura, con un 78% debido principalmente a las actividades pecuarias asociadas con el estiércol y orina depositados directamente en el suelo; lo sigue el sector Energía, que aporta con un 16% asociado con el uso de automóviles; el sector Residuos aporta un 6%, generado por el tratamiento de aguas servidas domiciliarias; y finalmente, el sector IPPU con un 1%, debido a la producción de ácido nítrico.

Sector	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
1. Energía	312,9	534,6	729,6	891,9	998,4	997,3	1.015,8
2. IPPU	284,2	492,9	163,7	331,5	191,1	235,7	75,8
3. Agricultura	4.628,4	5.191,2	5.298,6	4.892,4	4.837,6	4.861,2	4.968,1
5. Residuos	186,4	242,6	305,1	324,2	340,8	348,4	360,3
<b>Total</b>	<b>5.412,0</b>	<b>6.461,2</b>	<b>6.497,0</b>	<b>6.440,0</b>	<b>6.368,0</b>	<b>6.442,6</b>	<b>6.419,9</b>

Tabla 6: INGEI de Chile. Emisiones de N<sub>2</sub>O totales (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector. Fuente: INGEI 2020

### 1.7.3.4 Gases fluorados

En 2018, las emisiones de gases fluorados contabilizaron 3.942 ktCO<sub>2</sub>eq. Si bien estos gases son los menos relevante en términos de las emisiones totales, destaca el importante incremento del 22.850% desde 1990 y del 29% desde 2016 (Tabla 7), lo que refleja la creciente importancia de estos GEI. El sector IPPU es el único sector que genera emisiones por gases fluorados en el país, principalmente por el Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

GEI	1990	2000	2010	2013	2016	2017	2018
HFC	0,0	144,4	1.245,6	2.057,7	2.978,2	3.285,9	3.829,8
PFC	NO	NO	0,2	0,2	1,0	0,9	0,8
SF <sub>6</sub>	17,1	43,8	98,3	77,3	86,8	106,4	111,4
Total	17,2	188,2	1.344,1	2.135,2	3.066,0	3.393,1	3.942,0

Tabla 7: INGEI de Chile. Emisiones de Gases fluorados (ktCO<sub>2</sub>eq) por grupo. Fuente: INGEI 2020

### 1.7.4 Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022

El plan de acción nacional de cambio climático es un instrumento de política pública que integra y orienta las acciones a tomar con respecto al cambio climático. Se enfoca en: Implementar medidas de adaptación al cambio climático; buscar reducir la actual vulnerabilidad de nuestro país; cumplir con los compromisos internacionales ante la CMNUCC a través de sus NDC y generar capacidades en materia de cambio climático a nivel gobierno nacional, sector privado, academia y comunidad en general.

El plan busca principalmente hacerse cargo del compromiso de Chile ante el mundo, presentado el 2015 y actualizado el 2020 que se basa en desacoplar el crecimiento de las emisiones de GEI de manera que al año 2030 las emisiones sean entre 30% a 45% menos respecto al PIB.

Parte importante del plan busca establecer bases institucionales, operativas y de capacidades necesarias para avanzar en la gestión del cambio climático en el territorio, a través del gobierno regional y comunal e incorporando a todos los actores sociales.

El plan posee un principio precautorio, el cual considera que, en caso de riesgo de daños graves e irreversibles al medioambiente o la salud humana, la ausencia de certeza científica absoluta no podrá servir de pretexto para postergar la adopción de medidas efectivas de prevención del deterioro ambiental (Ambiente, 2017).

#### **1.7.5 Institucionalidad del Cambio Climático en Chile.**

El 2010 se crea el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) a través de la Ley n° 20.417 que modifica la Ley 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente. Ésta, en su artículo 70, letra h, establece que le corresponde especialmente al MMA promover políticas y formular los programas y planes de acción en materia de cambio climático. El mismo año se crea la Oficina de Cambio Climático (OCC) bajo el alero de la Subsecretaría de Medio Ambiente, oficina que en el año 2017 pasa a ser la División de Cambio Climático (DCC).

El MMA considera las competencias de otros sectores a través del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS), el cual es un órgano de deliberación de la política pública y regulación general en materia ambiental. Lo preside el Ministro de Medio Ambiente y lo componen sus pares de Hacienda, Agricultura, Salud, Economía, Fomento y Reconstrucción, Energía, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Minería y Desarrollo Social.

El 2016 se forma la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, la cual tiene por objetivo fomentar la inclusión de la problemática cambio climático en el sector privado a través de acuerdos público-privados.

Es así como también nace un componente a nivel regional llamado Comité Regional de Cambio Climático (CORECC), presididos por los intendentes e intendentas regionales y conformados por representantes del Gobierno Regional, del Consejo Regional, gobernaciones provinciales, el punto focal de cambio climático de la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Medio Ambiente, delegados de la SEREMI y servicios públicos de otros ministerios miembros del Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC), Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, representantes de los municipios, representantes del Consejo

Consultivo Regional y otras instancias o personas definidas por los CORECC. Su objetivo es promover la integración de la temática cambio climático en las políticas públicas regionales en coherencia y sinergia con las políticas nacionales, las estrategias regionales de desarrollo y las políticas y actividades sectoriales regionales. Además, deben incentivar la búsqueda de recursos regionales para medidas y acciones, cuantificación de impactos y mitigación, adaptación y creación de capacidades a nivel regional (Ambiente, 2017).

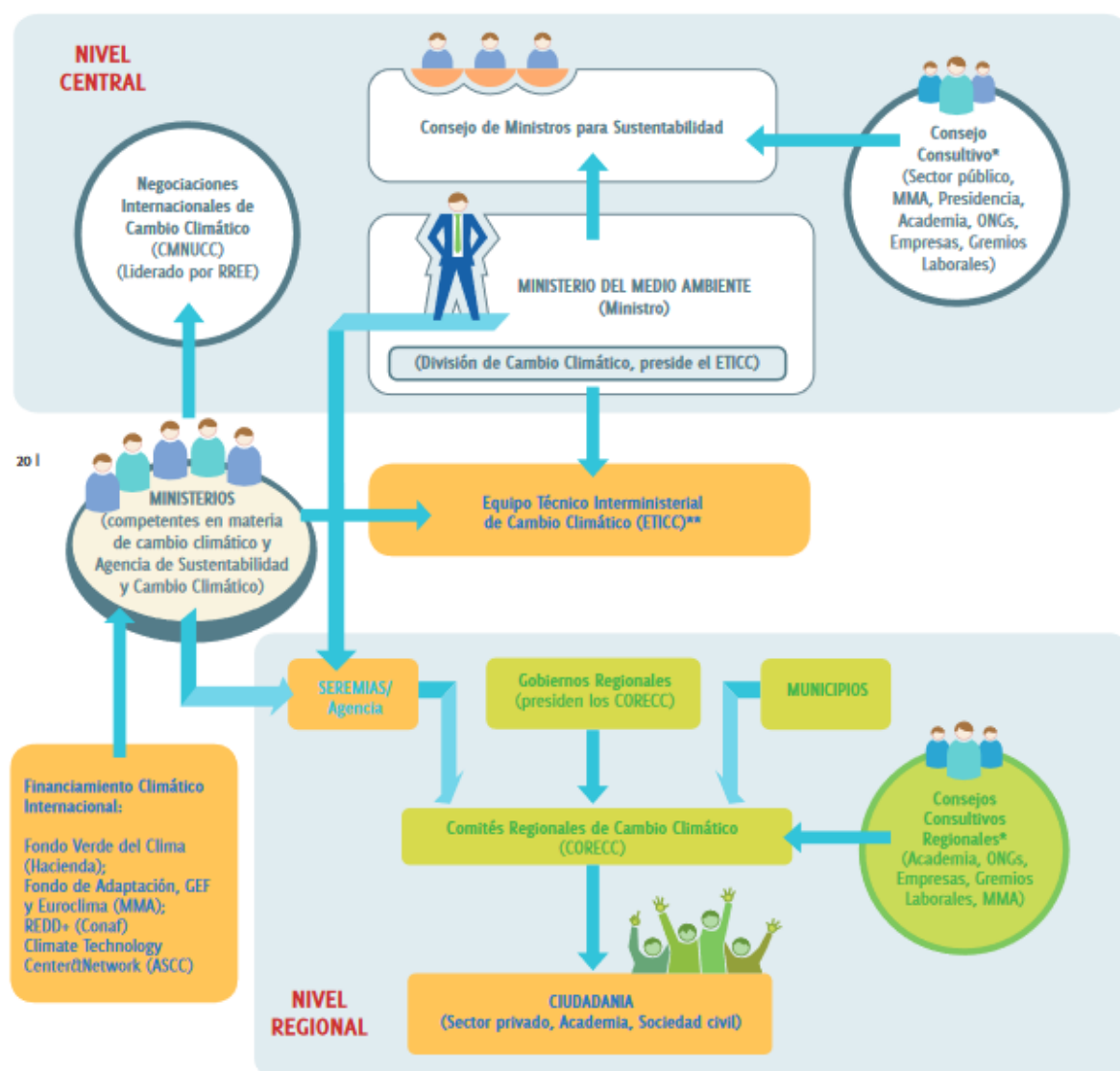


Figura 2: Institucionalidad del cambio climático en Chile Fuente: Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022

### 1.7.6 Marco jurídico

Chile no cuenta con un marco jurídico que permita asignar responsabilidades de reducción de emisiones o exigir implementación y reporte de medidas de mitigación de emisiones y adaptación a los impactos del cambio climático. Lo que sí existe es un proyecto de Ley Marco de Cambio Climático, que busca: En primer lugar establecer la gobernanza climática, facultades y obligaciones de los organismos del Estado para la acción climática, a nivel vertical (nacional a municipal) como a nivel horizontal (distintos sectores), en segundo lugar institucionalizar la visión del Estado, estableciendo en la Ley la meta de carbono neutralidad, para lo cual no existe herramienta jurídica más fuerte para asegurar el cumplimiento de esta meta y, por último, flexibilizar la acción del Estado, permitiendo ajustar medidas según los cambios económicos, tecnológicos, internacionales, aprendizajes, etcétera (M. M. Ambiente, 2019).

El actual marco jurídico permite diagnosticar en alguna medida nuestra actual condición en términos medioambientales, existe normativa que define conceptos y parámetros para determinar qué es y qué no es contaminación. La actual Constitución Política de la República en su artículo 19 N° 8 garantiza el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación (Interior, 1980), aunque esta disposición viene con “letra chica”, contenida en la Ley de Medio Ambiente N° 19.300, que define el concepto de contaminación como la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente (PRESIDENCIA, 1994). Esto significa que sólo se entiende por contaminación aquello que está definido en alguna regulación vigente, es decir, si un contaminante presenta concentraciones que no están definidas, simplemente no es considerado un contaminante para las leyes del país.

Así, la forma que tiene la regulación chilena para reconocer un contaminante es a través del establecimiento de normas en relación al agua, aire o suelo, en las que se determinan concentraciones máximas permitidas. Estas normas pueden ser de dos tipos: de calidad o de emisión. Las normas de calidad establecen parámetros, es decir, niveles permitidos para un contaminante a nivel del país; es el caso de la norma del MP 2,5. En cambio, las normas de emisión son aquellas que establecen

parámetros para uno o más contaminantes medidos en la fuente emisora, por ejemplo, la norma de emisión para centrales termoeléctricas.

Pese a contar con definiciones de conceptos y un marco regulatorio general, nuestro país no ha elaborado normas de calidad ni emisión para aire, agua o suelo para muchos de los contaminantes presentes en Chile. Es más, pese a que la ley ambiental es del 1994, el proceso de elaboración de normas ha sido extremadamente lento, lo que lleva a preguntarse por la razón de esta demora. La respuesta es bastante simple: según nuestro marco regulatorio aquello que no está normado no es contaminación y esto favorece el desarrollo de actividades productivas con bajo nivel de control.

La ley ambiental, además, acuña dos conceptos relevantes: el de zonas saturadas y latentes. Las zonas saturadas son aquellas en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas. En tanto, zona latente es aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental (PRESIDENCIA, 1994). En Chile existe un total de 27 zonas saturadas o latentes (Ambiente, 2012-2016), evidencia de que 6 de cada 10 chilenos vive en alguna de las 20 zonas saturadas, de las cuales seis están ubicadas en la zona norte, cinco en el centro y nueve en el sur. En términos porcentuales, se trata del 59,7% de la población nacional, es decir, 10.494.218 personas, de acuerdo a datos procesados por el geógrafo UC Juan Correa.

El caso de la Región Metropolitana es especial, dado que es la única que está declarada en su totalidad como zona saturada, por lo tanto, aporta con un 40,47% de la población del país que vive en un sector altamente contaminado. Otras urbes que están saturadas son Talca, Concepción, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique ((CR)2, 2018).

## **1.8 SITUACIÓN ACTUAL EN EL GRAN CONCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

La zona del Gran Concepción conocida también como Concepción Metropolitana, es una conurbación urbana de 2.102 km<sup>2</sup>, integrada por diez comunas: Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualpén, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Talcahuano y Tomé. La población total de dichas comunas alcanza los 917.285 habitantes según el Censo 2017.

Espacialmente se ubica en la zona centro de la Región del Biobío, emplazada en torno a la bahía de Concepción y la desembocadura del río Biobío a los pies de la cordillera de la costa.

La clasificación climatológica de la región corresponde a un clima templado cálido, con estación seca de 5 a 4 meses. El régimen térmico de la zona es suavizado por la acción moderadora que ejerce el mar, manifestándose en leves amplitudes diarias y anuales. Las temperaturas medias anuales registran fluctuaciones moderadas entre el sector costero y la cordillera andina, con valores medios del ciclo diario promedio de temperatura mínima cercanos a las 6°C y a máximas de 13°C para el mes de julio (mes más frío) y temperaturas mínimas promedio del orden de 10°C y máxima cercana a 22°C para el ciclo diario del mes de febrero (mes más cálido).

Las precipitaciones aumentan sus registros en forma proporcional a medida que aumenta la latitud y a medida que avanzamos desde la costa hacia la cordillera de Los Andes, presentando en el litoral registros entre 700 y 1.200mm; en la zona intermedia los valores de agua caída fluctúan entre los 950 y 1.500mm. Mientras que en la zona andina y precordillerana existes registros sobre los 1.400mm (D. O. d. l. R. d. Chile, 2019).

Respecto a las emisiones totales de GEI en la Región del Biobío el año 2018 fue de un total de 14.366 ktCO<sub>2</sub>eq (sin considerar el sector UTCUTS), representando un 12,8 % del total de emisiones de GEI nacionales. Como se ve en la Gráfica 5, Energía Estacionaria fue el principal sector emisor (57%), el que considera la quema de combustible para generación eléctrica, para Industrias y en edificaciones comerciales, públicas y residenciales. El segundo corresponde a Transporte con un 19%, el que considera la quema de combustibles para transporte terrestre,

ferroviario, marítimo y aéreo (cabotaje). A nivel nacional las emisiones totales aumentaron en un 128% desde 1990 y en un 2% desde 2016, mientras que en esta región se observa un menor incremento de emisiones directas de un 86% desde 1990 y de un 5% desde 2016. La tendencia general, sin UTCUTS, ha estado dominada por las variaciones en el consumo de combustible para la generación eléctrica y en la industria manufacturera. Por otra parte, el sector UTCUTS absorbió, en suma -1.177 ktCO<sub>2</sub>eq en 2018, lo que representa el 1,8% del sector a nivel nacional. La tendencia del sector proviene principalmente de las cosechas y los incendios forestales (Ambiente, 2021).

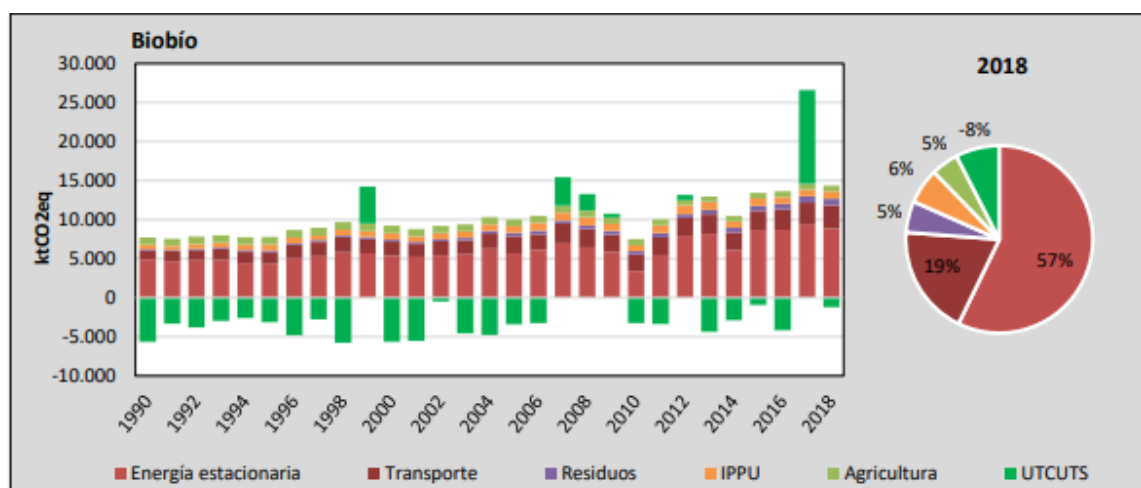


Gráfico 5: Biobío: emisiones y absorciones de GEI (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector, 1990-2018. Fuente: Equipo Técnico Coordinador MMA

Desde el punto de vista de la calidad del aire, la localización geográfica ofrece en general buenas condiciones de ventilación. Estas condiciones determinan la estacionalidad en las concentraciones de material particulado, configurando un problema de calidad de aire por el cual se ha decretado al Gran Concepción como zona latente y saturada. Entre abril y junio se observan los niveles más altos de concentración, mientras que las más bajas se observan en el periodo más cálido el cual se da entre octubre a febrero.

Durante el verano se observa un mayor impacto de las emisiones industriales debido al transporte de contaminantes provocado con los vientos Sur y Sur Oeste sin lograr generar niveles muy altos de concentración debido a las favorables condiciones de

ventilación. En el caso del invierno, el cambio predominante de los vientos reduce el impacto de las megafuentes industriales en las zonas urbanas, por lo cual el mayor aporte a las concentraciones de material particulado se atribuye a las fuentes urbanas como el uso de calefactores a leña y en menor magnitud la industria y el transporte (D. O. d. I. R. d. Chile, 2019).

### 1.8.1 Monitoreo de la calidad del aire.

El monitoreo de calidad del aire en el Gran Concepción se inicia en la década de los 90 como respuesta a la contaminación que afectaba a las comunas de Talcahuano y Coronel, asociada principalmente con la actividad del sector industrial. A partir del año 2000 la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) inicia el monitoreo permanente en las comunas de Talcahuano y Hualpén, lo cual paulatinamente fue aumentando, logrando abarcar las 10 comunas del Concepción Metropolitano. La administración de esta red de monitoreo ha estado a cargo de la SEREMI del Medio Ambiente de la Región del Biobío.

Actualmente, Concepción Metropolitano cuenta con una red de monitoreo pública de seis estaciones, ubicadas en las comunas de Coronel, Talcahuano, Concepción, Chiguayante, Hualqui y Tomé, y cuentan con representatividad poblacional. También se cuenta con estaciones privadas, regidas por el D.S N°61 de 2008, las que cuentan con representatividad poblacional para MP10 (M. d. M. Ambiente, 2019b).

N°	Estación	Comuna	Variable de medición
1	Consultorio San Vicente	Talcahuano	MP <sub>10</sub> , MP <sub>2,5</sub> , SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub>
2	Kingston College	Concepción	MP <sub>10</sub> , MP <sub>2,5</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>
3	Punteras	Chiguayante	MP <sub>10</sub> , MP <sub>2,5</sub> , SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub>
4	Cerro Merquín	Coronel	MP <sub>10</sub> y MP <sub>2,5</sub>
5	Polivalente	Tomé	MP <sub>10</sub> , MP <sub>2,5</sub> , SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub>
6	Hualqui	Hualqui	MP <sub>10</sub> , MP <sub>2,5</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

Tabla 8: Descripción de la Red Pública de Monitoreo de Calidad del Aire en Gran Concepción.

Fuente: Seremi de Medio Ambiente.

### **1.8.2 Plan de Prevención y de Descontaminación para las comunas de Concepción Metropolitano**

El 6 de marzo del año 2006 a través del D.S N° 41 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia se declara como zona latente por material particulado respirable MP10 a las comunas que integran el área metropolitana de Concepción, lo cual significo la elaboración de un plan de prevención atmosférico por material particulado respirable MP10. Nueve años más tarde, el 11 de marzo de 2015 a través del D.S N°15 el MMA declara zona saturada por material particulado fino respirable MP2,5 a las mismas comunas, lo cual significa la elaboración de un plan de descontaminación atmosférica. Es en función de estos antecedentes que el 26 de agosto de 2016 el MMA ordena la acumulación de ambos procesos y establece la elaboración de un Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para las comunas del Concepción Metropolitano el cual es publicado en el Diario Oficial el 17 de diciembre del 2019.

El PPDA tiene por objetivo dar cumplimiento a la norma primaria de calidad ambiental por MP2,5, en un plazo de 10 años y no sobrepasar los límites de latencia de la norma primaria de calidad ambiental por MP10. La población beneficiada por este Plan es de 971.285 (Estadísticas, 2017).

Contaminante	Norma	Valor 2015 µg/m <sup>3</sup>	Meta Plan µg/m <sup>3</sup>	Reducción	
				µg/m <sup>3</sup>	%
MP10	150	143	119	24	17%
MP2,5	50	89	50	39	44%

Tabla 9: Comparativa para MP2,5 y MP10 año 2015. Fuente: SEREMI del Medio Ambiente.

Para la creación del Plan se toma como insumo un estudio (C. M. M. Chile, 2008) realizado el año 2008 orientado a determinar la responsabilidad de los grandes establecimientos industriales en la contaminación por material particulado respirable, y de esta forma focalizar estrategias de control. Dicho estudio consideró la realización de campañas de monitoreo orientadas a la caracterización estacional en condiciones de invierno y verano. Los resultados obtenidos en la campaña de

invierno son concluyentes respecto a la responsabilidad de la quema de biomasa (leña), en las concentraciones de MP10 y MP2,5. Estas mediciones realizadas en una zona urbana de Concepción mostraron que los trazadores específicos de quema de biomasa explican parte importante de la composición del material particulado fino. También se observó la incidencia de emisiones atribuibles a la actividad industrial, pero su aporte es de una magnitud relativamente menor. El aporte del tráfico vehicular también produce una incidencia menor. Por su parte, los resultados obtenidos de la campaña de verano, permiten concluir que el impacto es transversal en el área, por las emisiones provenientes de la actividad industrial, tanto del sector industrial de Coronel como de Talcahuano

Las principales medidas de este plan van en la línea de mejorar el uso y calidad de la leña, el uso y mejoramiento de artefactos domiciliarios, mejoramiento de la eficiencia térmica de las viviendas, establecer un control sobre las emisiones de fuentes fijas, control de emisiones asociadas a las quemas agrícolas, forestales y domiciliarias, control de emisiones asociadas a fuentes móviles, gestión de episodios críticos de contaminación, educación y difusión ambiental, compensación de emisiones y la generación de áreas verdes y ciclovías (Ambiente, 2021).

El PPDA es un instrumento que busca regularizar los indicadores de calidad del aire, pero no está pensado para determinar, ni analizar los riesgos que significan para el Gran Concepción el cambio climático, ni menos para generar condiciones de adaptabilidad que hagan frente a esos riesgos.

## **1.9 METODOLOGÍA GENERAL PARA DETERMINAR EL RIESGO CLIMÁTICO**

Si bien nuestro país ha ido adoptando distintas medidas para enfrentar el cambio climático, es muy poco lo que se ha podido hacer a nivel comunal. Los impactos que tiene y tendrá el cambio climático deben ser evaluados criteriosamente para sí poder adoptar medidas que permitan que nuestras ciudades se adapten a estas nuevas condiciones climáticas de una forma resiliente que permita disminuir tales impactos.

Para lo anterior se propone evaluar el riesgo frente a amenazas climáticas de acuerdo a proyecciones históricas (periodo 1980-2010) y futuras (periodo multidecadal de 30 años centrado en 2050, ósea 2035-2065), este último bajo un escenario de altas emisiones de GEI (RCP8.5) de acuerdo al concepto de Riesgo de Impacto del Cambio Climático, basado en el Quinto Reporte (AR5) del Grupo de trabajo II del IPCC, 2014. Este concepto cambia el foco empleado previamente por el IPCC en su Cuarto Reporte (AR4) que se centraba en el concepto de Vulnerabilidad climática, lo que se aprecia en la figura 3 (Climático, 2014).

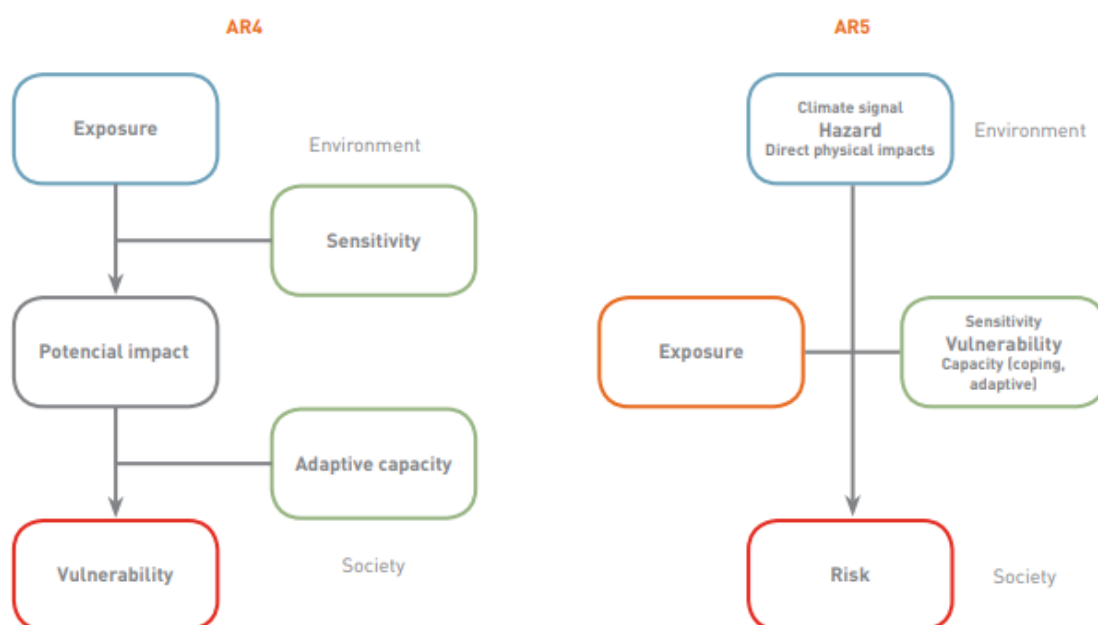


Figura 3: Elementos que definen el Riesgo climático (AR5) y diferencias con el antiguo concepto de Vulnerabilidad climática. Fuente: GIZ and EURAC (2017)

### 1.9.1 Riesgo climático

Para determinar el Riesgo climático lo primero es determinar el sistema a evaluar, el cual puede ser natural, humano o productivo. Una vez determinado el sistema, el Riesgo climático representa un indicador de la magnitud del daño que se podría esperar frente a un cambio en las condiciones climáticas sobre un territorio, sistema social o comunidad. En consecuencia, la estimación del Riesgo (R) requiere conocer tres elementos básicos: Exposición (E), Vulnerabilidad (V) y el cambio climático al cual el sistema puede reaccionar, que denominamos Amenaza (A). La

Vulnerabilidad, por su parte, está determinada por la Sensibilidad (S) y la Capacidad Adaptativa (CA) que podría expresarse como  $V = S/CA$ . La expresión del riesgo es determinada por el producto de los tres elementos y se podría expresar como  $R = E \times A \times V$ , lo que asegura que el Riesgo es cero si cualquiera de los elementos básicos es nulo, y que R aumenta conforme cualquiera de los elementos básicos lo hace.

### **1.9.2 Componentes del Riesgo Climático**

Los elementos que deben evaluarse para estimar el Riesgo climático son la Exposición, la Vulnerabilidad y la Amenaza, cuyas definiciones se presentan a continuación (für, 2019):

- Exposición

Es la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales, en lugares que podrían verse afectados negativamente. Para caracterizar la Exposición se requiere saber cómo se distribuye el objeto de estudio en el territorio. Por ejemplo, en el caso de las plantaciones forestales y nativas, la Exposición es la superficie (en  $\text{km}^2$  o ha) comunal cubierta por este tipo de paisaje.

- Vulnerabilidad:

Es la propensión o predisposición para verse afectado negativamente. La Vulnerabilidad se compone de la Sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para responder y adaptarse.

La Sensibilidad obedece a aspectos biofísicos y/o humanos –independientes del clima– que determinan el nivel de impacto que el cambio climático produciría en una determinada unidad territorial. Un ejemplo permite entender mejor este concepto: consideremos dos sectores con una cantidad comparable de población, es decir, con similar Exposición, las cuales se verán afectadas por un aumento de las olas de calor durante verano, generando así un impacto negativo en la salud de las personas. Se ha mostrado que el impacto es mayor sobre adultos mayores con enfermedades cardíacas, por lo que un posible indicador de la Sensibilidad es

precisamente la fracción de la población comunal con esa condición, la cual podría variar significativamente entre sectores (Salud., 2019).

Cuando un sistema, o parte de este cuenta con una mayor capacidad adaptativa, permite reducir su Vulnerabilidad, porque existen elementos que le permiten tener una buena respuesta frente a un impacto (capacidad de respuesta) y/o que le permiten adaptarse frente a una nueva condición (capacidad de adaptación). Esto puede darse, por ejemplo, para un municipio que cuenta con mejores elementos de gestión.

- Amenaza:

Corresponde a una condición climática cuya potencial ocurrencia puede resultar en pérdidas de vidas, accidentes y otros impactos en salud, como también en pérdidas de propiedad, infraestructura, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos medio ambientales.

Para evaluar el Riesgo en diversos sistemas frente al cambio climático se consideró la diferencia entre el clima del futuro intermedio (2035-2065) y el clima histórico reciente (1980-2010). El clima futuro supone el escenario de emisiones RCP8.5, en el cual la humanidad no ha implementado medidas de mitigación importantes de las emisiones, y las concentraciones de CO<sub>2</sub> se han incrementado de manera significativa, en conclusión, el escenario más pesimista.

Las proyecciones del clima se desarrollaron en base a múltiples Modelos de Simulaciones climáticas (GCM de la sigla en inglés). Para caracterizar las condiciones del clima histórico reciente y futuro se consideró el promedio entre 25 simulaciones de la Plataforma de Visualización de Simulaciones Climáticas del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile. Los resultados de los modelos son determinantes a la hora de establecer amenazas tales como, olas de calor, cambios en las precipitaciones anuales, aumentos en el nivel del mar, etcétera ((CR)2).

### **1.9.3 Cadenas de impacto**

Las definiciones anteriores son estándar y no permiten evaluar por si solas los sistemas y su complejidad. Siguiendo las recomendaciones metodológicas de GIZ 2017 (für, 2019), este trabajo utiliza como hilo conductor las Cadenas de Impacto representada en la Figura 4, lo que permite unir los elementos y determinar la representación del Riesgo.

Los sistemas son complejos y, en algunos casos, susceptibles de ser desagregados en subsistemas. Por ejemplo, la comuna de Hualpén es un sistema que está compuesto por varios subsistemas y es, a la vez, un subsistema de un sistema regional. Para cada sistema o subsistema se pueden identificar diversos impactos que una Amenaza climática podría producir. Por ejemplo, la población humana podría experimentar problemas de morbilidad y mortalidad o un bosque podría experimentar más incendios si aumentan y/o disminuyen ciertas variables climáticas.

Reconociendo que un sistema puede sufrir diversos impactos asociados a distintas Amenazas, se privilegiaron las cadenas con más información disponible. La evaluación requirió desarrollar una relación cuantitativa que vinculó el cambio de los factores climáticos con el nivel de impacto esperado usando como referencia variables máximas y mínimas de la comuna.

La variable más compleja de evaluar es Vulnerabilidad (que en la mayoría de los casos se reduce a Sensibilidad). En algunos casos, se hace necesario recurrir a la experiencia empírica y cuantitativa en base a estudios en Chile o el extranjero y, en otros, a una relación más cualitativa en base a entrevistas. En las aproximaciones cualitativas también fue posible caracterizar la capacidad adaptativa, en elementos de respuesta y de adaptación.

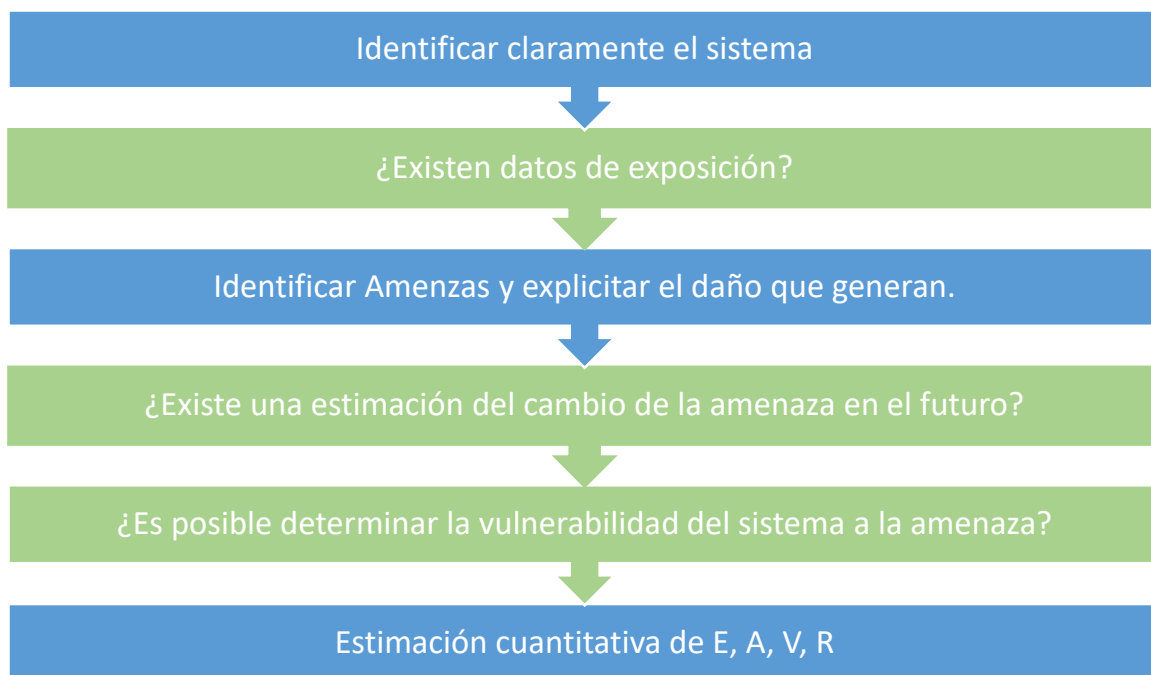


Figura 4: Pasos para cadena de Impacto viable. Los cuadros verdes son preguntas claves que deben ser respondidas afirmativamente para poder continuar a la etapa siguiente. Fuente: GIZ 2017.

#### 1.9.4 Clasificación del Riesgo

Los valores de Exposición, Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad Adaptativa y Riesgo van entre 0 y 1. La integración de los criterios realizada mediante la multiplicación de los índices de la Exposición, Sensibilidad y Amenaza nos permiten obtener como resultado el riesgo, el cual va acompañado de orientaciones y temporalidades que permiten actuar sobre él con el fin de disminuirlo en caso de ser necesario.

Valor	Riesgo	Acción y temporización
0 a 0,33	BAJO	No se requieren acciones preventivas, sin embargo, se requieren procesos de reevaluación periódicas cada 2 años
0,34 a 0,66	MEDIO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando inversiones precisas que se puedan aplicar en un plazo máximo de 2 año. Aplicadas las medidas preventivas se debe reevaluar el riesgo periódicamente cada 1 año

0,67 a 1	ALTO	Se deben aplicar medidas para reducir el riesgo en un plazo máximo de 6 meses. Aplicadas las medidas se debe reevaluar el riesgo inmediatamente y así sucesivamente hasta llegar a la clasificación de riesgo MEDIO.
----------	------	--

Tabla 10: Clasificación del riesgo. Elaboración propia.

## **2 CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DE SISTEMAS Y DETERMINACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO.**

De acuerdo a los conceptos expuestos a continuación analizaremos y cuantificaremos dos tipos de riesgo a los que están expuestos dos sistemas en la comuna de Hualpén.

### **2.1 HUALPÉN, LA COMUNA DE ESTUDIO.**

La comuna de Hualpén se ubica a 38° 41' 22'' de Latitud sur y en 73° 06' 09'' de Longitud oeste. Cuenta con una superficie de 5.363 ha. y limita al Norte y Nor-Oriente con la comuna de Talcahuano; al Nor-Poniente con el Océano Pacífico; al Sur y Sur-Oriente con la comuna de Concepción y al Sur-Poniente con la desembocadura del Río Biobío. De acuerdo al Censo 2017, la población de Hualpén es de 91.773 habitantes, lo que hace que alcance una densidad de 17,1 hab./Ha. Destaca en Hualpén, que prácticamente la mitad de su territorio (49,41%) se encuentra bajo el régimen de Santuario de la Naturaleza. La comuna de Hualpén fue creada por Ley N° 19.936 (Diario Oficial. 13.03.2004) (Hualpén, 2019).

#### **2.1.1 Geomorfología**

Geomorfológicamente, el territorio de la Comuna de Hualpén se puede dividir en dos grandes áreas de relieve bien definidas: los sectores altos conformados por el macizo peninsular de Hualpén y los sectores bajos que forman parte de la Llanura fluviovolcánica de Concepción – Talcahuano

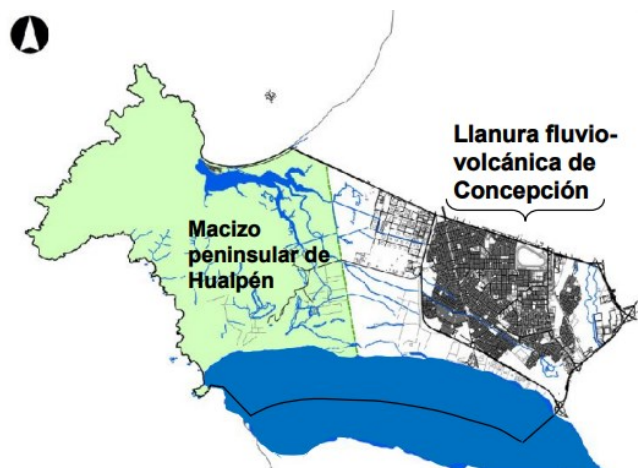


Figura 5: El macizo peninsular de Hualpén y la Llanura fluviovolcánica de Concepción Fuente: Memoria Explicativa PRC Hualpén.

- El Macizo Peninsular de Hualpén

La Península de Hualpén conforma los relieves altos de la comuna, localizada entre la Bahía de San Vicente y la desembocadura del río Biobío. Este relieve está conformado por a) dos niveles de terrazas de erosión marina; b) acantilados c) un conjunto de quebradas inscritas en las superficies de erosión; d) un sistema montañoso o abrupto; y e) playas. Este conjunto de relieves hasta hace aproximadamente 10 mil años, en el cuaternario reciente, formaba una isla antepuesta al continente, la que fue unida a éste a través de los rellenos sedimentarios del río Biobío.

La importancia territorial de este conjunto de relieves altos es que han permitido el desarrollo de una costa muy atractiva, con presencia de extensos acantilados activos y playas pequeñas pero atractivas. Además, el relieve es cortado por numerosas quebradas que, al estar al abrigo del viento y recibir la humedad costera, han sido pobladas por una importante masa vegetal que se ha mantenido hasta hoy, especialmente en las quebradas más profundas (Hualpén, 2019).

- Marisma Lengua

La marisma de Lengua constituye el último eslabón de un largo proceso fluvio-marino en el cual se configuró la línea de costa actual de la Bahía de San Vicente. Originada por la obturación que los cordones dunarios costeros ejercen sobre el drenaje continental, conforma un ambiente de mezcla o interacción de aguas

continentales y marinas que se interna en alrededor de 5 Km. en el continente. Es un área muy baja, menos de 1 metro sobre el nivel del mar (m.s.n.m), muy llana que conforma un ambiente de sedimentación con sedimentos muy finos de tipo fango y turba, los cuales pierden parte de su salinidad debido a la influencia del agua continental, permitiendo el desarrollo de vegetación halófila y dando origen a extensos pastizales en las áreas que están libres del agua en buena parte del año. Estas áreas son reconocidamente productivas para la flora y fauna. Sirven de refugio para el desove de muchos organismos marinos. Son sitios de nidificación para aves y áreas estratégicas para el desarrollo de la acuicultura responsable. Su importancia como ecosistema rico en biodiversidad, fundamentó su incorporación al Santuario de la Naturaleza de Hualpén (Hualpén, 2015). Además, la marisma conforma un sistema de protección litoral, en el cual los humedales, las dunas costeras y la marisma propiamente tal contribuyen a proteger la zona litoral contra tormentas e inundaciones. Tienen la capacidad de absorber las olas destructivas, tienen la capacidad de absorber las aguas continentales de inundación y son áreas que filtran y diluyen contaminantes.

- La Llanura fluviovolcánica de Concepción-Talcahuano.

La Llanura de Concepción–Talcahuano, en la cual se asienta el área urbana de Hualpén, está formada por una fosa de origen tectónica rellena en el cuaternario reciente por la acción fluvial. En ella se han depositado grandes capas de arenas de origen volcánico transportadas por el río Biobío desde su curso superior situado en la Cordillera de los Andes. En la llanura predominan estas arenas y, además, en algunos sectores existen limos y arcillas altamente orgánicas e impermeables.

### **2.1.2 Las áreas de la comuna**

Hualpén se divide en términos generales en 4 áreas: Área Santuario de la Naturaleza; Área Urbana consolidada; Área industrial y Área sin uso.

- Área Santuario de la Naturaleza.

La mayor extensión la constituye el de Santuario de la Naturaleza con 2.662 ha. equivalentes a 49,64% de la superficie comunal, prácticamente la mitad del

territorio. En su conformación como territorio posee humedales, cuerpos de agua, cultivos y vivienda rurales, pastizales, matorral nativo abierto, matorral nativo cerrado, plantaciones explotadas y plantaciones exóticas no explotadas, playas y un Parque (Hualpén, 2021-2025).

- Área urbana consolidada.

La segunda área relevante es el área urbana consolidada, con 14,12% del área comunal. Esta área está destinada principalmente al uso residencial con un total de 585,71 ha, equivalentes al 10,92 % de la superficie comunal. En este caso, es importante consignar que existe una gran cantidad de pequeños comercios y talleres asociados a la residencia, que constituyen un porcentaje importante en la actividad productiva o de servicios presentes en la comuna. La generalidad de los terrenos ocupados por el uso residencial, se encuentran consolidados desde el punto de vista de la infraestructura sanitaria y de dotación básica de servicios. De acuerdo a los resultados censales, entre 1992 y 2002 en Hualpén hubo un incremento de 2.927 viviendas (Estadísticas, 1993; Vivienda, 2003) y entre 2002 y 2017 hubo un incremento de 7.908 viviendas (Estadísticas, 2017; Vivienda, 2003).

Dentro del área urbana consolidada, se tienen usos de suelo complementarios, como lo son el equipamiento. En efecto, los equipamientos, que incluye servicios, comercio, educación, salud, deporte, social, cultural, etc. reúnen una superficie total de 172,29 ha equivalentes al 3,2% de la superficie comunal. Es del caso señalar, que prima el equipamiento comercial, con grandes extensiones de terreno en el sector Líder-Sodimac en sector Alessandri; Jumbo-Easy en sector Costanera y el equipamiento deportivo-recreativo en el sector del Club Hípico.

- Área industrial.

El área industrial es la tercera área en importancia, con una superficie equivalente al 4,96% de la superficie comunal con 265 ha. Sin embargo, a pesar de no constituir el mayor uso, es uno de los que genera más externalidades que afectan al normal funcionamiento y ocupación del territorio por los habitantes de la comuna. En efecto, no sólo las actividades industriales de la propia comuna inciden, por ejemplo, en el transporte pesado que pasa a través de Hualpén. Existe una gran cantidad de desplazamientos o viajes desde o hacia el Puerto de Talcahuano y San Vicente, relacionados con la actividad productiva, que utilizan la vialidad

estructurante de la comuna. Esto se suma evidentemente, a las externalidades negativas de olores y riesgos, en este caso antrópicos, que provocan no sólo las industrias que existen en Hualpén, sino también aquellas pertenecientes a Talcahuano que se encuentran próximas o colindantes con el límite comunal (Hualpén, 2019).

- Áreas sin uso.

Las áreas sin uso en Hualpén, concentra sectores vacíos, como otras áreas tales como cuerpos de agua y otros no calificados. Los terrenos sin construcciones alcanzan a 797 ha (14,86% de la comuna). La siguiente figura resume la división de Hualpén en estas 4 áreas recién reseñadas.

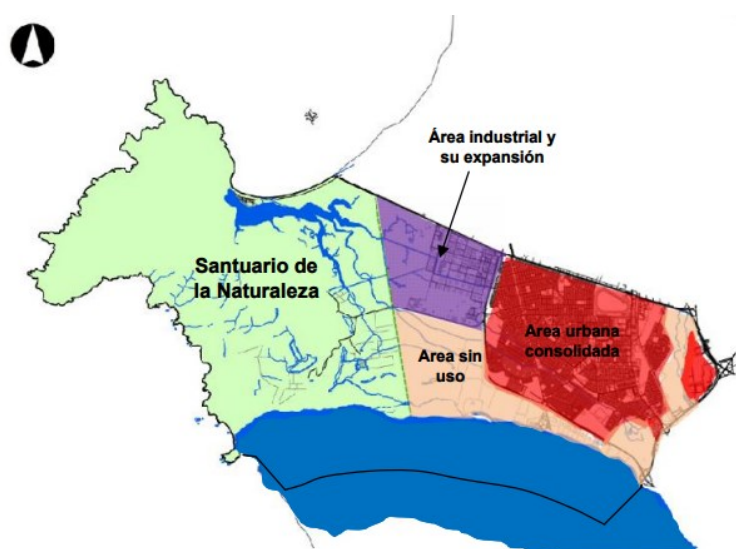


Figura 6: Esquema de áreas de Hualpén. Fuente: Memoria Explicativa PRC Hualpén.

### 2.1.3 Demografía

La población de la comuna de Hualpén asciende a 91.773 habitantes, según datos del Censo de Población y Vivienda del año 2017 (Estadísticas, 2017). En la siguiente tabla se describe el tamaño de la población, según distribución rural - urbana y por sexo. Como se observa, la comuna es predominantemente urbana, cuya población en ese sector, asciende a un total de 90.985 (99,14%) personas, de los cuales un 47,35% son hombres y un 52,65% son mujeres.

Sector	N° Hombres	N° Mujeres	Total
Urbano	43.086	47.899	90.985
Rural (*)	421	373	788
Total comuna	43.488	48.285	91.773

Tabla 11: Elaboración propia. Fuente: Censo 2017. \*La denominación rural corresponde a una clasificación INE que no incluye a 70 personas de caleta Perone

- **Proyección poblacional:** Considerando los datos que arroja los censos de población de los años 1992, 2002 y 2017 respectivamente, la tasa de incremento de la población intercensal corresponde a un 6,59% equivalente a un 0,66% anual. Luego, para el año 2032 se estima que el tamaño poblacional ascenderá a 105.022 personas.

Total población Censo 1992	Total población Censo 2002	Total población Censo 2017	Proyección 2022	Proyección 2032
81.360	86.722	91.773	98.529	105.022

Tabla 12: Elaboración propia a partir de datos INE.

#### **2.1.4 Situación climática de Hualpén.**

La comuna de Hualpén, desde el punto de vista de la dinámica del clima, puede ser interpretada como el producto de la interacción entre las grandes masas de aire pertenecientes al Anticiclón del Pacífico y al Frente Polar, definiendo períodos de buen y mal tiempo. Esto se relaciona con las características de los vientos, ya que la actividad ciclónica corresponde con la dirección norte (NW, N y NE), mientras la actividad anticiclónica es anunciada por los vientos sur (SW, S y SE).

En Hualpén, la temperatura media anual a la fecha alcanza 13°C con amplitudes térmicas débiles de 5,0 a 6,2°C, mientras que la precipitación media anual en año normal se estima que alcanza a los 1.090mm (Dirección General De Aeronáutica Civil).

Los vientos son moderados, predominando el viento suroeste durante gran parte del año y en especial, las estaciones de primavera, verano y otoño. En la época invernal de mayo a septiembre, claramente predomina el viento norte. De hecho, el mes de septiembre marca una transición estacional en el viento, apareciendo el viento del Sur como predominante. El Viento medio alcanza un 3,5m/s con proyecciones históricas (periodo 1980-2010) y futuras (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5 que se mantienen en la misma cifra.

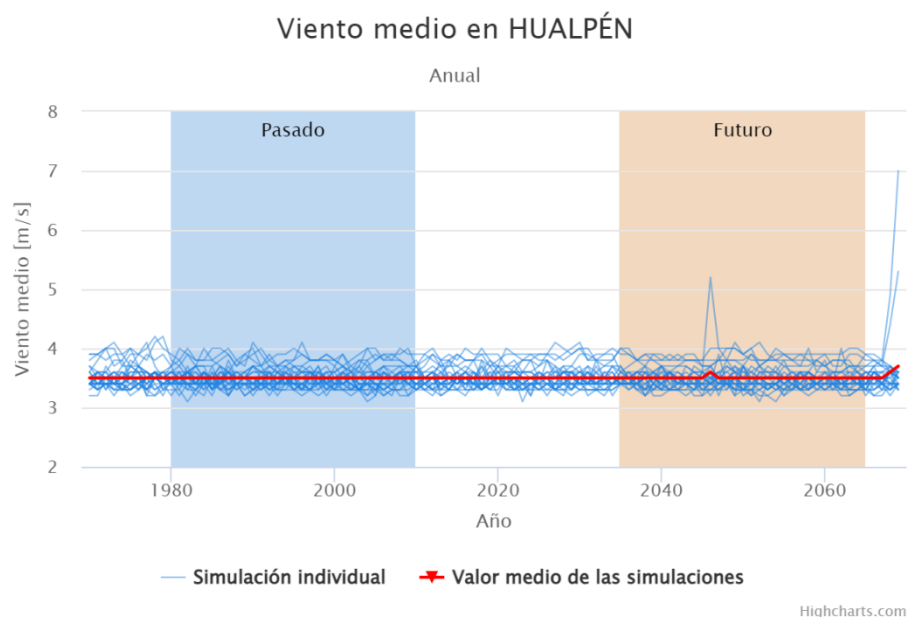


Gráfico 6: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile

La humedad relativa se estima que alcanza un 75,8% debido a su ubicación frente al Océano Pacífico, con proyecciones históricas (periodo 1980-2010) estables de 75,9%, y con una proyección futura (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5 que varía mínimamente entre 75,7% y 76% al final del periodo.

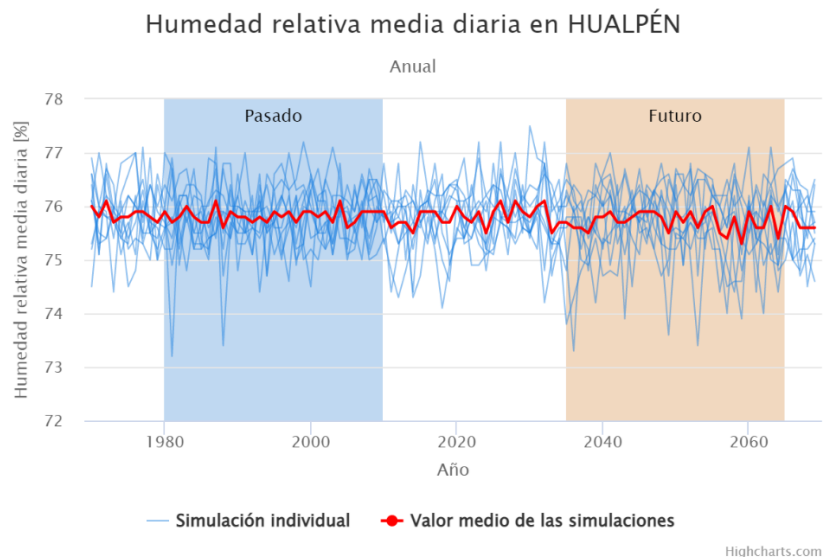


Gráfico 7: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile

El clima de la comuna ofrece condiciones óptimas para el desarrollo de actividades urbanas, no alcanzando situaciones extremas, como las existentes en las comunas ubicadas en los extremos del país o incluso ubicadas en el Valle Central, pero con tendencias al alza en materia de temperatura y a la baja en materia de precipitaciones con una relevante influencia marina como factor regulador y estabilizador, que beneficia las condiciones del clima.

### **2.1.5 Institucionalidad local Hualpén.**

La Municipalidad de Hualpén está compuesta por doce Direcciones Municipales, las cuales son: Administración Municipal, Administración y Finanzas, Control, Desarrollo Comunitario (DIDECO), Dirección Jurídica, Educación Municipal (DAEM), Obras Municipales, Salud, Secretaría Municipal de Planificación (SECPLAN), Secretaría Municipal, Tránsito y Transporte Público y Medio Ambiente Aseo y Ornato (Hualpén). Esta última Dirección a través de su Departamento de Medio Ambiente y según la Ley 18.695 puede desarrollar, directamente o con otros órganos del Estado la función relacionada con la protección del Medio Ambiente.

Por otro lado, la misma Ley indica que, las Municipalidades tendrán una atribución no esencial, correspondiente a colaborar con la fiscalización y cumplimiento de disposiciones legales y reglamentarias en materia de protección ambiental.

Por último, dicha Ley indica las funciones específicas para la Dirección de Medio Ambiente (B. d. C. N. d. Chile, 2006a):

- a) Proponer y ejecutar medidas tendientes a materializar acciones y programas relacionados con Medio Ambiente.
- b) Aplicar las Normas Ambientales a ejecutarse en la comuna que sean de su competencia.
- c) Elaborar el anteproyecto de ordenanza ambiental.

En Hualpén el Departamento de Medio Ambiente cuenta con tres Unidades, las cuales son:

- a) Unidad de Biodiversidad y Recursos Naturales, la cual tiene por objetivo proteger los principales recursos naturales de la comuna, entre ellos humedales, Santuario de la Naturaleza, ríos, áreas verdes, etc.
- b) Unidad de Acción Ambiental, la cual se encarga de la gestión de residuos, reciclaje y fiscalización ambiental.
- c) Unidad de Salud Animal y Zoonosis, la cual se encarga del control de las plagas y de la fiscalización en tenencia responsable de mascotas, para lo cual también se cuenta con una Clínica Veterinaria Municipal en la cual se encargan de la salud animal.

#### **2.1.5.1 Riesgos Ambientales**

Hualpén no posee un Plan Regulador Comunal, por lo que actualmente se rige por el Plan Regulador de Talcahuano que data de 1982 (Ministerial, 1982) y por el Plan Regulador Metropolitano de Concepción el cual fue promulgado el año 2003 (Bíobío, 2002). La elaboración de un Plan Regulador para la comuna de Hualpén es un proceso que ha sido impulsado hace ya más de una década. Sin embargo, distintas situaciones han ido entrapando el proceso. Sin embargo, existe información levantada para ese proceso que ha permitido orientar el trabajo de las distintas Direcciones Municipales, en la cual destaca la “Memoria Explicativa del

Plan Regulador Comunal de Hualpén”, que en su “Anexo 3” declara un “Estudio de Riesgos y Protección Ambiental” actualizado el año 2020 (Hualpén, 2012).

El concepto de “Riesgo” utilizado en este estudio se relaciona con los territorios en donde existe la probabilidad de ocurrencia de desastres naturales u otros semejantes, con lo cual, se vincula directamente a estas áreas como "áreas de riesgo" con los denominados "riesgos naturales”, los cuales corresponden, según el estudio, a "la probabilidad de ocurrencia de un daño potencial en un área determinada y en un periodo específico de tiempo". A su vez, los desastres naturales corresponden a eventos o sucesos que ocurren, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada y que producen graves perjuicios a la propiedad y en algunos casos, alcanzan a la pérdida de vidas humanas (Hualpén, 2012).

El estudio determina las siguientes tres áreas de riesgo con sus respectivos riesgos específicos:

- a) Zonas inundables o potencialmente inundables
  - Riesgo de inundación por tsunami
  - Riesgo de inundación por desborde cause
  - Riesgo de inundación por anegamiento
  
- b) Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas
  - Riesgo remoción en masas
  
- c) Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad e intervención humana.
  - Riesgo de sitios contaminados
  - Riesgo de uso de suelo por industria peligrosa (ENAP)

Para cada uno de los riesgos se desarrolla una descripción, fundamentación, metodología, medidas de mitigación y conclusiones, en donde el factor climático de “lluvias peaks” (lluvias intensas en 24 horas) es el único elemento climático que se menciona (sin analizar) para determinar los riesgos ambientales de la comuna.

### **2.1.5.2 Gestión de Riesgos.**

Si bien la Municipalidad de Hualpén a través de su Departamento de Medio Ambiente aporta a la gestión del riesgo ambiental en la comuna, no lo hace de forma consciente ni planificada. Sus aportes son en materia de Educación ambiental, fiscalización de ordenanza ambiental y gestión de residuos, lo que aporta, pero no permite una gestión estratégica ni planificada que se trace como objetivo la gestión del riesgo ambiental.

La única unidad municipal que desarrolla en alguna medida ese trabajo es el Comité Comunal de Protección Civil y Emergencias (COE), el cual, de acuerdo a su Reglamento, busca promover y entregar una efectiva planificación en materia de prevención de riesgos y protección a la población a través de un sistema que define funciones y actuación de entidades comunales en situaciones de emergencia.

Su ámbito de acción tiene por finalidad desarrollar y ejecutar programas que privilegien las actividades de prevención, mitigación y preparación, junto a con la elaboración de planes de respuesta para afrontar situaciones de emergencias provocadas por los riesgos ambientales descritos en el punto anterior, incendios forestales, interrupciones de servicios vitales (agua potable, energía eléctrica) y en aquellas instancias que el alcalde considere necesario.

En la actualidad el comité está vigente y posee un plan de constitución en caso de emergencias, pero no se han elaborado planes de prevención, mitigación que respondan a los riesgos identificados, por lo que podemos concluir que desde la institucionalidad local no existe capacidad adaptativa que permita disminuir los riesgos que se analizarán a continuación (*Reglamento Comité Comunal de Protección Civil y Emergencias*).

## **2.2 SISTEMA 1: “SANTUARIO DE LA NATURALEZA PENÍNSULA DE HUALPÉN”**

En la comuna de Hualpén se encuentra el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH), bajo el Decreto Supremo 556 del 10 de junio de 1976. Su ubicación exacta es 73°10'44W 38°0'9S al costado norte de la desembocadura del Río Biobío y se compone por diversos ecosistemas de gran valor ecológico, ya que alberga distintos ambientes y especies de flora y fauna. El Santuario comprende una superficie de 2.662 ha. según el Plan de Manejo Eula 2015. En su interior, colindante con la desembocadura del río Biobío, está ubicado el Parque y Museo Pedro del Río Zañartu, con una superficie de 552 ha., donde se busca salvaguardar el patrimonio natural y cultural de la ciudad de Concepción de comienzos del siglo XX. El resto del Santuario está compuesto por propiedades privadas como los fundos de Hualpén, Santa Eloísa, Las Escaleras, Chome, Perone, Ramuntcho y Lenga (Hualpén, 2015).

El 31 de marzo de 2006, se publicó en el Diario Oficial la Resolución de la “Modificación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción, Península de Hualpén”, que establece las condiciones urbanísticas que deberán cumplir las edificaciones que se pretendan emplazar en la Península. Esta modificación incluye posibles usos de suelo y condiciones urbanísticas relativas a la subdivisión predial mínima, coeficientes de ocupación de suelo, de constructibilidad, entre otros que afectan un 16% de la superficie total del Santuario (B. d. C. N. d. Chile, 2006b).

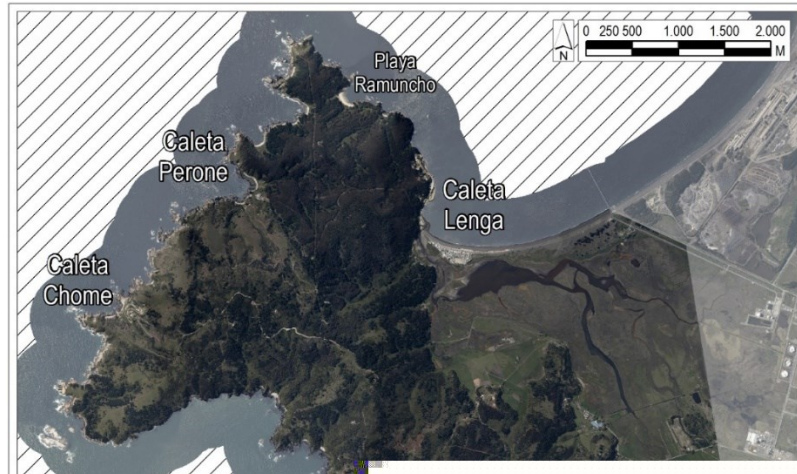


Figura 7: Mapa de la ubicación SNPH. Fuente: Plan de Manejo Eula 2015

### **2.2.1 Riesgo: Incendio de bosque**

En nuestro país los incendios son causados, principalmente, por los humanos, ya sea de forma accidental o por una acción deliberada e intencional. De hecho, del total de incendios registrados a nivel nacional durante el periodo 1985-2018 por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), sólo fue posible determinar la causa del 89%. De estos, el 56% fueron accidentales, 32% intencionales, 11% sin causa conocida y menos del 1% naturales, causados principalmente por rayos ((CR)2, 2020).

Para establecer el riesgo de incendios en el SNPH a partir de condiciones climáticas históricas y futuras se debe calcular a partir de: la cobertura de bosques, la probabilidad de ocurrencia de incendios y las amenazas expresadas en las olas de calor debido a que los incendios forestales ocurren con mayor frecuencia en el periodo estival y en particular en los periodos de más calor.

### 2.2.2 Exposición

Índice que representa la superficie del Santuario cubierta por bosques y vegetación, lo que incluye una serie de comunidades boscosas, dominado por *Cryptocarya alba* (peumo), *Aextoxicon punctatum* (olivillo), *Litrea caustica* (litre) y *Peumus boldus* (boldo), e incluye especies menos abundantes *Myrceugenia planipes* (pitra), *Eucryphia cordifolia* (ulmo) y *Laurelia sempervirens* (laurel), etcétera (Hualpén, 2015).

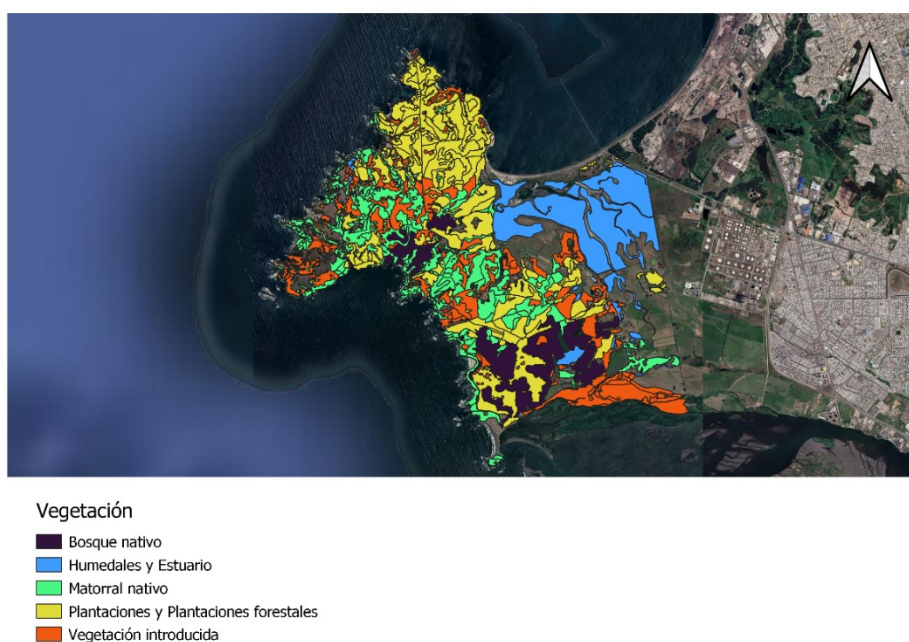


Figura 8: Mapa de la vegetación SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015

Variable	Indicador
Bosque nativo	208 ha (7,81%)
Plantación forestal	605 ha (22,72%)
Matorrales nativos	394 ha (14,8%)
Vegetación introducida	359 ha (13,48%)
Humedal y estuario	316 ha (11,87%)
Llanura baja	665 ha (25 %)

Tabla 13: Cobertura vegetación SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015.

Cabe destacar que la vegetación analizada se encuentra concentrada en el Macizo Peninsular de Hualpén, por lo que para determinar el valor de exposición de una forma adecuada a la composición del SNPH se le restó a la superficie total el área cubierta por Humedal y Estuario y la Zona de Llanura baja las cuales son 981 ha en total y representan el 36,87% del área protegida.

Los valores de Exposición de bosques van entre 0 y 1, donde 0 corresponde a los sistemas menos expuestos (ausencia de bosques o 0%) y donde 1 a los más expuestos (máxima proporción de bosques o 100%) frente a efectos del cambio climático (incendios forestales).

<b>Superficie SNPH menos Humedal y Llanura baja</b>	<b>Superficie cubierta por bosques y vegetación.</b>
1681 ha = 100%	1.516 ha= 90,2%
<b>Índice de exposición: 0,9</b>	

Tabla 14: Índice de Exposición Vegetal. Elaboración propia

### **2.2.3 Amenaza**

Los incendios han aumentado tanto en frecuencia como en magnitud en los últimos años, asociados a cambios en el clima como el aumento de las temperaturas en verano. En nuestro contexto las temperaturas por sobre 25°C sostenidas por al menos tres días continuos las hemos denominados olas de calor y pueden influir favoreciendo la ignición y propagación debido a la rápida pérdida del contenido de humedad de los combustibles. Para establecer la relación entre las olas de calor y los incendios forestales se utilizó la base de datos de todos los incendios desde 1985 (CONAF) (M. d. Agricultura) y el registro de olas de calor de la Dirección meteorológica de Chile en la región (Dirección General De Aeronáutica Civil), gracias a lo cual se pudo establecer relaciones entre el aumento de las olas de calor y el aumento de incendios forestales en la misma temporada (noviembre a abril).

- OCURRENCIAS TOTAL DE INCENDIOS EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO 1985- 2021
- ◆ OLAS DE CALOR CON TEMPERATURAS SOBRE 25 °C CARRIEL SUR 1985-2021

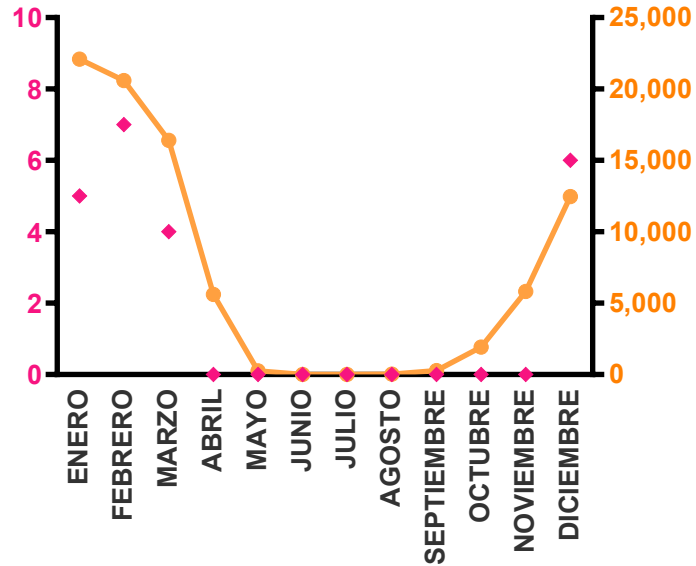


Gráfico 8: Elaboración propia. Fuente: CONAF y Dirección Meteorológica de Chile

- Olas de calor

Ya establecida la relación de incendios con el registro de las olas de calor en periodo estival, podemos afirmar que las olas de calor son un factor de amenaza relevante. En el caso de Hualpén, y como en todo el mundo por consecuencia del cambio climático, se proyecta un evidente aumento de las olas de calor por sobre los 25° en el futuro intermedio (2035-2065) en un escenario de RCP8.5 en relación a el clima histórico reciente (1980-2010) ((CR)2).

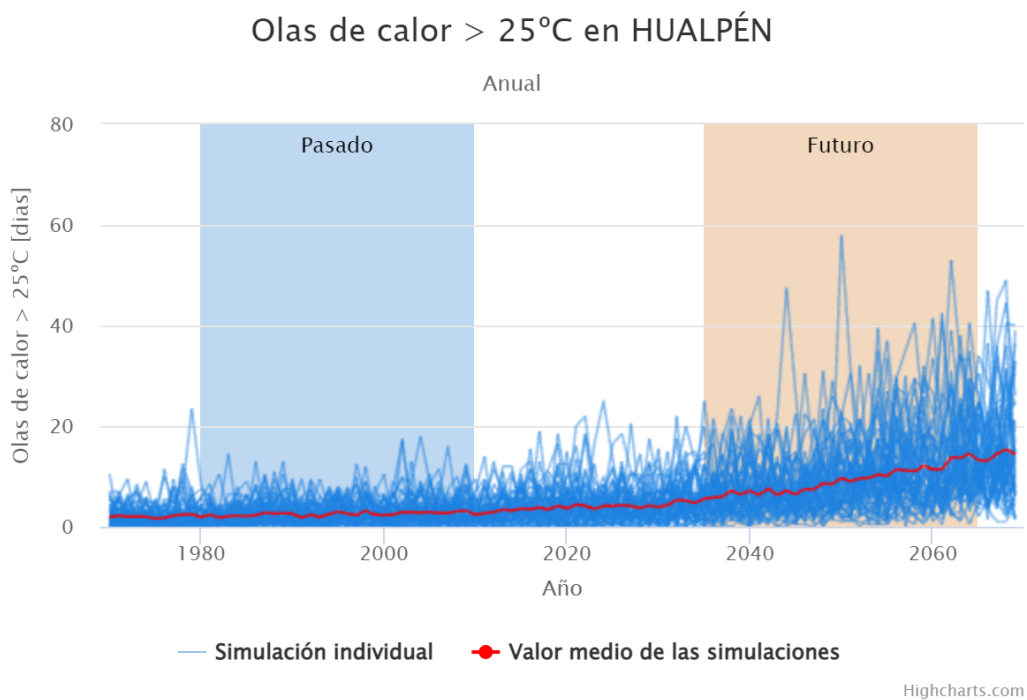


Gráfico 9: Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile

1980	2010	2035	2065
1,9 días	2,4 días	5,6 días	13,2 días

Tabla 15: Elaboración propia. Cambios históricos y futuros de temperatura Simulador CR2

Durante el período histórico reciente (1980-2010) podemos observar que tuvimos un incremento de 0,5 días en el fenómeno de olas de calor, pasando de 1,9 días a 2,4 días. Mientras que en un escenario RCP8.5 de futuro intermedio (2035-2065) podemos observar una variación de 7,6 días observando un crecimiento de 1.520% pasando de 5,6 días a 13,2 días.

Los valores de Amenaza van entre 0 y 1, donde 0 corresponde a los sistemas que no poseen Amenaza en el clima futuro, o que no muestran aumento de Amenaza entre períodos, y donde 1 corresponde a los sistemas en los que existe la mayor Amenaza en el clima futuro, o que muestran un aumento de Amenaza entre períodos. En este caso la clasificación se hará de acuerdo al aumento de la amenaza, para el clima actual se utilizará de referencia el año 1980 y para el clima futuro se utilizará como referencia el clima actual.

<b>Bajo (0 a 0,33)</b>	<b>Medio (0,34 a 0,66)</b>	<b>Alto (0,67 a 1)</b>
Aumento de amenaza $\leq 75\%$	Aumento de amenaza $>75\%$ y $\leq 150\%$	Aumento de amenaza $>150\%$ $\leq 225\%$

Tabla 16: Clasificación de amenaza. Elaboración propia

<b>Amenaza 1980</b>	<b>Amenaza clima actual</b>	<b>Amenaza clima futuro intermedio</b>
1,9 días	4,2 días= 121%	13,2 días= 214 %
<b>Índice de amenaza actual: 0,53</b>		
<b>Índice de amenaza futuro intermedio: 0,85</b>		

Tabla 17: Índice de amenaza. Elaboración propia

#### 2.2.4 Sensibilidad

La sensibilidad del Santuario a los incendios forestales dependerá de la probabilidad de ocurrencia. Es decir, que la sensibilidad depende del contexto en el cual se encuentre el Santuario para determinar qué tan probable es que se inicie un incendio en sus cercanías. Para determinar la mayor probabilidad de ocurrencia seleccionamos una serie de variables que pueden operar como factores subyacentes de las etapas tempranas de los incendios forestales (Manzello, 2020). Se agruparon variables que representan diferentes características del territorio, tales como actividad humana y topografía. En las variables relacionadas con la actividad humana se consideró la densidad de caminos, densidad poblacional, densidad de viviendas, en las variables topográficas se consideró la elevación y pendiente.

- Interfaz urbano-rural

En Chile, las zonas donde conviven poblaciones humanas y ecosistemas vegetales son las que tienen mayor riesgo de incendio. Estas áreas, denominadas de interfaz urbano-rural, comprenden cerca de un 5% del territorio nacional, pero concentran el 60% de los incendios que ocurren en el país ((CR)2, 2020).

El concepto interfaz urbano-rural (IUR) se define como el territorio en el que conviven comunidades humanas (rurales y urbanas) y ecosistemas vegetales (naturales, degradados o productivos). A nivel mundial, y en proporción, estas zonas concentran la mayor pérdida de vidas humanas e infraestructuras habitacionales debido a incendios, y donde se incurre en mayores gastos para combatir estos eventos y recuperar las áreas afectadas. La definición más utilizada de IUR considera dos zonas: (a) intermix, donde las casas se mezclan con la vegetación. Corresponde a toda área que contenga al menos 6,17 casas/km<sup>2</sup> y que, a su vez, esté cubierta con más de 50% de vegetación e (b) interfaz, donde un área habitacional con menos de un 50% de cobertura de vegetación se encuentra a una distancia inferior a 2,4 km de grandes fragmentos de vegetación (mayores a 5 km<sup>2</sup>). Es esta última definición la que aplica al SNPH, debido principalmente concentración habitacional de caleta Lengua, la cual cumple con las dos condiciones de interfaz.



Figura 9: Distancia viviendas Lengua de vegetación. Fuente: Elaboración propia Google Earth.

- Densidad poblacional.

En cuanto a la densidad poblacional, el riesgo de incendio aumenta rápidamente en áreas que tengan una densidad de hasta 5,6 viviendas/km<sup>2</sup>. En el caso de SNPH la densidad de viviendas es de 10,59 viviendas por km<sup>2</sup>, cifra alta principalmente por

el interfaz de Caleta Lengua lo cual se suma zonas donde la densidad de viviendas es baja pero su ubicación en medio de la vegetación las hace riesgosas, tal como Caleta Chome, Perone y las viviendas dispersas presentes en los distintos fundos inmersos en el santuario (EULA, 2015).

<b>Viviendas en SNPH</b>	<b>N° de viviendas</b>	<b>%</b>
Caleta Lengua	178	54,9%
Caleta Chome	34	15,6%
Caleta Perone	19	8,2%
Disperso	51	21,3%
<b>Total</b>	<b>282</b>	<b>100%</b>
<b>Densidad de viviendas 282 viviendas/ 26,62 km<sup>2</sup>= 10,59 viviendas/km<sup>2</sup></b>		

Tabla 18: Densidad de viviendas SNPH. Fuente: Información extraída del Informe de Línea de Base del Proyecto Recuperación de ecosistemas terrestres y humedales del SNPH, para mejorar el bienestar humano: rescatando la biodiversidad y servicios ecosistémicos, EULA 2015. Elaboración propia

- Caminos

En promedio, un área cubierta con vegetación presenta un alto riesgo de incendio cuando se encuentra a menos de 1,5 o 1,7 kilómetros de distancia a ciudades o caminos, respectivamente. A una mayor distancia, se observa una disminución del riesgo ((CR)2, 2020). El principal camino mediante el cual se accede a la zona interior del SNPH es el Cruce camino ENAP- Caleta Chome, el cual tiene una longitud de 9.387 metros y atraviesa toda la península en medio de la vegetación nativa y forestal que no ha sido trabajada de manera preventiva encontrándose a no más de 3 metros del camino en la mayoría del trazado. Además, existen accesos a distintas playas y sectores a través de caminos y senderos que tampoco presentan medidas que permitan disminuir el riesgo de incendio. La densidad total de caminos en el SNPH es de 11,4 m/ha.



Simbología	
— Acceso Caleta Perone 2	— Acceso Sector Rocoto
— Acceso camino Perone - Faro y Playa Ramuncho	— Ballenera Trinidad - Cementerio simbólico
— Acceso Cuesta Tetas BioBio - Acceso Playa los Burros	— Cruce base Cuesta Tetas - Caleta Perone
— Acceso Lenga - Playa Ramuncho	— Cruce camino ENAP - Desembocadura
— Acceso Playa los Burros	— Cruce Camnio ENAP - Caleta Chome
— Acceso Playa Ramuncho	— Cruce Chome - Lenga por Humedal
— Acceso Playa Rocoto	

Figura 10: Mapa de caminos y senderos SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015.

Caminos	Longitud	%
Cruce camino ENAP- Caleta Chome	9.387,08 metros	30,9%
Cruce camino ENAP- Desembocadura	3.975,92 metros	13,1%
Cruce Chome- Lenga por Humedal	4.558,26 metros	15%
Cruce base Cuesta Tetas Biobío- Caleta Perone	2.257,42 metros	7,4%
Acceso camino Perone- Faro- Ramuntcho	2.460,76 metros	8,1%

Acceso Caleta Perone	1.463,41 metros	4,8%
Acceso Cuesta Tetas Biobío- Acceso Playa Los Burros	780,941 metros	2,6%
Acceso Sector Rocoto	1.382, 85 metros	4,6%
Acceso Lengua- Playa Ramuntcho (Sendero)	2.522,09 metros	8,3%
Acceso Playa Ramuntcho (Sendero)	397,948 metros	1,3%
Acceso Playa Los Burros (Sendero)	328,72 metros	1,1%
Ballenera Trinidad- Cementerio Simbólico (Sendero)	629,46 metros	2,1%
Acceso Playa Rocoto (Sendero)	208,42 metros	0,7%
Total	30.353,29 metros	100%
Densidad de caminos: 30.353,29m/ 2.662 ha= 11,4 <b>m/ha.</b>		

Tabla 19: Longitud y densidad de caminos SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015

- Cobertura de suelo

Respecto al tipo de cobertura de suelo, el riesgo de incendios se concentra en mayor proporción en los paisajes dominados por plantaciones forestales y, en menor grado, en aquellos dominados por bosque nativo. Cuando la proporción de bosque nativo es menor a un 50% en el paisaje se observa una mayor ocurrencia de incendios, sin embargo, a mayor cobertura de bosque nativo el riesgo disminuye debido a la adecuación de esas especies a las condiciones climáticas del lugar (Ministerial, 1982). En el caso del SNPH el paisaje total de vegetación es de 1566 ha, de las cuales en su mayoría son plantaciones forestales y vegetación introducida, mientras que la vegetación nativa representa solo un 38% del paisaje total, lo que asegura el hecho de que existe una mayor presencia de vegetación exótica, la cual acumula

una gran cantidad de biomasa, principalmente combustible fino (con un diámetro menor a 2,5 cm) en sus ramas y follaje, tienen bajo contenido de humedad, una elevada concentración de compuestos volátiles, y un alto poder calorífico.

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>
Bosque nativo	208 ha (13,28%)
Matorrales nativos	394 ha (25,16%)
Plantación forestal	605 ha (38,63%)
Vegetación introducida	359 ha (22,92%)
Paisaje total	1566 ha (100%)

Tabla 20: Elaboración propia. Comparativo plantaciones nativo- plantaciones forestales e introducidas SNPH. Fuente: Información extraída de SHP EULA 2015

- Pendiente

En los estudios de incendios forestales a menudo consideran la pendiente como variable en los modelos como factor de riesgo (González-Calvo, 2007). Debido que a medida que aumenta la pendiente, también aumenta la facilidad de propagación del fuego (Abarca & Quiroz G, 2005). La pendiente corresponde al factor topográfico más influyente en el comportamiento del fuego, ejerciendo influencia en las formas de transmisión de la energía, dado que en las zonas altas pendientes la convección y la radiación son más eficientes. Además, tiene una gran influencia al favorecer la continuidad horizontal y vertical de los combustibles, sus efectos son comparables con los producidos por los vientos, la pendiente hace que la propagación sea 20 veces mayor (Consortio para el Servicio de Prevención, 2015).

El mayor efecto de la pendiente se produce cuando ésta es abrupta y el fuego asciende por ella. La columna de convección se acerca y es factible con un contacto directo entre llamas y el material combustible, acelerando el secado del material y su precalentamiento por medio de la radiación y convección. A su vez cuando el fuego avanza pendiente abajo, su velocidad disminuye, sin embargo, existe la posibilidad de rodamiento de materiales en combustión pudiendo generar nuevos

focos (Rodríguez, 2010). Mediante un Modelo Digital de Elevación (MDE) del sensor remoto ALOS con curvas de nivel cada 25 metros, se obtuvo los valores de Pendiente para toda el área de estudio. Estos valores fueron trabajados en porcentaje ( $\% \text{ de pendiente} = \text{Altura} / \text{área Base} * 100$ ) y están clasificados en rangos en la tabla 21.

Las pendientes bajas se contemplan en planicies ubicadas en Terrazas de erosión marina, las cuales corresponden a dos niveles de terrazas marinas escalonadas, de 100 y 50 m.s.n.m., conformadas por rocas metamórficas (esquistos y pizarras) que entran en contacto con el mar en forma de acantilados. Son extensas superficies de topografía plana a ondulada con una inclinación suave hacia el oeste que no alcanzan un 30% de pendiente.

Luego tenemos pendientes entre 30% y 60% en sectores ubicados en el centro de la Península, lugar donde las terrazas de erosión marina entran en contacto con un sistema montañoso o abrupto, conformado por rocas graníticas que constituyen un relieve vigoroso que sobresale de las superficies de erosión y en el cual destacan los cerros Conejo (53 m.s.n.m.) y Toltén (144 m.s.n.m.) por el sureste y los cerros Teta Norte (238 m.s.n.m.) y Teta Sur (247 m.s.n.m.) por el noroeste.

Por último, tenemos pendientes sobre 60% en acantilados y quebradas, las cuales son laderas de la Península de Hualpén, especialmente abruptas en su borde. Tienen un trazado irregular y en toda su extensión están sujetos a los efectos erosivos de la lluvia, los cuales han hecho evolucionar, a los acantilados, por desprendimiento y deslizamientos de masas de materiales. Mientras que a las quebradas la lluvia las ha convertido en sistemas de drenaje semipermanente o escurrimientos estacionales, en forma de arroyos que se activan en la época invernal, con una configuración radial del drenaje. Es decir, escurriendo hacia los cuatro costados de la Península, conformando quebradas profundas con una vegetación profusa.

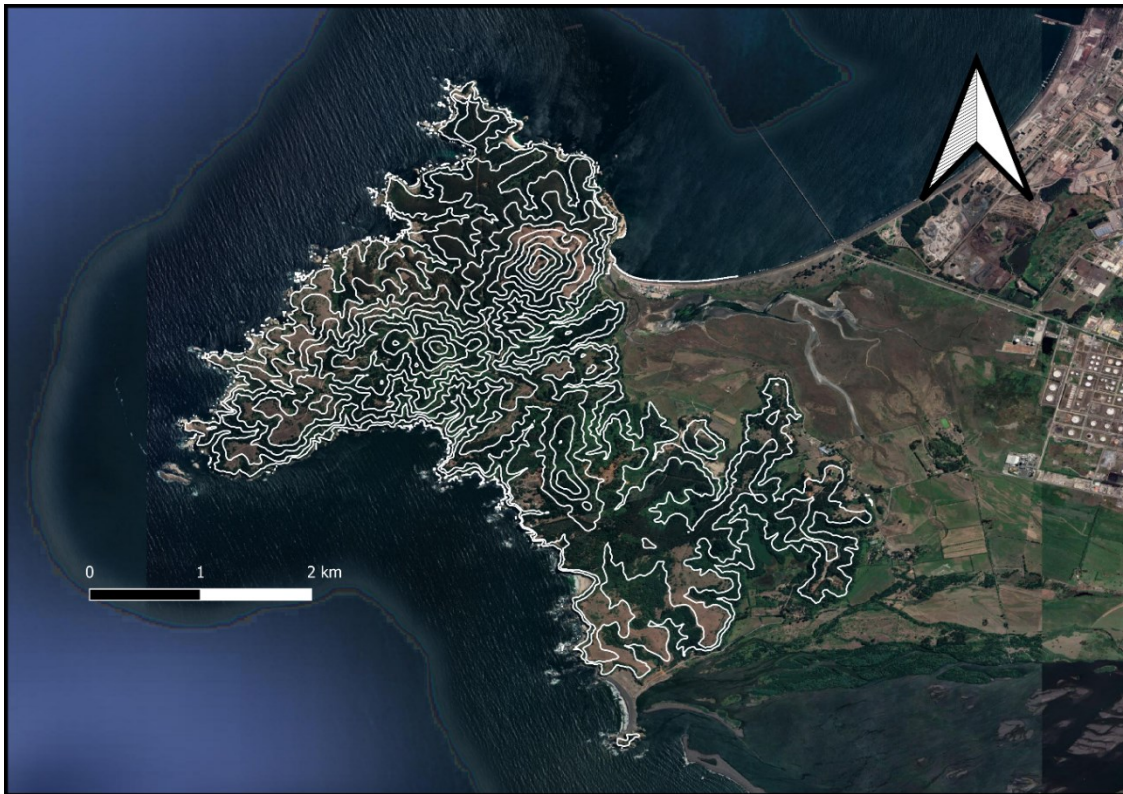


Figura 11: Mapa de elevación y pendientes SNPH. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP CDN25 EULA 2015.

Facilidad de propagación Incendios Forestales	
Pendientes (%)	Rangos
0-30	Baja
30-60	Media
más de 60	Alta

Tabla 21. Elaboración propia. Fuente: Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 200

- Indicadores de sensibilidad.

Variable	Límite seguro	SNHP	Vulnerabilidad	Indicador
Distancia caminos/ vegetación	>1,7 km	<10 metros	Alto	1
Cobertura de Suelo	Plantación nativa >Plantación forestal	Plantación nativa < Plantación forestal	Alto	1

Densidad de viviendas	5,6 viviendas/km2	10,59 viviendas/km2	Alto	1
Pendientes	0-30%	Más de 60%	Alto	1
Total				1

Tabla 22. Fuente: Informe a las Naciones: Incendios en Chile, CR2 2020 y Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 2005. Elaboración propia.

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

- Matriz de Riesgo.

Indicadores	Clima actual	Clima Futuro
Amenaza	0,53	0,84
Exposición	0,91	
Sensibilidad	1	
Riesgo	0,48	0,76
Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando inversiones precisas que se puedan aplicar en un plazo máximo de 2 año. Aplicadas las medidas preventivas se debe reevaluar el riesgo periódicamente cada 1 año		

Tabla 23. Matriz de Riesgo. Elaboración propia

### 2.2.5 Resultado

La población total que, en forma permanente, reside dentro de los límites del SNPH ha sido estimada en 858 personas de acuerdo a datos Censo 2017 y encuesta a habitantes dispersos llevada a cabo por la Dirección de Desarrollo Comunitario de la Municipalidad de Hualpén en el año 2015 (EULA, 2015). La mayor parte vive en las caletas de Lengua, Chome y Perone, por lo que considerando que el Santuario posee una superficie de 2.662 hectáreas o 26,62 km<sup>2</sup>, la densidad de población es de 32,2 habitante/km<sup>2</sup>. Esta cifra aumenta aún más debido a la afluencia de población visitantes en período de verano, especialmente de turistas que visitan el Parque Pedro del Río Zañartu, Caleta Lengua y, en menor medida, Chome. Para el

caso del Parque, los últimos registros previos a la pandemia indican visitas cercanas a 200 mil personas por año.

Lenga recibe turistas permanentemente debido, principalmente, a su posicionamiento como centro turístico gastronómico de importancia comunal, sus buenas condiciones de accesibilidad, equipamiento y servicios asociados. Chome y Ramuntcho presentan mayor cantidad de visitantes en época de verano, especialmente personas que acceden a la playa de Ramuntcho y a Caleta Chome. En este último caso, existe una oferta gastronómica informal basada en productos marinos, como también otras actividades turísticas emergentes. Con todo, existe una clara temporalidad en la afluencia de personas al Santuario, siendo esta mayor en época estival.

Respecto a los criterios establecidos como de alto riesgo por el Interfaz urbano-rural del Informe a las Naciones: Incendios en Chile, CR2 2020, el SNPH supera todos los indicadores que configuran al Santuario como un territorio altamente vulnerable al riesgo de incendios forestales ((CR)2, 2020). Existen caminos que cruzan el Santuario a distancias de no más de 5 metros de plantaciones forestales y nativas, lo cual está muy por debajo de los 1,7 km de distancia recomendada. La cobertura de suelo respecto a bosque es preponderante en plantaciones forestales, lo que hace mucho más vulnerable el bosque a la ignición y propagación de incendios debido a su alta carga combustible. Existe una densidad de viviendas que supera con creces las recomendaciones y la variedad de pendientes debido a la geografía del santuario también aumenta la facilidad de propagación del fuego.

Respecto a la exposición el Santuario, esta fue calculada de acuerdo al área de su Macizo Peninsular, y podemos concluir que posee un 91% de su suelo cubierto por vegetación y bosques altamente inflamables, lo que sugiere una posibilidad muy cierta de incendio forestal.

La Amenaza climática, según los criterios evaluados para el clima actual es Media, lo cual se debe a que, si bien las olas de calor van a aumento, las condiciones que otorga la ubicación costera del SNPH permiten la posibilidad de que el mar cumpla un rol fundamental en la regulación de la temperatura y las condiciones de humedad. Para el clima futuro la Amenaza es Alta, ya que las olas de calor

aumentarán abruptamente de acuerdo a las proyecciones, por lo que es imperioso prepararse para esa situación.

La integración de los criterios realizada mediante la multiplicación de los índices de la exposición, sensibilidad y amenaza dio como resultado para el clima actual 0,48, lo que representa un Riesgo Medio, mientras que para el clima futuro el Riesgo es Alto dando como resultado 0,76 (Tabla 23). Por lo tanto, es indispensable tomar medidas específicas durante un plazo máximo de 2 años con el fin de controlar el riesgo, ya que los incendios forestales son un riesgo cada vez más probable en un clima futuro.

Si bien la amenaza climática a través del gradual aumento de temperaturas ha contribuido a cerca del 20% del área quemada en las últimas tres décadas, el factor climático no es la principal amenaza. De los incendios en que se ha determinado la causa, un 99% son originados por el ser humano de forma accidental o intencional, de hecho, en algunos años y regiones del país, la intencionalidad ha alcanzado alrededor del 50%, lo que obliga a hacer esfuerzos importantes para disminuir las condiciones de riesgo identificadas (*Reglamento Comité Comunal de Protección Civil y Emergencias*).

### **2.3 SISTEMA 2: HUMEDAL Y ESTUARIO LENGA**

El Humedal Lenga es un típico humedal costero, con una pequeña cuenca de 3,2 km<sup>2</sup> de superficie cuya desembocadura al mar se localiza al sur oeste de caleta Lenga, su existencia depende principalmente de tres entradas de agua, una viene del mar por acción de las mareas, otra que depende de las precipitaciones y otra que en gran medida es de afluentes superficiales y subterráneos, de agua dulce que proviene de filtraciones del Río Biobío. El humedal está ubicado en un sector próximo a una de las áreas industriales y portuarias más activas de Chile. Anteriormente también eran parte de esta cuenca otros 3 km del Canal Price que cruza la costanera hasta la Laguna Price, pero esta zona ha sido cubierta por viviendas perdiéndose entre un 15 a 20% de la superficie del humedal original. Esta área soporta el cultivo artesanal del alga marina *Gracilaria* (pelillo). Se encuentra dominada por pastizales salinos de *Spartina densiflora* (esparto o espartillo),

*Sarcocornia fruticosa* (sosa alacranera) y *Eleocharis pachycarpa* (junco de espiga), como también macroalgas como *Enteromorpha intestinalis* y *Gracillaria spp* (EULA, 2015).

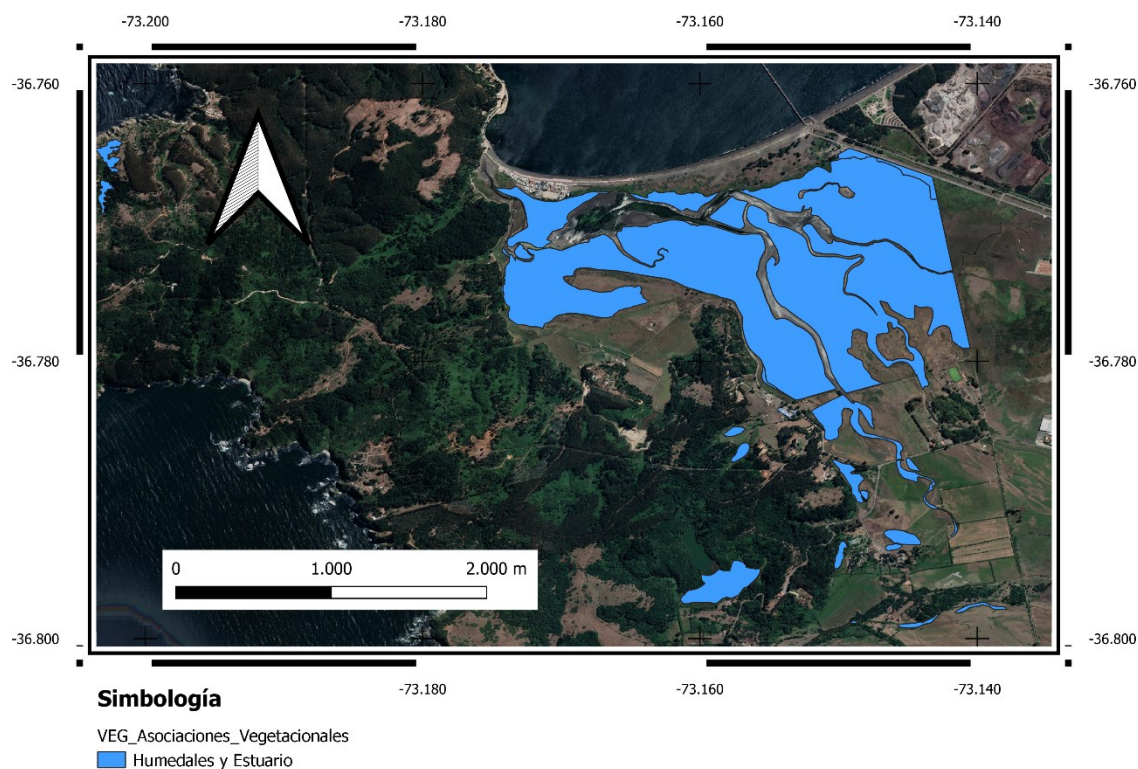


Figura 12: Humedal Lengua. Elaboración propia en QGIS. Fuente: Archivo SHP EULA 2015.

### 2.3.1 Riesgo: Sequía Hidrológica

Para entender el concepto de sequía hidrológica, se debe comprender primero el concepto de “hoya hidrográfica” o “cuenca hidrográfica”. Una cuenca es una delimitación territorial generada por pendientes divisorias de agua, que definen hacia qué sectores fluye el agua, concentrando la precipitación y guiándolas a los ríos principales que se definen en el territorio, por lo tanto, se entiende por sequía hidrológica una condición de déficit extremo en alguna variable hidrológica con respecto a su comportamiento habitual.

Representaremos el riesgo de sequía en el Humedal Lengua a partir de condiciones climáticas históricas y futuras. Las sequías ocurren con mayor frecuencia en el periodo estival y en particular en los periodos de más calor. El riesgo se calcula a

partir de datos de: tamaño de la cuenca hidrográfica sumado a las vidas y medios de subsistencia que dependen de ella, la probabilidad de ocurrencia independiente de factores climáticos y las amenazas expresadas en disminución de precipitaciones y aumento de la evapotranspiración debido al aumento de la temperatura.

### **2.3.2 Exposición**

El Humedal Lenga es una pequeña cuenca de 3,2 km<sup>2</sup> y es parte de un sistema de humedales que está unido por una serie de canales cuyas aguas escurren sólo en épocas lluviosas. El principal canal que alimenta el Humedal Lenga es el Canal Price, el cual debido a la baja de precipitaciones y al aumento de temperatura solo cumple esa función en épocas invernales especialmente lluviosas.

Existen otros canales menores que aportan sus aguas al estuario Lenga, cuatro de ellos provienen de quebradas que drenan por el sector norte del macizo peninsular, mientras otros dos cruzan canalizados a través de la planta refinadora de petróleo. Paralelo al Camino a Lenga se ubica un cuarto canal que conduce sus aguas desde el sector de las industrias Petroquímicas y del sector Cuatro Esquinas hacia el lado sur de la Bahía de San Vicente en la Caleta Lenga. En la mayor parte de su trayecto, las aguas son conducidas a través de un canal abierto de hormigón, de unos 7 metros de ancho, que en algunas oportunidades se rebalsa hacia la marisma. Este conjunto de canales drena el sector sur y este de Hualpén conduciendo sus aguas al Humedal Lenga (EULA, 2015).

- Humedal Lengua y su red hídrica

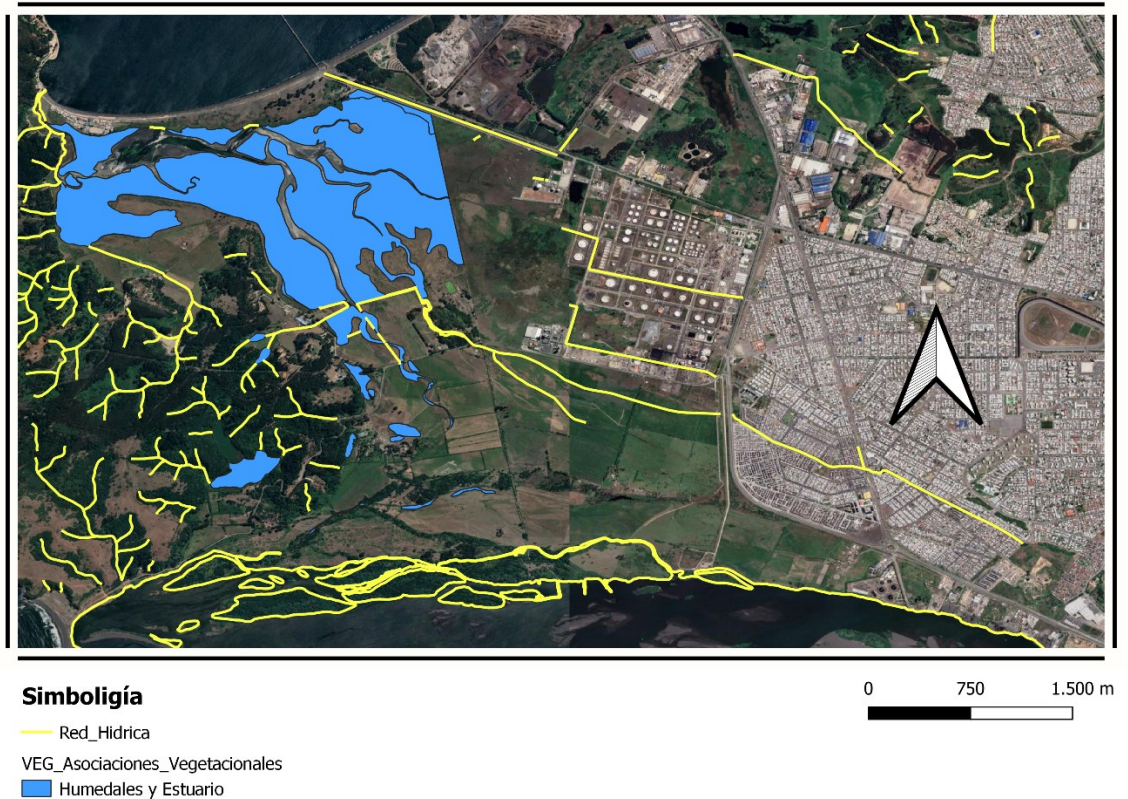


Figura 13: Humedal Lengua y su red hídrica Fuente: Archivo SHP EULA 2015. Elaboración propia en QGIS

- Vidas que dependen de la cuenca

El Humedal Lengua es un área considerada importante para la conservación de las aves (Patricio Ortiz Soazo, 2009), de hecho mantiene y congrega a especies amenazadas, muchas de las cuales vienen a anidar, entre ella más del 1% de la población global de la especie migratoria neárticas *Leucophaeus pipixcan* (Gaviota de Franklin), 2% de la población global de la también especie migratoria *Thalasseus elegans* (Gaviotín elegante) especie además catalogada a nivel mundial como una especies Casi Amenazada (NT) (UICN) y el 1% de la población global de la especie Vulnerable *Coscoroba coscoroba* (Cisne coscoroba) (Hualpén, 2015). La sequía del humedal afecta gravemente las condiciones de sobrevivencia de estas especies, exponiéndolas al ataque de animales que merodean el sector.

La sequía del Humedal Lengua también expone a los pescadores de Caleta Lengua, debido a que el humedal es utilizado como zona de abrigo natural. La exposición de caleta se estima combinando el número de todos los pescadores (recolectores, buzos, armadores y pescadores) y embarcaciones (inferiores a 18 metros de eslora) (M. d. M. Ambiente, 2019a).

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Nombre de caleta	Caleta Lengua
Comuna	Hualpén
Abrigo artificial	No
Abrigo natural	Si
Obra de atraque	No
N° de pescadores	199
N° de recolectores	77
N° de pescadores navegantes	122
N° total de embarcaciones	19
N° de embarcaciones mayores a 12 mt.	0
N° de embarcaciones menores o iguales a 12 mt.	19
AMERB	No

Tabla 24: Inventario de Exposición de Caleta Lengua. Fuente: Estudio “Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile” (MMA 2019). Elaboración propia

Los componentes expuestos al riesgo de sequía en este sistema son: los recursos hídricos de la cuenca, las especies de conservación, y las embarcaciones de los pescadores artesanales de la Caleta Lengua. El criterio para la definición de rangos de exposición se definirá en porcentajes de exposición cada categoría.

<b>Factores de exposición</b>	<b>Bajo (0 a 0,33)</b>	<b>Medio (0,34 a 0,66)</b>	<b>Alto (0,67 a 1)</b>
Cuenca	≤33%	>34% - ≤66%	>66% - ≤100%
Especies			
Embarcaciones			

Tabla 25: Clasificación de rangos de exposición. Elaboración propia.

El Humedal Lengua no es una gran cuenca y tiene muy poca altura sobre el nivel del mar, por lo que se exposición es total. La acumulación de agua que realizan sus suelos depende de las precipitaciones especialmente en invierno, fenómeno muy similar al que ocurre en los suelos de Chiloé, donde los suelos delgados que caracterizan la isla acumulan solo agua superficial y si aumentan los meses secos inmediatamente se produce una crisis hídrica.

En el caso de las especies migratorias la situación de exposición también es total, ya que dependen de una cuenca con los recursos hídricos necesarios para poder anidar, alimentarse y evitar la amenaza de depredadores, por lo que la posibilidad de sequía expone a un 100% de las especies.

Por último, en el caso de las embarcaciones pesqueras la exposición también es máxima ya que la inexistencia de agua en la cuenca imposibilita el traslado y resguardo de las embarcaciones, pudiendo significar días perdidos de trabajo lo que se traduce en costos económicos para los pescadores.

<b>Factores de Exposición</b>	<b>Rango</b>	<b>Índice de exposición</b>
Cuenca	100%	<b>1</b>
Especies	100%	<b>1</b>
Embarcaciones	100%	<b>1</b>
<b>Índice total de exposición: 1</b>		

Tabla 26: Índice de exposición. Elaboración propia

### 2.3.3 Amenaza

Las sequías han aumentado tanto en frecuencia, como en magnitud en los últimos años debido a cambios en el clima tales como el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones, los cuales se han convertido en amenazas para la disponibilidad de recursos hídricos. Si bien el ciclo del agua continúa, es cada vez menos lo que llueve y más lo que se evapora, por lo que cuantificar los recursos hídricos es clave. Lo que llueve menos los que se evapotranspira será el volumen de agua disponible.

- Precipitaciones.

El año 2021 cayeron 559,2 mm de lluvia, déficit de precipitación cercano al 40% (Gráfico 11) y la cifra más baja desde que se tiene registro. Tal situación lamentablemente no es aislada, la sequía meteorológica ha perdurado en la última década derivando en una sequía hidrológica que ya tiene efectos físicos evidentes. Mientras la precipitación media anual normal es de 1090,6 mm de acuerdo a la Dirección Meteorológica de Chile, desde hace ya 14 años que no se ha superado la barrera de los 1000 mm, siendo el año 2008 el último registro favorable con 1137 mm de lluvia caída, tal y como lo muestra el gráfico 10.

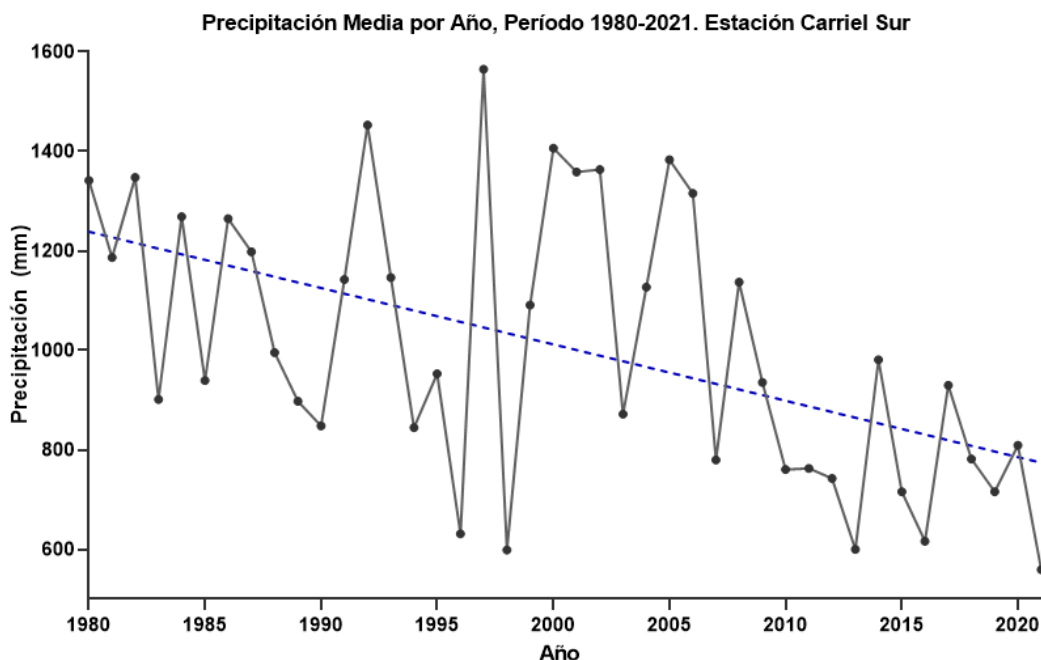


Gráfico 10: Precipitación Media por Año, Periodo 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur.

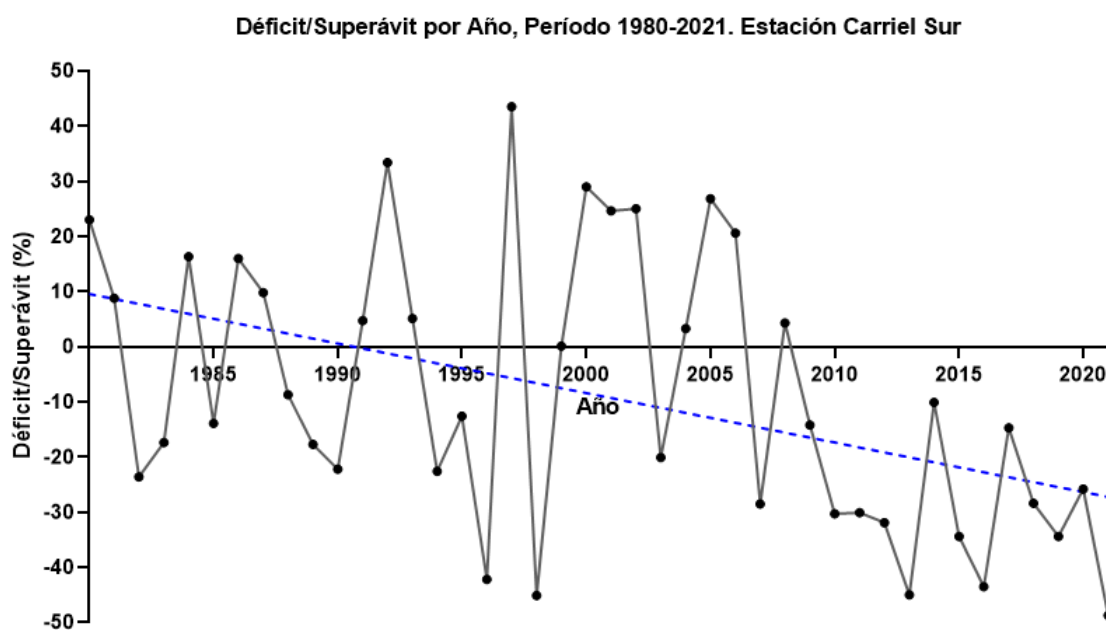


Gráfico 11: Déficit/Superávit por año, período 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur.

Si calculamos la media de precipitaciones en función de los datos presentados, al año 2021, el resultado es 976,3mm. Por otro lado, las proyecciones realizadas en base a GCM dicen que las precipitaciones medias históricas (período 1980-2010) disminuyeron desde los 1030,5 mm a 1004,5 mm al final del período. Mientras que en la proyección futura (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5, proyecta una disminución desde los 911,4 mm a 799 mm al final del período.

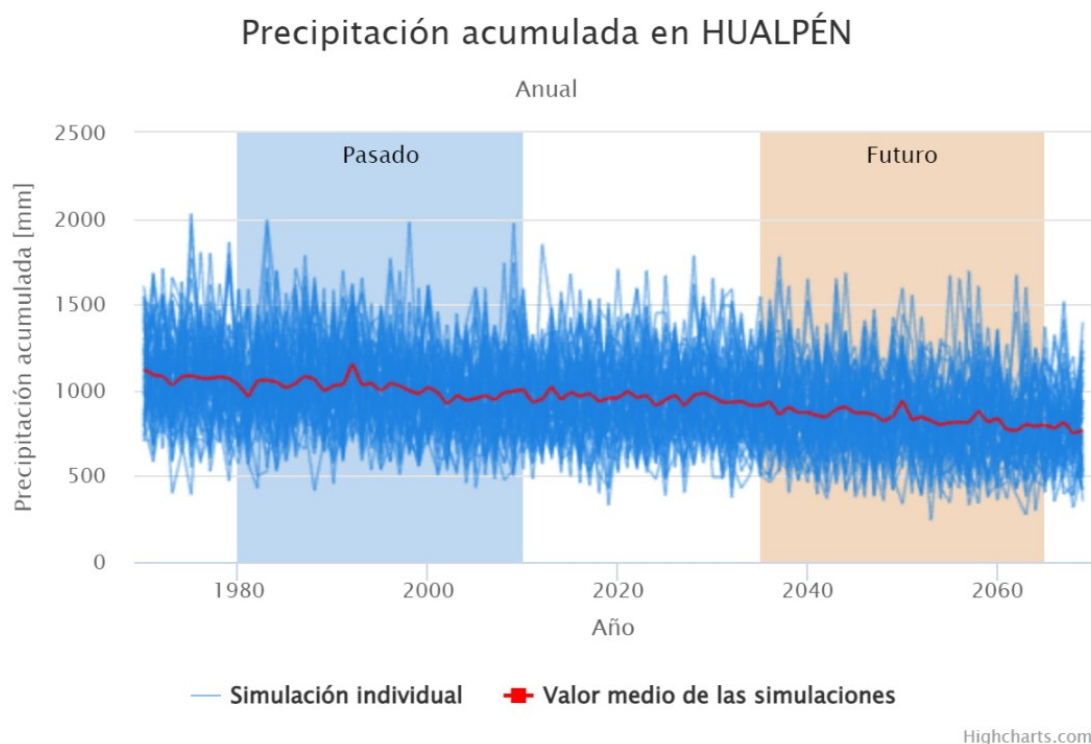


Gráfico 12: Precipitación acumulada en Hualpén. Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile

- Temperatura

La temperatura es clave en el proceso de evapotranspiración ya que, a más temperatura, menos recursos hídricos disponibles, lo cual convierte a esta variable en una amenaza significativa que contribuye directamente al aumento del riesgo de sequía hidrológica. El año 2021 la temperatura media fue de 13°C, lo que es una cifra normal dentro de los registros históricos, sin embargo, los datos de la Dirección Meteorológica de Chile demuestran una pendiente en ascenso cada vez más pronunciada.

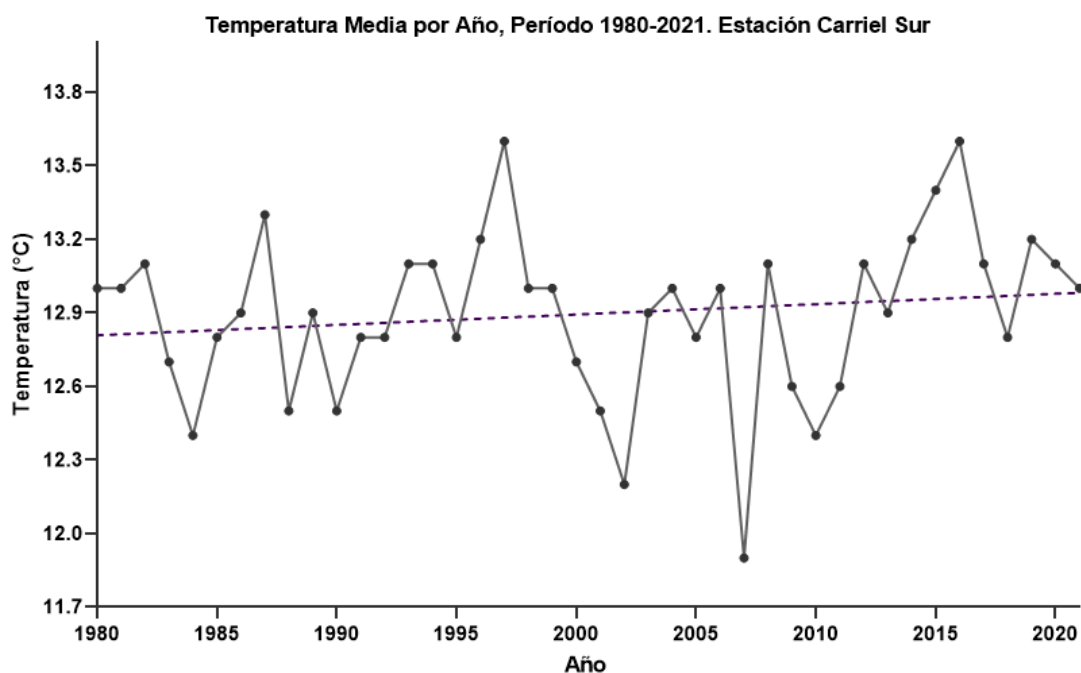


Gráfico 13: Temperatura Media por Año, Período 1980-2021. Elaboración propia. Información extraída de la Dirección Meteorológica de Chile, Estación de Monitoreo Carriel Sur.

Por otro lado, en Hualpén, de acuerdo al modelo predictivo que trabaja este estudio, la temperatura media históricas (periodo 1980-2010) aumentó desde los 13,2° a 13,5°C al final del período. Al 2022 sería de 13.6°C. Mientras que en la proyección futura (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5, proyecta la temperatura media en aumento desde los 13,9°C a 14,6°C al final del período.

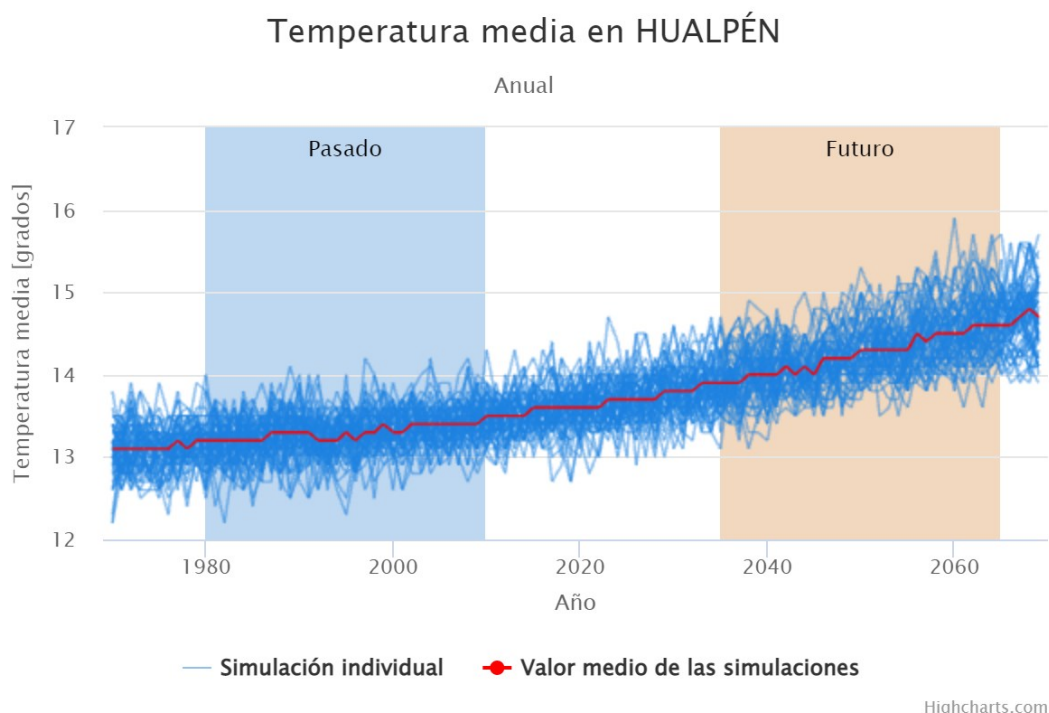


Gráfico 14: Temperatura Media en Hualpén. Elaboración propia en Simulador CR2 de la Universidad de Chile

- Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET en adelante) es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración. La evaporación es el fenómeno físico en que el agua pasa de líquido a vapor desde la superficie del suelo, cuerpo de agua y la vegetación inmediatamente después de la precipitación, mientras que la transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua desde el suelo a través de sus raíces, una pequeña parte la destinan para su crecimiento y el resto lo transpiran.

Como son difíciles de medir por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera sea del modo que sea, se consideran conjuntamente bajo el concepto de ET (Román).

- **Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) 2021 mediante fórmula de Thornthwaite**

El año 2021 el Humedal Lenga paso la mayoría del período estival seco, es por lo anterior que en primer lugar calcularemos la ET correspondiente al año 2021 para así determinar el déficit hídrico que ocasiono tal sequía.

Numerosas fórmulas nos permiten evaluar la ET con una aproximación suficiente para hacer un buen estudio hidrológico, pero la fórmula utilizada para este caso es la fórmula de Thornthwaite, quien denominó ETP a la evapotranspiración que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. Por el contrario, la Evapotranspiración Real (ETR) es la que se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.

Es evidente que ETR es menor o igual que ETP. En un lugar desértico la ETP puede ser de 6mm/día y la ETR ser 0, puesto que no hay agua para evapotranspirar. Serán iguales siempre que la humedad del suelo sea óptima y que exista un buen desarrollo vegetal, condición que se cumple en el Humedal Lenga.

Los datos necesarios para el cálculo son: temperatura, precipitaciones y el número teórico de horas de sol obtenido en función de la latitud. Para lo anterior se utilizaron datos de la Estación de monitoreo activa más cercana al humedal, la cual es Carriel Sur, de la Dirección Meteorológica de Chile.

Precipitaciones y temperatura media mensual 2021 Hualpén

Mes 2021	Temperatura media 2021	Precipitaciones 2021
Enero	16,3°C	37,4mm
Febrero	16°C	0.4 mm
Marzo	15,3°C	4,4 mm
Abril	13,8°C	56,6 mm
Mayo	11,7°C	159,4 mm
Junio	10,5°C	71,6 mm
Julio	9 °C	78 mm

Agosto	10,1°C	93,6 mm
Septiembre	10,9°C	42,8 mm
Octubre	12,4°C	14,6 mm
Noviembre	14,2°C	0,4 mm
Diciembre	15,9°C	0 mm
		<b>Total= 559,2 mm</b>

Tabla 27: Precipitaciones y temperatura media mensual 2021 Hualpén. Elaboración propia.

Fuente: Estación de monitoreo Carriel Sur, Dirección Meteorológica de Chile

- 1) Se calcula un índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

Enero: $\left(\frac{16,3}{5}\right)^{1,514} = 5,984$	Julio: $\left(\frac{9}{5}\right)^{1,514} = 2,435$
Febrero: $\left(\frac{16}{5}\right)^{1,514} = 5,818$	Agosto: $\left(\frac{10,1}{5}\right)^{1,514} = 2,899$
Marzo: $\left(\frac{15,3}{5}\right)^{1,514} = 5,437$	Septiembre: $\left(\frac{10,9}{5}\right)^{1,514} = 3,254$
Abril: $\left(\frac{13,8}{5}\right)^{1,514} = 4,651$	Octubre: $\left(\frac{12,4}{5}\right)^{1,514} = 3,955$
Mayo: $\left(\frac{11,7}{5}\right)^{1,514} = 3,622$	Noviembre: $\left(\frac{14,2}{5}\right)^{1,514} = 4,857$
Junio: $\left(\frac{10,5}{5}\right)^{1,514} = 3,075$	Diciembre: $\left(\frac{15,9}{5}\right)^{1,514} = 5,763$

Tabla 28: Cálculo Índice Calor Mensual 2021. Elaboración propia

2) Se calcula el índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i:

$$I = \sum i$$

$$I = 51,75$$

3) Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{sin\ corr} = 16 \left( \frac{10t}{I} \right)^a$$

Donde:

*ETP<sub>sin corr</sub>* = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas).

t = temperatura media mensual °C

I = índice de calor anual, obtenido en el punto 2

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0,49239$$

Enero: $16 \left( \frac{10*16,3}{51,75} \right)^{1,307} =$ 71,675 mm/mes	Julio: $16 \left( \frac{10*9}{51,75} \right)^{1,307} =$ 32,978 mm/mes
Febrero: $16 \left( \frac{10*16}{51,75} \right)^{1,307} =$ 69,955 mm/mes	Agosto: $16 \left( \frac{10*10,1}{51,75} \right)^{1,307} =$ 38,343 mm/mes
Marzo: $16 \left( \frac{10*15,3}{51,75} \right)^{1,307} =$ 65,982 mm/mes	Septiembre: $16 \left( \frac{10*10,9}{51,75} \right)^{1,307} = 42,359$ mm/mes
Abril: $16 \left( \frac{10*13,8}{51,75} \right)^{1,307} =$ 57,658 mm/mes	Octubre: $16 \left( \frac{10*12,4}{51,75} \right)^{1,307} =$ 50,135 mm/mes
Mayo: $16 \left( \frac{10*11,7}{51,75} \right)^{1,307} =$ 46,468 mm/mes	Noviembre: $16 \left( \frac{10*14,2}{51,75} \right)^{1,307} = 59,852$ mm/mes
Junio: $16 \left( \frac{10*10,5}{51,75} \right)^{1,307} =$ 40,339 mm/mes	Diciembre: $16 \left( \frac{10*15,9}{51,75} \right)^{1,307} = 69,384$ mm/mes

Tabla 29: Cálculo ETP sin corregir mensual. Elaboración propia

4) Corrección para el n° de días del mes y el n° de horas de sol:

$$ETP = ETP_{sin\ corre} \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Donde:

**ETP** = Evapotranspiración potencia corregida

**N** = número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud (Tabla 7)

**d** = número de días del mes

- Número máximo de horas de sol (69). Hualpén 38°0'9S.

Latitud N (*)	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50	8,3	9,8	11,6	13,5	15,2	16,1	15,7	14,3	12,3	10,4	8,7	7,9
48	8,6	10	11,6	13,4	15	15,8	15,5	14,1	12,3	10,6	9	8,2
46	8,8	10,1	11,6	13,3	14,8	15,5	15,2	14	12,3	10,7	9,2	8,5
44	9,1	10,3	11,6	13,2	14,6	15,3	15	13,8	12,3	10,7	9,4	8,7
42	9,3	10,4	11,7	13,2	14,4	15	14,8	13,7	12,3	10,8	9,6	9
40	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,6	13,6	12,2	10,9	9,7	9,2
<b>38</b>	<b>9,6</b>	<b>10,6</b>	<b>11,7</b>	<b>13</b>	<b>14,1</b>	<b>14,6</b>	<b>14,4</b>	<b>13,5</b>	<b>12,2</b>	<b>11</b>	<b>9,9</b>	<b>9,4</b>
36	9,8	10,7	11,7	12,9	13,9	14,4	14,2	13,4	12,2	11,1	10,1	9,6
34	10	10,8	11,8	12,9	13,8	14,3	14,1	13,3	12,2	11,1	10,2	9,7
32	10,1	10,9	11,8	12,8	13,6	14,1	13,9	13,2	12,2	11,2	10,3	9,9
30	10,3	11	11,8	12,7	13,5	13,9	13,8	13,1	12,2	11,3	10,5	10,1
28	10,4	11	11,8	12,7	13,4	13,8	13,6	13	12,2	11,3	10,6	10,2
26	10,5	11,1	11,8	12,6	13,3	13,6	13,5	12,9	12,1	11,4	10,7	10,4
24	10,7	11,2	11,8	12,6	13,2	13,5	13,3	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5
22	10,8	11,3	11,9	12,5	13,1	13,3	13,2	12,8	12,1	11,5	10,9	10,7
20	10,9	11,3	11,9	12,5	12,9	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11	10,8
18	11	11,4	11,9	12,4	12,8	13,1	13	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9
16	11,1	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9	12,9	12,5	12,1	11,6	11,2	11,1
14	11,3	11,6	11,9	12,3	12,6	12,8	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	11,2
12	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3
10	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4
8	11,6	11,7	11,9	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12	11,8	11,6	11,5
6	11,7	11,8	12	12,1	12,3	12,3	12,3	12,2	12	11,9	11,7	11,7
4	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,2	12,2	12,1	12	11,9	11,8	11,8
2	11,9	11,9	12	12	12,1	12,1	12,1	12,1	12	12	11,9	11,9
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(\*) Para latitud Sur, basta calcular el complementario de 24. Por ejemplo, en Enero, 60°:  
Nº máximo de horas de sol= 24 – 6,4 = 17,6

Tabla 30: Número máximo de horas de sol. Fuente: Allen et al., 1998.

Enero: $71,675 * \frac{14,4}{12} * \frac{31}{30} = 88,877$	Julio: $32,978 * \frac{9,6}{12} * \frac{31}{30} = 27,261$
Febrero: $69,955 * \frac{13,4}{12} * \frac{28}{30} = 72,908$	Agosto: $38,343 * \frac{10,5}{12} * \frac{31}{30} = 34,668$
Marzo: $65,982 * \frac{12,3}{12} * \frac{31}{30} = 69,886$	Septiembre: $42,359 * \frac{11,8}{12} * \frac{30}{30} = 41,653$
Abril: $57,658 * \frac{11}{12} * \frac{30}{30} = 52,853$	Octubre: $50,135 * \frac{13}{12} * \frac{31}{30} = 56,123$
Mayo: $46,468 * \frac{9,9}{12} * \frac{31}{30} = 39,614$	Noviembre: $59,852 * \frac{14,1}{12} * \frac{30}{30} = 70,326$
Junio: $40,339 * \frac{9,4}{12} * \frac{30}{30} = 31,6$	Diciembre: $69,384 * \frac{14,6}{12} * \frac{31}{30} = 87,231$
	<b>ETP= 673mm</b>

Tabla 31: Cálculo ETP anual. Elaboración propia

- Balance Hídrico Hualpén 2021.

Lo que llueve menos los que se evapotranspira será el volumen de agua disponible.

**Precipitaciones 2021 - ETP 2021 = Agua disponible**

$$559,2\text{mm} - 673\text{mm} = -113,8 \text{ mm.}$$

Como se explicó anteriormente, el Humedal Lengua tiene muy poca altura sobre el nivel del mar y su geomorfología se caracteriza por ser una delgada capa de tierra, por lo que la acumulación de agua depende principalmente de la lluvia. De acuerdo al cálculo de evapotranspiración potencial, se ha evaporado y transpirado más agua de la que ha precipitado durante el año 2021, alcanzando un déficit de **-113,8 mm** de agua, lo que explica en gran medida la actual condición de sequía del humedal.



Figura 14: Sequía Humedal Lengua febrero 2022

- Evapotranspiración histórica y futura.

Como se mencionó anteriormente la temperatura es fundamental en el proceso de ET. De acuerdo a los datos obtenidos en base a los múltiples GCM trabajado, la temperatura media históricas (período 1980-2010) aumentó desde los 13,2° a 13,5°C al final del período. Al 2022 sería de 13.6°C. Mientras que en la proyección futura (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5, se proyecta la temperatura media en aumento desde los 13,9°C a 14,6°C al final del período.

Si bien los datos de temperatura media son datos anuales y la fórmula de Thornthwaite calcula ETP en función de datos mensuales, es posible interpretar la temperatura media anual de los periodos simulados como temperatura mensual para la determinación del índice de calor mensual ( $i$ ), para posteriormente iniciar el

proceso de cálculo de ETP descrito anteriormente con el fin de estimar la ET media en los períodos de tiempo estudiados.

#### Resultados de ETP media en periodos de tiempo simulados

<b>Años</b>	<b>ETP</b>
1980	658,35 mm
2010	665,22 mm
2022	667,56 mm
2035	674,70 mm
2065	692, 23 mm

Tabla 32: Resultados de ETP media en periodos de tiempo simulados. Elaboración propia.

- Balance hídrico.

Las proyecciones realizadas en GCM dicen que las precipitaciones medias históricas (período 1980-2010) disminuyeron desde los 1030,5 mm a 1004,5 mm al final del período. Mientras que en la proyección futura (2035-2065), bajo un escenario de altas emisiones de GEI RCP8.5, proyecta una disminución desde los 911,4 mm a 799 mm al final del período.

Lo que llueve menos los que se evapotranspira será el volumen de agua disponible.

<b>Año</b>	<b>Precipitaciones mm</b>	<b>ETP mm</b>	<b>Agua disponible mm</b>
<b>1980</b>	1030,5	658,3	372,2
<b>2010</b>	1004,5	665,2	339,3
<b>2022</b>	955,2	667,5	287,7
<b>2035</b>	911,4	674,7	236,7
<b>2065</b>	799	692,2	106,8

Tabla 33: Calculo de Agua disponible por periodos. Elaboración propia.

Los recursos hídricos del humedal se ven amenazados por dos variables climáticas, las precipitaciones y la ET, esta última depende de la temperatura. El criterio para la definición de rangos de amenaza se define, en el caso de las precipitaciones, por el porcentaje de superávit o déficit de acuerdo a la media de precipitaciones anual normal, la cual es de 1090,6 mm. Mientras que la ET lo hará de acuerdo a su potencial de evapotranspiración de la lluvia caída en cada período, expresado en porcentajes.

<b>Factor</b>	<b>Bajo (0 a 0,33)</b>	<b>Medio (0,34 a 0,66)</b>	<b>Alto (0.67 a 1)</b>
Déficit Hídrico	$\leq 5\%$	$>5\%$ y $\leq 10\%$	$>10\%$ $\leq 15\%$
ETP	$\leq 33\%$	$>33\%$ - $\leq 66\%$	$>66\%$ $\leq 100\%$

Tabla 34: Clasificación de Rango de Amenaza. Elaboración propia

Los valores de Amenaza van entre 0 y 1, donde 0 corresponde a los sistemas que no poseen Amenaza en el clima futuro, o que no muestran aumento de Amenaza entre períodos, y donde 1 corresponde a los sistemas en los que existe la mayor Amenaza en el clima futuro, o que muestran un aumento de Amenaza entre períodos. La referencia para el cálculo del factor de amenaza déficit hídrico será la media de precipitaciones anual normal, la cual es de 1090,6 mm. Mientras que la referencia para el cálculo del factor de amenaza ETP será el porcentaje de ETP de las precipitaciones que correspondan por período. El índice total de amenaza será el resultado promedio entre el déficit hídrico y la ETP.

Factor	Amenaza 1980	Amenaza clima actual	Amenaza clima futuro intermedio
Déficit Hídrico (1090,6 mm)	60,1 mm= 5,5% = 0,36	114,3 mm=10,5%= 0,70	291,6 mm= 26,7 %= 1
ETP	63,9%= 0,64	69,9%= 0,70	86,6%= 0,87
<b>Índice de amenaza actual: 0,70</b>			
<b>Índice de amenaza futuro intermedio: 0,93</b>			

Tabla 35: Índice de Amenaza. Elaboración propia.

#### 2.3.4 Sensibilidad

Muestra la susceptibilidad relativa frente a eventos de escasez hídrica esperados bajo las condiciones actuales, independientes del clima, que determinan el nivel de impacto que el cambio climático produciría en el sistema analizado. Es decir, que la sensibilidad depende del contexto en el cual se encuentra el Humedal Lengua para determinar qué tan probable es que se seque.

- Embancamiento

El humedal Lengua tiene la condición de marisma debido a que su existencia depende de agua dulce pero también del mar, la cual ingresa por el sector sur de Caleta Lengua en donde se genera un intercambio de agua dulce y agua salada que es parte fundamental de las condiciones naturales de este ecosistema.

Hoy la situación es muy distinta, la acumulación de arenas que procede de la costa, transportada por las condiciones de la marea ha generado un estancamiento que bloquea el acceso de aguas marinas al reservorio. De acuerdo a la actual condición (Figura 14), desde el mar ingresando por el puente hacia el humedal existe una inclinación máxima de 17% que, a los 90 metros desde la mar ingresando al humedal, logra alcanzar 9 metros de elevación de arena por sobre el nivel del mar.



Figura 15: Embancamiento. Elaboración propia Google Earth.

- Compactación por desarrollo inmobiliario

La construcción de la costanera derivó en que se compactarían los suelos, disminuyendo el flujo de agua subsuperficial. Mientras que, por otro lado, el desarrollo inmobiliario que va por el borde de la costanera desde ENAP hasta la Laguna Price restó superficie de la cuenca de abastecimiento de agua al humedal Lengua e impermeabilizó el suelo (Figura 15).

El canal que abastecía el Humedal Lengua desde la laguna Price ha sido entubado para permitir la construcción de casas, existiendo sobre él un relleno de 1.5 m. Esto hace que durante las lluvias el agua fluya por ese tubo, saliendo de la cuenca original y reduciendo el aporte a las napas subterráneas. En este caso claramente el desarrollo inmobiliario ha alterado un tramo cercano a los 3,45 km que va desde el punto donde el canal Price cruza la costanera hasta la laguna Price. Se estima entre un 15 a 20% de la superficie total de la cuenca original.



Figura 16: Compactación Humedal por desarrollo inmobiliario. Elaboración Propia

- Extracción de aguas.

La extracción de agua también es una condición que favorece las posibilidades de sequía de Humedal Lengua. Entre los afluentes naturales que posee el humedal cuatro de ellos provienen de quebradas que drenan por el sector norte del macizo peninsular. Analizando imágenes satelitales se puede observar como una de las quebradas más importantes es intervenida a través de 2 piscinas para riego en el Fundo Recart.



Figura 17: Intervención de Quebradas Fundo Recart. Elaboración propia. Google Earth.

- Indicador de sensibilidad

Variable	Bajo (0,33)	Medio (0,66)	Alto (1)	Indicador
Embankamiento	Sin obstrucciones	Obstrucción débil (1 a 3 mt)	Obstrucción total (>3,1)	<b>1</b>
Compactación	Sin compactación	Compactación por uso agrícola	Compactación por uso inmobiliario	<b>1</b>
Extracción de aguas en quebradas	Sin extracción	Intervención de 1 a 2 quebradas	Intervención de 3 a 4 quebradas	<b>0,66</b>
<b>Total</b>				<b>0,88</b>

Tabla 36: Indicador de sensibilidad. Elaboración propia

- Matriz de Riesgo

Indicadores	Clima actual	Clima Futuro
Amenaza	0,70	0,93
Exposición	1	
Sensibilidad	0,88	
Riesgo	<b>0,62</b>	<b>0,82</b>
<p>Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando inversiones precisas que se puedan aplicar en un plazo máximo de 2 año. Aplicadas las medidas preventivas se debe reevaluar el riesgo periódicamente cada 1 año</p>		

Tabla 37: Matriz de Riesgo. Elaboración propia

### 2.3.5 Resultados

El riesgo de sequía hidrológica del Humedal Lengua hoy en día, a priori, se puede asumir como un riesgo Alto, la evidencia empírica de un humedal seco durante este último verano no resiste mayor análisis. Sin embargo, los datos históricos ofrecen la posibilidad de observar el comportamiento del clima y del humedal en períodos de tiempo más allá de uno o dos años. De acuerdo a esa premisa, es posible observar que el déficit hídrico en la zona es una constante desde el año 2009 en adelante, lo que también se repite en el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía, que han experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30%. Esta pérdida de lluvias ha permanecido desde entonces en forma ininterrumpida y ha ocurrido en la década más cálida de los últimos 100 años, aumentando la evapotranspiración y agravando el déficit hídrico ((CR)2, 2015).

La situación tiene como causa principal al cambio climático y consistente con lo anterior, el modelo presentado en este estudio proyecta una reducción en la precipitación media anual de hasta un 27% respecto al promedio normal actual sobre Hualpén hacia el 2065 ((CR)2). Sin embargo, parte importante de las variaciones entre un año y otro de la precipitación acumulada son causadas por “La Niña”, fenómeno de origen natural caracterizado por el enfriamiento de temperaturas del océano Pacífico tropical producto de las alteraciones de la

circulación atmosférica que incluyen un debilitamiento de los vientos del oeste sobre Sudamérica y una intensificación del anticiclón del Pacífico, lo que provoca la disminución de precipitaciones y la agudización de las condiciones de sequía ((CR)2, 2015).

La Niña se presentó el año 2020 y el 2021 y existe un 53% de probabilidades de que lo haga en el 2022 de acuerdo a la Oficina Nacional de Administración Oceánica y atmosférica(NOAA) (Society, 2022). Lo anterior explica en gran medida los 559,2 mm de agua precipitadas en Hualpén el año 2021 y abre la posibilidad cierta de que situación similar se dé el año 2022, prologando las condiciones de sequía total del Humedal Lengua.

La presencia de La Niña es un componente relevante, pero tiene su contraparte que es el fenómeno de “El Niño”, el cual aumenta la temperatura del Pacífico y favorece la ocurrencia de precipitaciones, por lo que ambos fenómenos son un componente más a la hora de analizar el comportamiento climático en períodos extensos de tiempo ((CR)2, 2015).

De acuerdo a lo anterior y a la integración de los criterios realizada mediante la multiplicación de los índices de la exposición, sensibilidad y amenaza de la Tabla 37, podemos concluir que actualmente el riesgo de sequía en el humedal es de 0,62, lo que se caracteriza como Medio y nos asegura que no sería una constante que se pueda repetir todos los años sin la presencia del fenómeno de La Niña. En cambio, la evaluación climática del período futuro cercano da como resultado 0,82, lo que es un Riesgo Alto que aumenta las probabilidades de sequía total en el humedal aún sin la presencia de La Niña.

### **3 CAPITULO 3 ADAPTACIÓN A LOS RIESGOS CLIMÁTICOS** **HUALPÉN**

#### **3.1 PLAN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN SNPH**

<b>Indicador</b>	<b>Clima actual</b>	<b>Clima Futuro</b>
Riesgo	<b>0,48</b>	<b>0,76</b>
Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando inversiones precisas que se puedan aplicar en un plazo máximo de 2 año. Aplicadas las medidas preventivas se debe reevaluar el riesgo periódicamente cada 1 año		

Tabla 38: Indicador de Riesgo Incendio Forestal SNPH. Elaboración propia.

Los incendios forestales tienen como principal causa al ser humano, pero su probabilidad de ocurrencia y magnitud irán en aumento debido al cambio climático. De acuerdo al análisis de riesgo realizado en el capítulo anterior el Riesgo de incendios forestales es Medio en condiciones de clima actual y aumentará a Alto en condiciones de clima futuro si es que no se toman medidas de adaptación a esas nuevas condiciones. Lo anterior, de acuerdo a la metodología aplicada, nos obliga a tomar medidas que se puedan aplicar en un máximo de 2 años para así controlar y disminuir el riesgo. Para eso, se debe avanzar desde medidas reactivas (enfocadas principalmente en la supresión y combate de incendios) a acciones preventivas que apunten a las causas y factores de sensibilidad. Es así como un Plan de Prevención de Incendios Forestales en el SNPH debe ser asumido como prioritario con el objetivo de evitar disminuir el riesgo de daño y pérdidas socioeconómicas y ambientales derivado de eventos de incendios.

De acuerdo a lo anterior, se establecen tres fases de aplicación:

- a) Fase preventiva
- b) Fase de emergencia.
- c) Fase de Evaluación.

A partir de cada fase se desprenden líneas de acción, que a su vez contienen medidas con sus respectivas acciones.

### **3.1.1 Fase Preventiva**

Esta fase contempla todas las actividades que cumplen el propósito de controlar el riesgo de incendios forestales y se desarrolla hasta la alerta de un incendio forestal.

#### **3.1.1.1 Línea de acción 1: Prevención y difusión.**

Uno de los riesgos con mayor impacto y daño para el SNPH corresponde al de los incendios forestales. En este sentido, cabe señalar que si bien los incendios forestales son uno de los ámbitos de acción del COE, no existen acciones ni recursos destinados a la prevención de este riesgo por parte de municipio, generando condiciones de exposición y vulnerabilidad que ameritan ser considerados con el fin de proteger el SNPH.

Medidas:

- 1) Determinación de las prioridades de protección contra incendios para el SNPH
- 2) Manejo de combustibles
- 3) Mejoramiento del estado general de la vegetación del SNPH
- 4) Establecer criterios de construcción preventivos en zonas de interfaz
- 5) Planificación urbana y ordenamiento territorial
- 6) Gestión de residuos sólidos
- 7) Patrullajes preventivos
- 8) Control de accesos.
- 9) Educación y difusión.

<b>Medida 1</b>				
Titulo	Determinación de las prioridades de protección contra incendios para el SNPH			
Eje estratégico	Fase Preventiva			
Línea de acción	Prevención y difusión			
Objetivo	Establecer sectorización en base a cartografía y al análisis de riesgo desarrollado en el capítulo 2.			
Descripción	Esta medida busca delimitar los sectores de mayor demanda en protección, dónde debe orientarse de forma más eficiente la gestión de operaciones de manejo del fuego y la asignación de los recursos para la prevención de incendios forestales.			
Escala	SNPH			
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Realizar un análisis temporal y espacial de la ocurrencia histórica de los incendios que han tenido lugar en el SNPH.	Sectorizar y jerarquizar las zonas de mayor ocurrencia de incendios forestales	2 meses	Dirección de Medio Ambiente Aseo y Ornato
2	Elaborar una línea base de biodiversidad y servicios ecosistémicos del SNPH, que permitan su valorización natural, social, cultural y económica.	Sectorizar y jerarquizar los servicios ecosistémicos identificados	6 meses	Dirección de Medio Ambiente Aseo y Ornato
3	Elaborar encuesta para visitantes del SNPH que considere aspectos como:	Obtener datos que permitan sacar conclusiones	1 año	DIDECO

	objetivos de la visita, preferencias ecosistémicas, medio de transporte utilizado, conocimientos y necesidades respecto a la educación ambiental.	respecto a identificación de riesgos y prioridades de protección.		
4	Identificar en terreno los riesgos de incendios forestales en: Zonas de mayor ocurrencia histórica; zonas de alto valor ecosistémico; zonas que presentan factores de vulnerabilidad de acuerdo al estudio, tales como: caletas, caminos y senderos, cobertura vegetal, pendientes y playas.	Incorporar los riesgos identificados al Plan de Prevención de Incendios forestales, Plan de Manejo del Santuario y Plan regulador comunal.	8 meses	Dirección de Medio Ambiente Aseo y Ornato

Tabla 39: Medida 1 Determinación de las prioridades de protección contra incendios para el SNPH  
. Elaboración Propia

<b>Medida 2</b>	
Titulo	Manejo de combustibles
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Prevención y difusión
Objetivo	Intervenir la vegetación del SNPH para controlar el riesgo de incendios y en caso de haberlos, evitar la propagación del fuego a otros sectores
Descripción	Esta medida busca reducir el combustible y construir cortacombustibles a través de técnicas de silvicultura preventiva que por medio del despeje parcial de la vegetación a los costados de las vías del SNPH pueden ser aprovechadas como cortafuegos artificiales debido a que con ello, se reducen las intervenciones en

	superficies arboladas, los costos que implica la construcción de cortafuegos, y se facilita el acceso de las unidades de la Brigada para el combate de incendio desde los caminos.			
Escala	SNPH			
Acciones				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Extracción de material seco (retiro de ramas secas, fustes caídos y árboles muertos en pie por sobremadurez o ataque de plagas)	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato.
2	Extracción de árboles vivos con inclinación peligrosa y árboles con su fuste quebrado	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
3	Podas de formación (poda de ramas secas, dañadas o suprimidas para controlar propagación vertical del fuego hacia la copa)	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
4	Podas sanitarias (poda de ramas con problemas sanitarios).	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
5	Control mecánico (trozado, desrame y corte) de la quila y zarzamora	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato

6	Astillado del material grueso (ramas y troncos) y esparcido por el SNPH	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
7	Traslado de material a sectores libres de riesgo a incendios (lugar de acopio y astillado).	Reducir las cargas de combustible y el riesgo de incendio y propagación	18 meses	Departamento de Aseo
8	Manejo de la estrata herbácea mediante reducción del pastizal en áreas de riesgo mediante la construcción de fajas libres de vegetación empleando control mecánico.	Cortacombustible que reduzca la posibilidad de ignición y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
9	Despeje parcial de una faja de vegetación de 5 metros de ancho a los costados de los senderos considerando la eliminación de todo el material herbáceo y arbustivo, a excepción de los árboles vivos.	Cortacombustible que reduzca la posibilidad de ignición y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
10	Despeje de vegetación, en caso de árboles aislados, se proyecta desde perímetro de la copa, incrementando en un 50% el radio de copa correspondiente a la parte que se proyecta pendiente abajo y en un 25% el radio de copa que se proyecta hacia cada lado.	Cortacombustible que reduzca la posibilidad de ignición y propagación	18 meses	Departamento de Ornato

11	Despeje de vegetación, en caso de agrupación de árboles, se proyecta desde perímetro de la copa de los individuos ubicados en el perímetro de la agrupación, incrementando en un 50% el radio de copa correspondiente a la parte que se proyecta pendiente abajo, y en un 25% el radio de copa que se proyecta hacia cada lado de la agrupación.	Cortacombustible que reduzca la posibilidad de ignición y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
12	Despeje de vegetación, en caso de plantaciones menores de 3 años, se proyecta en un radio de 1 metro tomando como centro la planta.	Cortacombustible que reduzca la posibilidad de ignición y propagación	18 meses	Departamento de Ornato
13	Instalar material astillado de baja altura al borde de caminos y senderos inmersos en pendientes, como apoyo a los cortacombustibles	Reducir la velocidad de propagación e intensidad calórica del fuego ladera arriba, evitando que se siga propagando en la misma dirección hacia el otro lado del camino a consecuencia de la radiación	18 meses	Departamento de Aseo
14	Plantación de especies arbustivas de baja combustibilidad como la Acacia dealbata (Aromo Chileno) al borde de caminos y senderos.	Establecer barreras contra la propagación del fuego de menor impacto visual.	18 meses	Departamento de Ornato

Tabla 40: Medida 2 Manejo de combustibles. Elaboración propia

<b>Medida 3</b>				
Titulo	Mejoramiento del estado general de la vegetación del SNPH			
Eje estratégico	Fase Preventiva			
Línea de acción	Prevención y difusión			
Objetivo	Desarrollar labores orientadas a mantener saludable la vegetación, modificar su composición, y reconstruir zonas dañadas por incendios mediante reforestación.			
Descripción	Esta medida en primer lugar busca controlar las plagas y evitar su propagación para mantener la vegetación saludable y reducir la cantidad de material seco de fácil combustión (ramas y árboles muertos). Además, busca incorporar especies nativas más adaptadas a las condiciones del santuario, reemplazando árboles exóticos en estado de sobremadurez (ejemplares en mal estado sanitario y aquellos que constituyen un peligro por caída de árboles y ganchos). Y por último el reacondicionamiento de sectores plantados con especies nativas, los cuales han sido dañados por incendios.			
Escala	SNPH			
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Implementar un sistema integrado de control fitosanitario que permita el control de plagas mediante la ejecución de poda de ramas afectadas, control químico de manera localizada, y extracción de árboles enfermos o sobremaduros que se encuentren en mal estado sanitario.	Mejorar la condición de las plantaciones con el fin de reducir el riesgo de combustión.	18 meses	Departamento de Ornato

2	Reemplazar árboles exóticos en sobremadurez por especies nativas	Aumentar la presencia de especies nativas con el fin de reducir el riesgo de incendios.	18 meses	Departamento de Ornato
3	Reacondicionar sectores dañados por incendios	Reforestar con especies nativas y reducir el riesgo de incendio.	18 meses	Departamento de Ornato

Tabla 41: Medida 3. Mejoramiento del estado general de la vegetación del SNPH. Elaboración propia.

<b>Medida 4</b>	
Título	Establecer criterios de construcción preventivos en zonas de interfaz.
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Prevención y difusión
Objetivo	Avanzar en el desarrollo de infraestructura que permita reducir el riesgo de incendio en las zonas de interfaz del SNPH
Descripción	Existen diferentes maneras en que las viviendas o infraestructura pueden ser afectadas por el fuego: la entrada de pavesas, brasas, por calor radiante o por contacto con llamas. En ese sentido el establecer criterios de diseño y construcción de infraestructura y viviendas puede ser abordado como una herramienta para minimizar el riesgo de incendio.
Escala	Caletas, viviendas e infraestructura del SNPH

Acciones				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Identificar la infraestructura y viviendas con condiciones de riesgo críticas.	Inventario de infraestructura y viviendas críticas.	6 meses	Dirección de Obras Municipales
2	Construir o reemplazar los techos por material no combustibles, es decir, de material metálico, tejas de greda, o de tejas con revestimiento aislante térmico (fibra de vidrio aluminizada)	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
3	Sellar con material no inflamable las grietas y las uniones en los techos	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
4	Instalar ventanas o tragaluces de termopanel con doble vidrio y selladas con material no inflamable.	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
5	Instalar aleros de viviendas cerrados con un material resistente al fuego como por ejemplo una malla de alambre fino de 1/8 de pulgada.	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
6	Instalar ductos de ventilación que vayan del interior al exterior de la vivienda, como son las ventilaciones de los baños, los ductos del calefont,	Evitar que brasas o pavesas ingresen a las viviendas.	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano

	entre otros, recubiertos con una malla de alambre fino de 1/8 de pulgada.			
7	Instalar en los ductos de las chimeneas y estufas una malla de 1/4 de pulgada. También estos ductos deben estar despejados de cualquier material que pueda entrar en combustión.	Evitar que las brasas escapen.	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
8	Construir con materiales de construcción no inflamables, tales como ladrillos, adobes y/o fibrocemento. Sin revestimientos exteriores de vinilo o madera en bruto.	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
9	En caso de instalar revestimiento en los muros, estos deben ser de hormigón o fibrocemento	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
10	Instalar revestimientos de manera vertical y no horizontal, cubriendo todas las cavidades de las paredes con una malla de alambre fino de 1/8 de pulgada.	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
11	Evitar acumular material debajo de las terrazas y balcones.	Reducir el riesgo de incendio de viviendas	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano

12	Cubrir los balcones y terrazas en su parte inferior con materiales resistentes al fuego, como plancha de terciado o malla de alambre fino de 1/8 de pulgada.	Evitar que las brasas y/o pavesas caigan debajo de balcones y terrazas y enciendan la construcción.	2 años	Dirección de Desarrollo Urbano
----	--	---	--------	--------------------------------

Tabla 42: Medida 4 evitar que las brasas y/o pavesas caigan debajo de éstas y enciendan la construcción. Elaboración propia.

<b>Medida 5</b>				
Titulo		Planificación urbana y ordenamiento territorial		
Eje estratégico		Fase Preventiva		
Línea de acción		Prevención y difusión		
Objetivo		Incorporar medidas de prevención de incendios forestales en el Plan Regulador Comunal.		
Descripción		Los instrumentos de planificación territorial permiten ordenar el territorio de acuerdo a sus características. Tienen como objetivo orientar y regular el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales.		
Escala		Caletas, viviendas e infraestructura del SNPH		
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Establecer un límite de constructibilidad en el SNPH	Limitar la construcción en caletas y fundos del SNPH.	2 años	SECPLAN

2	Establecer una faja de a lo menos 25 metros de ancho, en la cual no se permitan edificaciones, entre los loteos existentes y las áreas de vegetación continua y permanente.	Evitar la propagación del fuego	2 años	SECPLAN
3	Establecer que las construcciones próximas a cualquier tipo de vegetación en especial cuando exista arbolado, deban considerar materiales de construcción resistentes al fuego.	Aplicación de la medida 4.	2 años	Dirección de Obras Municipales
4	Construir caminos que permitan el tránsito en ambos sentidos y contar con suministro de agua en forma de grifos y piscinas.	Asegurar el acceso de brigadas y el suministro de agua para el combate de incendio	2 años	Dirección de Obras Municipales
5	Permitir la construcción de infraestructura solo en terrenos planos con una inclinación máxima de 5%.	Evitar la propagación de fuego por pendiente	2 años	SECPLAN
6	Instalar el tendido eléctrico de forma subterránea.	Evitar la posibilidad de ignición aérea.	2 años	SECPLAN

Tabla 43: Medida 5. Planificación urbana y ordenamiento territorial. Elaboración propia.

<b>Medida 6</b>				
Titulo		Gestión de residuos sólidos		
Eje estratégico		Fase Preventiva		
Línea de acción		Prevención y difusión		
Objetivo		Disminuir la carga de combustible producida por residuos en las zonas de riesgo		
Descripción		La existencia de actividades forestales, caletas, residencias en fundos, playas, caminos y senderos aseguran la presencia de personas, y por consecuencia, de residuos en el SNPH. Una buena gestión de residuos que asegure la eliminación de éstos disminuye la carga combustible en las zonas de riesgo de incendio forestal.		
Escala		SNPH		
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Estudiar cuantitativa y cualitativamente los residuos sólidos de residentes, faenas y visitantes de SNPH por 8 semanas en periodo invernal y 8 semanas en periodo estival.	Identificar la cantidad y tipo de residuos que se generan en el SNPH	1 año	Departamento de Aseo
2	Georreferenciar las zonas de acumulación de residuos sólidos en el SNPH, incluido los microbasurales, en período invernal y estival.	Identificar las zonas con presencia de residuos en el SNPH	1 año	Departamento de Aseo
3	Instalar puntos de recepción de residuos sólidos, en lugares	Acopiar los residuos en zonas seguras, libres de	18 meses	Departamento de Aseo

	visibles, accesibles y seguros de acuerdo a la acción n°2.	riesgo de incendios.		
4	Gestionar el retiro, manejo y deposición final de residuos sólidos de acuerdo a las conclusiones de las acciones n°1 y n°2.	Disminuir el riesgo de incendios por presencia de residuos sólidos.	18 meses	Departamento de Aseo

Tabla 44: Medida 6. Gestión de residuos sólidos. Elaboración propia.

<b>Medida 7</b>				
Titulo	Patrullajes preventivos			
Eje estratégico	Fase Preventiva			
Línea de acción	Prevención y difusión			
Objetivo	Proteger el SNPH de la amenaza antrópica.			
Descripción	Esta medida busca proporcionar seguridad por medio de vigilancia, con el fin de controlar actitudes irresponsables asociadas a flagelos como la delincuencia y vandalismo los cuales inciden negativamente mediante incendios de origen intencional, destrucción ambiental, hurtos y destrucción de infraestructura.			
Escala	SNPH			
<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Identificar las zonas de mayor vulnerabilidad y	Detectar los sectores más	6 meses	Departamento de Medio Ambiente.

	probabilidad a incendios y hechos vandálicos.	vulnerables del SNPH		Seguridad Ciudadana
2	Identificar rutas que se puedan patrullar en vehículo y a pie de acuerdo a las conclusiones de la acción n°1	Establecer rutas de patrullaje preventivo	1 año	Departamento de Medio Ambiente. Seguridad Ciudadana
3	Capacitar a patrulleros con técnicas disuasivas que permitan prevenir acciones antrópicas amenazantes.	Controlar las amenazas antrópicas en el SNPH.	18 meses	Departamento de Medio Ambiente. Seguridad Ciudadana
4	Establecer coordinación con inspectores ambientales, seguridad ciudadana, bomberos, CONAF y carabineros.	Determinar procedimientos en caso de que las amenazas requieran acciones tales como: infracciones, combate de incendios o detención.	18 meses	Departamento de Medio Ambiente. Seguridad Ciudadana

Tabla 45: Medida 7. Patrullajes preventivos. Elaboración propia.

<b>Medida 8</b>				
Titulo	Control de accesos.			
Eje estratégico	Fase Preventiva			
Línea de acción	Prevención y difusión			
Objetivo	Establecer un mayor control de la circulación de personas al interior de las plantaciones			
Descripción	Esta medida busca controlar, monitorear y reducir el riesgo de incendio forestales atribuible a factores de vulnerabilidad tales como el tránsito de vehículos y personas por senderos y caminos. Además, aumenta la probabilidad de determinar las causas de incendios forestales.			
Escala	SNPH			
<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Crear una reglamentación que regule el acceso y uso del SNPH	Reducir el riesgo de incendios forestales	18 meses	Departamento de Medio Ambiente.

Tabla 46: Medida 8. Control de accesos. Elaboración propia.

<b>Medida 9</b>				
Titulo	Educación y difusión			
Eje estratégico	Fase Preventiva			
Línea de acción	Prevención y difusión			
Objetivo	Promover una conducta de mayor cuidado y respeto hacia los ecosistemas forestales, centrándose en reducir las causas de incendios forestales			
Descripción	Esta medida busca crear cambios de conducta en las personas con el fin de influir en la disminución de incendios forestales, influyendo sobre grupos sociales específicos, de forma diferenciada y más personal; la difusión utiliza medios de comunicación masivos o selectivos para emitir mensajes y recomendaciones.			
Escala	SNPH			
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Identificar grupos sociales específicos que viven, visitan o visitarán el SNPH	Orientar acciones de acuerdo a los objetivos de la población susceptibles a recibir determinados mensajes	3 meses	DIDECO
2	Identificar medios selectivos y/o masivos de acuerdo a los públicos definidos.	Asegurar la recepción efectiva del mensaje por parte de los públicos objetivos	4 meses	DIDECO

3	Crear un Plan Maestro de Educación Ambiental que considere los riesgos de incendios forestales	Establecer un marco que permita estructurar y evaluar la ejecución de las actividades educativas en el SNPH mediante la generación de un documento base que fije los lineamientos a seguir en este ámbito	7 meses	DIDECO/ Departamento de Medio Ambiente.
4	Planificar acciones de educación y difusión de acuerdo a los públicos objetivos y períodos de vulnerabilidad de incendios.	Establecer campañas que se orienten a las acciones específicas de prevención de incendios en distintos períodos del año.	9 meses	DIDECO/ Departamento de Medio Ambiente.
5	Realizar charlas preventivas de incendios forestales en establecimientos educacionales	Dar a conocer la importancia de los espacios naturales del SNPH como también las causas, riesgos y consecuencias de los incendios forestales	11 meses	Departamento de Medio Ambiente.
6	Charlas al aire libre acompañadas de visitas guiadas por el SNPH	Dar a conocer la importancia de los espacios naturales	18 meses	Departamento de Medio Ambiente.

		del SNPH como también las causas, riesgos y consecuencias de los incendios forestales		
7	Actividades participativas como trabajos de reforestación con especies nativas, restauración de ecosistemas degradados y reciclaje.	Integrar a la comunidad para crear en ella un mayor sentido de pertenencia hacia el SNPH	18 meses	Departamento de Medio Ambiente.
8	Crear e implementar un plan participativo de prevención de incendios en conjunto con las comunidades residentes en el SNPH	Hacer partícipes de las labores de prevención, a las comunidades residentes en el SNPH en los sectores de mayor riesgo de incendios.	6 meses	DIDECO
9	Instalar letreros y gigantografías en los accesos, zonas de riesgo y zonas con valor ecosistémico, que entreguen información sobre los riesgos de incendios, los cuidados a tener en consideración en los recorridos y las	Posibilitar la difusión de los mensajes a las y los visitantes.	8 meses	Departamento de Medio Ambiente.

	acciones a realizar en caso de emergencias.			
10	Creación de redes sociales y publicación de información relacionada a la prevención de riesgos de incendios forestales.	Posibilitar la difusión de los mensajes a un mayor número de personas	9 meses	Departamento de Comunicaciones
11	Presencia en radioemisoras, televisión y diarios locales informando las actividades y/o campañas a realizar	Posibilitar la difusión de los mensajes a un mayor número de personas	11 meses	Departamento de Comunicaciones
12	Evaluar las acciones y/o campañas realizadas	Estimar los impactos e identificar brechas con el fin de corregir.	2 años	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 47: Medida 9. Educación y difusión. Elaboración propia

### **3.1.1.2 Línea de acción 2: Pre-supresión**

Esta etapa corresponde a todas las acciones y actividades previas al inicio de un incendio forestal, consiste en la preparación de los recursos humanos y materiales para favorecer las condiciones de combate de los incendios y facilitar el control de éste.

De esta manera, se busca que las entidades a cargo del combate al fuego dispongan de todos los elementos, coordinaciones y condiciones necesarias para lograr el control y liquidación del siniestro.

Medidas:

10. Protección civil y animal

11. Apoyo Logístico

12. Construcción de helibase

<b>Medida 10</b>				
Titulo		Protección civil y animal		
Eje estratégico		Fase Preventiva		
Línea de acción		Pre-supresión		
Objetivo		Establecer procedimientos de acción para la protección civil y animal en el caso de incendios forestales en SNPH		
Descripción		Esta medida busca que la Municipalidad de Hualpén, a través de su COE se prepare para poder tener una respuesta eficiente, efectiva y coordinada en el caso de que se presente una emergencia de incendio forestal, cumpliendo su labor de proteger a la población y fauna del SNPH.		
Escala		SNPH		
<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Establecer un procedimiento de coordinación y comunicación interna y externa.	Determinar roles y procedimientos en caso de incendio forestal en el SNPH	2 meses	COE
2	Establecer un procedimiento, junto a carabineros para el control de accesos y tráfico	Facilitar el acceso de los medios de	6 meses	Inspección Municipal

	de medios relacionados con la emergencia en las áreas afectadas del SNPH, así como la custodia de bienes y mantenimiento del orden público.	emergencia y custodiar bienes.		
3	Elaborar un plan médico especial de atención de accidentados y heridos en terreno, y en caso de ser necesario, su traslado recepción en los centros asistenciales comunales o regionales.	Disminuir el riesgo de pérdidas humanas	1 año	DAS
4	Elaborar un Plan de atención veterinaria para la fauna afectada por incendios forestales	Disminuir el riesgo de pérdida de fauna	1 año	Departamento de Medio Ambiente/ Eco clínica
5	Elaborar un Plan de evacuación y puntos de reunión que facilite el traslado de la población que se encuentre en la zona de riesgo.	Disminuir el riesgo de pérdidas humanas	1 año	Seguridad Ciudadana
6	Elaborar un Plan de evacuación y albergue de mascotas y fauna residente en el SNPH.	Disminuir el riesgo de pérdida de fauna	1 año	Departamento de Medio Ambiente/ Eco clínica
8	Asegurar lugares de albergue y pernoctación para la población afectada.	Asegurar la protección civil	6 meses	DIDECO

9	Asegurar la alimentación de la población y fauna afectada durante la emergencia.	Asegurar la protección civil u animal	18 meses	DIDECO/ Departamento de Medio Ambiente
10	Conformar en cada caleta “Equipos Comunitarios de Respuesta ante Emergencias” (CERT) con el apoyo de la ONEMI.	Capacitar a la comunidad en materia de prevención, preparación y respuesta frente a incendios forestales.	2 años	DIDECO

Tabla 48: Medida 10. Protección civil y animal. Elaboración propia.

<b>Medida 11</b>	
Titulo	Apoyo Logístico
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Pre-supresión
Objetivo	Asegurar condiciones de apoyo logístico para las labores de combate de incendio
Descripción	Esta medida busca entregar el apoyo logístico necesario para facilitar el trabajo de las entidades encargadas del combate de incendios, aportando a reducir los impactos y daños del siniestro.
Escala	SNPH

Acciones				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Asegurar un lugar de albergue y pernoctación para el personal asignado al combate de incendios	Otorgar apoyo logístico al personal de combate de incendios	6 meses	DIDECO
2	Asegurar la alimentación e hidratación del personal asignado para el combate de incendios	Otorgar apoyo logístico al personal de combate de incendios	6 meses	DIDECO
3	Establecer procedimiento para la adquisición de raciones individuales de terreno (RIT) para el personal de combate de incendios.	Otorgar apoyo logístico al personal de combate de incendios	1 año	Dirección de Administración y Finanzas
4	Instalar bodegas de metal con herramientas para el combate de incendio (pala, pulaski, rastrillo mc leod, rozón, mangueras, motosierra.) y elementos de protección personal en zonas de alto riesgo de incendio del SNPH, partiendo por las residenciales.	Otorgar apoyo logístico al personal de combate de incendios	2 años	Dirección de Medio Ambiente Aseo y Ornato
5	Asegurar fuentes de abastecimiento de agua en zonas de alto riesgo de	Otorgar apoyo logístico al personal de	1 año	Departamento de Ornato

	incendio forestal en el SNPH. (grifos, piscinas, camiones aljibes)	combate de incendios		
6	Establecer procedimientos para el monitoreo de la evaluación del incendio que aseguren a lo menos la siguiente información: Ubicación exacta del incendio, combustible y superficie afectada, amenazas potenciales, condiciones meteorológicas del momento, dirección de viento.	Otorgar apoyo logístico al personal de combate de incendios	6 meses	COE

Tabla 49: Medida 11. Apoyo Logístico. Elaboración propia

<b>Medida 12</b>	
Título	Construcción de helibase
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Pre-supresión
Objetivo	Maximizar la eficiencia y eficacia de las actividades de helitransporte para el combate de incendios.
Descripción	Esta medida tiene como fin escoger un espacio estratégico en el SNPH que permita que las actividades de helitransporte se realicen dentro de un marco de seguridad que minimice los peligros y los riesgos de accidentes, al mismo tiempo que maximiza la eficacia y eficiencia en el control de incendios. Se deben establecer cinco zonas para el trabajo operativo dentro

	del área escogida para realizar el abordaje y desabordaje de personal e insumos para el combate de incendios forestales			
Escala	SNPH			
Acciones				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Escoger zona de estacionamiento de vehículos en un sector amplio, de fácil acceso y localizado a una distancia de no menos de 50 metros de la zona de seguridad	Asegurar condiciones de operación de personal y helicóptero de combate de incendios.	2 años	Dirección de Transporte
2	Escoger zona de concentración de grupos, la cual corresponde a un sector del terreno en donde debe converger el personal a helitransportar. Se localiza de preferencia a un costado de la ruta de entrada y salida del helicóptero y a una distancia prudente del sector en donde se realizará el embarque, por lo regular a no menos de 30 metros de la zona de embarque	Asegurar condiciones de operación de personal y helicóptero de combate de incendios.	2 años	Dirección de Transporte
3	Escoger zona de embarque y desembarque. Sector localizado aprox. a 30 metros de la zona de aterrizaje, enfrente del helicóptero y dentro del campo visual del piloto. Entre esta zona	Asegurar condiciones de operación de personal y helicóptero de	2 años	Dirección de Transporte

	y el helicóptero debe existir un área despejada para él tránsito seguro del personal. La altura de la vegetación no debe exceder de los 50 cm.	combate de incendios.		
4	Escoger zona de aterrizaje. Sector del terreno con suelo lo más sólido posible, de preferencia cubierto por pasto y sin polvo, plano o levemente inclinado, sin obstáculos para la visión del piloto y sobre el cual se puedan posicionar los esquís del helicóptero.	Asegurar condiciones de operación de personal y helicóptero de combate de incendios.	2 años	Dirección de Transporte
5	Escoger zona de espera del camión de combustible. Es un sector de fácil acceso para vehículos y localizado cerca de la helipista para abastecer de combustible al helicóptero.	Asegurar condiciones de operación de personal y helicóptero de combate de incendios.	2 años	Dirección de Transporte

Tabla 50: Medida 12. Construcción de helibase. Elaboración propia.

### 3.1.1.3 Línea de acción: Detección

Comprende las acciones y actividades tendientes a localizar de la forma más rápida el origen de un incendio forestal con el fin de que éstos tengan una pequeña superficie amagada. Además, se debe procurar aportar la mayor cantidad de información acerca de las características del incendio y del sector en el cual se propaga, para facilitar las decisiones de despacho de recursos para su combate. Para esta etapa es fundamental contar con la colaboración de la comunidad residente y visitantes del SNPH.

Medidas:

- 13) Detección terrestre fija
- 14) Detección terrestre móvil
- 15) Detección por sensores térmicos
- 16) Detección por colaboración

<b>Medida 13</b>				
Titulo		Detección terrestre fija		
Eje estratégico		Fase Preventiva		
Línea de acción		Detección		
Objetivo		Posibilitar la detección de incendios desde altura fija		
Descripción		Esta medida se basa en la visión de un observador desde estructuras metálicas de altura (torres) ubicadas en puntos estratégicos de acuerdo a las zonas de riesgo de incendio forestal. Avistado el fuego el Observador recopila la información necesaria sobre las características del fuego y las comunica CONAF y al COE. La observación en el área es permanente, casi ininterrumpida y la comunicación se debe realizar por radiotransmisor. No todo el terreno está a la vista, habrá puntos ciegos en el lado oculto de los cerros, que retardarán en algunos minutos la detección hasta que el humo sea visible por sobre el terreno		
Escala		SNPH		
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Identificar sectores cercanos a zonas con riesgo de incendio	Seleccionar ubicación de instalaciones de	6 meses	Departamento de Medio Ambiente

	forestal y de altura prominente	torres de observación		
2	Gestionar proyecto para la construcción de torre o torres de observación	Obtener recursos para la construcción de torre o torres.	1 año	SECPLAN
3	Construir torre o torres (de acuerdo a las necesidades y presupuesto) de observación.	Establecer puntos fijos de detección y disminuir el tiempo de detección y reacción	2 años	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 51: Medida 13. Detección terrestre fija. Elaboración propia.

<b>Medida 14</b>	
Titulo	Detección terrestre móvil
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Detección
Objetivo	Posibilitar la detección de incendios
Descripción	Esta medida corresponde al desplazamiento de vigilantes (o los mismos patrulleros de la medida 6) principalmente en los puntos ciegos de la torre de observación. Entregar información completa sobre el incendio a la vista posibilita el ataque oportuno al fuego, pero la observación no es continua, ya que, durante el recorrido, pasará un cierto tiempo para volver a pasar y vigilar un mismo sector.
Escala	SNPH

<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Identificar puntos ciegos de la torre o las torres de observación	Elaborar ruta de desplazamiento terrestre para vigilancia y disminuir el tiempo de detección y reacción	6 meses	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 52: Medida 14. Detección terrestre móvil. Elaboración propia

<b>Medida 15</b>	
Titulo	Detección por sensores térmicos
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Detección
Objetivo	Implementar un mecanismo de detección de incendios a través de sensores térmicos.
Descripción	Esta medida busca desarrollar un sistema de detección de altas temperaturas, que funcione en tiempo real, 24 horas al día y que permita facilitar y optimizar el trabajo en la tarea de detección de incendios forestales.
Escala	SNPH

<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Realizar un estudio de mercado y analizar las posibilidades más viables de acuerdo a las condiciones físicas del SNPH y los recursos disponibles.	Seleccionar un sistema de detección de incendios forestales por sensores	1 año	SECPLAN
2	Implementar el sistema de detección de incendios forestales por sensores que este coordinado con los entes de combate y reacción.	Disminuir el tiempo de detección y reacción frente a incendios forestales.	2 años	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 53: Medida 15. Detección por sensores térmicos. Elaboración propia.

<b>Medida 16</b>	
Título	Detección por colaboración
Eje estratégico	Fase Preventiva
Línea de acción	Detección
Objetivo	Establecer un fono de emergencias para la recepción de información relacionada con la detección de incendios forestales
Descripción	Esta medida busca hacer partícipe a los residentes y visitantes del SNPH en la tarea de detección de incendios forestales. Para lo anterior se hace necesario tener un canal de recepción de información que esté disponible para la comunidad.
Escala	SNPH

Acciones				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Instalación de señalética en el SNPH que visibilice número de contacto y punto exacto de ubicación en caso de detección de fuego.	Disminuir el tiempo de detección y reacción frente a incendios forestales.	7 meses	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 54: Medida 16. Detección por colaboración. Elaboración propia.

### 3.1.2 **Fase de Emergencia:**

Esta fase se aplica desde que se establece la alerta correspondiente a las entidades encargadas del combate de incendios forestales, hasta la extinción del siniestro.

#### 3.1.2.1 **Línea de acción: Coordinación interna y externa.**

El combate de incendios forestales es una tarea que deben asumir las entidades responsables y capacitadas para tales tareas. Aun así, existen tareas desde el municipio que se pueden asumir con el fin de asegurar la protección de la población y facilitar las mejores condiciones para las labores de combate de incendio. Es por lo anterior que la acción rápida y coordinada del municipio con los distintos actores que se involucran en la emergencia es fundamental para disminuir el daño ocasionado por un incendio forestal.

Medidas

17) Conformación del COE

<b>Medida 17</b>				
Titulo		Conformación del COE		
Eje estratégico		Fase de Emergencia		
Línea de acción		Coordinación interna y externa		
Objetivo		Coordinar las acciones municipales de cara al siniestro		
Descripción		Esta medida busca dirigir la atención y recursos del municipio a la emergencia de incendio forestal. El objetivo es coordinar a los recursos humanos y materiales del municipio para proteger a la población civil, como también colaborar y entregar las condiciones óptimas a las entidades que combaten el fuego		
Escala		SNPH		
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Conformación del COE	Constituir un centro de operaciones de emergencia.	3 meses	Encargado del COE
2	Establecer canales de comunicación y coordinación con CONAF, Bomberos, Carabineros y ONEMI	Coordinar las acciones de protección civil y combate de incendios	3 meses	COE

3	Monitorear en tiempo real el avance del incendio.	Evaluar y determinar las medidas a tomar de acuerdo a la evolución del incendio	3 meses	COE
4	Aplicar los procedimientos y planes descritos en las medidas 10 y 11 de acuerdo a la magnitud del incendio.	Proteger a la población civil, animal y aportar logísticamente a las entidades encargadas del combate de incendios	2 años	DIDECO/ Departamento de Medio Ambiente (Ecoclínica)

Tabla 55. Medida 17. Conformación del COE. Elaboración propia

### **3.1.3 Fase de evaluación**

Esta fase inicia cuando el incendio forestal es extinguido y termina una vez se aplican medidas de mejoramiento al Plan de Prevención de Incendios Forestales en el SNPH.

#### **3.1.3.1 Línea de acción: Mejora continua**

Este proceso busca evaluar las acciones llevadas a cabo en la fase de prevención y emergencias, con el fin de determinar las fortalezas del plan e identificar las brechas que se pueden mejorar para disminuir el riesgo de incendio forestal.

Medida:

1. Mejora Continua.

<b>Medida 18</b>				
Titulo		Mejora continua		
Eje estratégico		Fase Preventiva		
Línea de acción		Prevención y difusión		
Objetivo		Implementar un sistema que permita evaluar el rendimiento de las medidas adoptadas, con el fin de fortalecerlas.		
Descripción		Esta medida busca implementar un sistema de mejora continua que permita entender los puntos fuertes que hay que mantener y remarca las áreas en las que es necesario mejorar. La idea se basa en que, una vez acabada la etapa de emergencia de un incendio, se debe evaluar lo realizado para incorporar nuevas mejoras.		
Escala		SNPH		
<b>Acciones</b>				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Verificar que los resultados se condicen con los objetivos planteados	Identificar brechas y replanificar	2 años	Departamento de Medio Ambiente
2	Ejecutar las acciones de mejora necesarias	Asentar las mejoras al plan.	3 años	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 56: Medida 18. Mejora continua. Elaboración propia.

### **3.2 PLAN DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE SEQUÍA HIDROLÓGICA** **HUMEDAL LENGA**

<b>Indicadores</b>	<b>Clima actual</b>	<b>Clima Futuro</b>
Riesgo	<b>0,62</b>	<b>0,82</b>
Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando inversiones precisas que se puedan aplicar en un plazo máximo de 2 año. Aplicadas las medidas preventivas se debe reevaluar el riesgo periódicamente cada 1 año		

Tabla 57: Indicador de Riesgo de Sequía Hidrológica Humedal Lenga. Elaboración propia.

El riesgo de sequía hidrológica del Humedal Lenga bajo las condiciones de clima actual es Medio, sin embargo, las posibilidades de sequía total se acrecientan drásticamente con la presencia del fenómeno climático “La Niña”, el cual tiene altas probabilidades de manifestarse este año 2022, lo que aseguraría otro año de sequía total para ese ecosistema. En materia de predicciones futuras la cosa no mejora, el riesgo de sequía hidrológica es Alto y el no tomar medidas asegura la desaparición del humedal y la vida que se desarrolla en torno a él. Un futuro más seco y cálido sin análogo en el último milenio, conjugado con una sociedad cada vez más compleja y demandante, nos obliga a buscar medidas y soluciones innovadoras que trasciendan las fronteras administrativas, el interés de uno u otro sector y que contemplen múltiples actores y disciplinas del conocimiento.

Para enfrentar este riesgo se hace necesario tomar medidas que aseguren la presencia de recursos hidrológicos en el humedal, sobre todo en los periodos estivales, a través de un plan de adaptación para el Humedal Lenga.

De acuerdo a lo anterior que se proponen dos fases de aplicación:

- 1) Fase de Protección.
- 2) Fase de Adaptación.

A partir de cada fase se desprenden líneas de acción, que a su vez contienen medidas con sus respectivas acciones.

### 3.2.1 Fase de Protección

Esta fase busca hacerse cargo de los principales factores de vulnerabilidad detectados en el capítulo 2 de este estudio, que favorecen las condiciones de sequía para el Humedal Lenga, dentro de los cuales podemos nombrar la compactación, el embancamiento y la extracción de aguas del humedal.

#### 3.2.1.1 Línea de acción: Compactación

El desarrollo inmobiliario ha reducido en gran medida la cuenca del Humedal Lenga, la compactación de los suelos para ese desarrollo ha intervenido el flujo de agua superficial y subterránea que naturalmente decantaba en el Humedal. Es importante evitar que la cuenca siga perdiendo terreno.

Medidas

- 1) Mejorar la identificación y protección de áreas de valor ambiental en la cuenca del Humedal Lenga
- 2) Planificación urbana y ordenamiento territorial

<b>Medida 1</b>	
Título	Mejorar la identificación y protección de áreas de valor ambiental en la cuenca del humedal Lenga
Eje estratégico	Fase de Protección
Línea de acción	Compactación
Objetivo	Identificar aquellas áreas que proveen servicios ecosistémicos que son relevantes para el Humedal Lenga y la comuna, con el fin de impulsar su incorporación en el Plan Regulador Comunal (PRC).
	Los Instrumentos de Planificación Territorial reconocen aquellas zonas o elementos de valor natural protegidos por el

	ordenamiento jurídico vigente, no obstante, pueden existir áreas de valor natural que no cuentan con protección legal, por lo que no resultan vinculantes para el PRC. Respecto de estas áreas es necesario determinar su valor ambiental para así habilitar su reconocimiento por parte de estos instrumentos, garantizando su resguardo.			
Escala	Comuna de Hualpén			
Acciones				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Elaborar una línea base de biodiversidad y servicios ecosistémicos para las zonas de cuenca que alimentan el Humedal Lengua	Línea base de biodiversidad y servicios ecosistémicos.	1 año	Departamento de Medio Ambiente
2	Elaborar un estándar de provisión de servicios ecosistémicos, que permita clasificar zonas e identificar brechas	Protocolo de caracterización de servicios ecosistémicos diferenciado por zonas.	2 años	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 58: Medida 1. Mejorar la identificación y protección de áreas de valor ambiental en la cuenca del humedal Lengua. Elaboración propia.

<b>Medida 2</b>				
Titulo		Planificación urbana y ordenamiento territorial		
Eje estratégico		Fase de Protección		
Línea de acción		Compactación		
Objetivo		Impedir el desarrollo inmobiliario en la cuenca del Humedal Lengua.		
Descripción		La urbanización del sector costanera ha producido la compactación de tierra, lo que disminuido la cuenca del Humedal Lengua de forma considerable. Los instrumentos de planificación territorial permiten ordenar el territorio de acuerdo a sus características. Tienen como objetivo orientar y regular el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales, por lo que es a través de este instrumento que podemos impedir un desarrollo urbano en el área que encierra la rotonda Peñuela, la costanera y el río Biobío hasta llegar a la costa, para así evitar que se continúen compactando tierras e imposibilitando aún más la llegada de afluentes de agua dulce al humedal.		
Escala		Cuenca Humedal Lengua.		
<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Zonificar y proteger los sectores de valor ambiental e hídrico que alimentan el Humedal Lengua	Impedir el desarrollo inmobiliario y la compactación de tierras en la cuenca del Humedal,	1 año	SECPLAN

2	Integrar estos sectores a la comuna de Hualpén desde una perspectiva turística a través de sus servicios ecosistémicos a través del PRC	Integrar la cuenca a la comuna de Hualpén.	2 años	Departamento de Medio Ambiente
---	---	--	--------	--------------------------------

Tabla 59: Medida 2. Planificación urbana y ordenamiento territorial. Elaboración propia

### 3.2.1.2 Línea de acción: Embancamiento

El actual diseño de Caleta Lengua y su infraestructura favorecen la acumulación de arena, a consecuencia de la marea, en la zona de intercambio de aguas entre el Humedal y el mar. Tal situación requiere adoptar medidas que permitan mantener la condición de marisma, ya que tal ecosistema necesita de la presencia de agua dulce y salada para lograr su equilibrio natural.

Medidas

- 3) Asegurar la condición de marisma del Humedal Lengua

<b>Medida 3</b>	
Titulo	Asegurar la condición de marisma del Humedal Lengua
Eje estratégico	Fase de Protección
Línea de acción	Embancamiento
Objetivo	Solucionar el problema de embancamiento
Descripción	Esta medida busca solucionar el problema de la acumulación de áridos en la zona de intercambio de agua dulce y agua marina del Humedal Lengua.
Escala	Cuenca Humedal Lengua.

<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Elaborar un estudio de base que permita identificar los factores que producen la acumulación de áridos en la zona de intercambio de aguas	Identificar el riesgo de embancamiento.	6 meses	Departamento de Medio Ambiente
2	Elaborar un plan de acción que considere medidas de infraestructura y extracción de áridos que permitan minimizar el riesgo de embancamiento	Reducir el riesgo de embancamiento	9 meses	Departamento de Medio Ambiente
3	Solicitar la calificación ambiental, del Servicio de Evaluación Ambiental, del plan de acción que proponga la acción N° 2 de esta medida.	Determinar los impactos ambientales de las medidas que se tomen para minimizar el riesgo de embancamiento	9 meses	Departamento de Medio Ambiente
4	Una vez minimizado los impactos ambientales, aplicar las modificaciones de infraestructura necesarias en el sector.	Impedir la acumulación de áridos en el sector de intercambio de aguas.	1 año	Departamento de Medio Ambiente
5	Establecer un procedimiento que permita el monitoreo de zona y la extracción de áridos en caso de embancamiento.	Permitir el intercambio de agua dulce y agua marina en el Humedal Lengá.	15 meses	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 60. Medida 3. Asegurar la condición de marisma del Humedal Lengá. Elaboración propia

### 3.2.1.3 Línea de acción: Extracción de aguas.

El Humedal Lengua principalmente se abastece de precipitaciones. Sin embargo, también existen afluentes naturales que decantan en esa zona proveniente de canales y quebradas. Asegurar que tales afluentes lleguen a destino y no sean intervenidos es fundamental para preservar ese ecosistema.

Medidas

- 4) Conservación de afluentes.

<b>Medida 4</b>				
Titulo		Conservación de afluentes.		
Eje estratégico		Fase de Protección		
Línea de acción		Extracción de aguas.		
Objetivo		Permitir la libre circulación de agua dulce hacia el Humedal Lengua		
Descripción		El Humedal Lengua tiene distintos afluentes de agua dulce que permiten la existencia de un cuerpo de agua vital para la especies y comunidades aledañas. Estos afluentes están siempre en riesgo de ser intervenidos para fines particulares debido a la existencia de proyectos productivos alrededor del Humedal Lengua que requieren recursos hídricos.		
Escala		Cuenca Humedal Lengua.		
<b>Acciones</b>				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Fiscalizar la condición de los afluentes que decantan en el Humedal Lengua (canales, quebradas, río)	Asegurar la no intervención de estos afluentes.	3 meses	Departamento de Medio Ambiente

2	Denunciar a las autoridades correspondientes en caso de intervención de afluentes.	Sancionar a quienes intervienen en los afluentes	3 meses	Departamento de Medio Ambiente
3	Incorporar a través de una ordenanza municipal sanciones a la intervención de los afluentes.	Desincentivar la intervención de afluentes.	6 meses	Dirección Jurídica
4	Implementar mecanismos de monitoreo de caudal que permitan identificar cambios abruptos producidos por intervenciones.	Monitorear los afluentes.	1 año	Departamento de Medio Ambiente

Tabla 61: Medida 4. Conservación de afluentes. Elaboración propia.

### 3.2.1.4 Línea de acción: Integración

Integrar el Humedal Lengua a la comuna de Hualpén es fundamental para poder proteger su valor natural. Ese proceso no puede ignorar a la comunidad que convive con ese ecosistema, por lo que fomentar la participación y el sentido de pertenencia del Humedal con la comunidad es imperativo para que su protección sea efectiva.

Medidas

#### 5) Creación de Comité de Protección Humedal Lengua

<b>Medida 5</b>	
Título	Creación de Comité de Protección Humedal Lengua
Eje estratégico	Fase de Protección
Línea de acción	Integración
Objetivo	Proteger y gobernar el Humedal Lengua

Descripción	Esta medida busca construir una instancia participativa que involucre a los residentes de Caleta Lengua con el fin de otorgar protección y una buena gobernanza al Humedal Lengua. Lo anterior debe ser a través de una ordenanza municipal y de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Ley 19.418. La Dirección de Medio Ambiente debe velar por el adecuado funcionamiento del comité			
Escala	Cuenca Humedal Lengua.			
Acciones				
Nº	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Promover activamente la participación ciudadana en las acciones de protección, conservación, uso racional y restauración del humedal	Involucrar a la comunidad residente de Lengua con el Humedal.	6 meses	DIDECO
2	Promover el reconocimiento de los valores sociales y ambientales del humedal	Generar pertenencia en la comunidad respecto al humedal	6 meses	DIDECO
3	Fiscalizar el cumplimiento de la legislación referida a la protección del humedal como parte del SNPH	Desincentivar la intervención de afluentes.	6 meses	Departamento de Medio Ambiente
4	Elaborar un Plan de Gestión Ambiental del Humedal, apoyado técnicamente por la Dirección de Medio Ambiente.	Organizar y pensar en conjunto a la comunidad el rol del Humedal en Caleta Lengua	1 año	Departamento de Medio Ambiente

5	Implementar el Plan de Gestión Ambiental del Humedal, el cual debe ser incorporado como parte del Plan de Desarrollo Comunal	Aplicar un modelo de gobernanza participativa del humedal	18 meses	Departamento de Medio Ambiente
6	Desarrollar acciones de educación para la conservación del área.	Promover su uso y valoración ambiental	18 meses	Departamento de Medio Ambiente
7	Capacitar a representantes de la comunidad en actividades de recreación u otras posibles de realizar, propias del Humedal.	Involucrar a la comunidad en la protección y uso del humedal	18 meses	Departamento de Medio Ambiente
8	Formar alianzas con otros municipios, organizaciones sociales, actores públicos y/o privados para desarrollar iniciativas comunes	Compartir conocimientos y estrategias de gestión con la comunidad	2 años	Departamento de Medio Ambiente
9	Presentar proyectos a fondos concursables u otras formas de financiamiento para desarrollar actividades relacionadas a la protección, conservación, uso racional o restauración del humedal.	Adquirir recursos que faciliten las tareas a ejecutar en el Humedal.	2 años	SECPLAN

Tabla 62: Medida 5. Creación de Comité de Protección Humedal Lengua. Elaboración propia

### 3.2.2 Fase de Adaptación

Como observamos en el capítulo anterior, el Humedal Lenga principalmente es abastecido por las precipitaciones, por lo que el déficit de ellas y el alto potencial de ET que produce el aumento sostenido de la temperatura, asegura un alto riesgo de sequía. Lamentablemente los afluentes del humedal sufren las mismas condiciones, por lo que se hace necesario considerar medidas innovadoras para así asegurar la presencia de agua, y por consecuencia, la sobrevivencia del ecosistema de acuerdo a las nuevas condiciones climáticas.

#### 3.2.2.1 Línea de acción: Construcción de afluentes

Las grandes obras de ingeniería que una vez fueron el factor facilitador del desarrollo hoy pueden cumplir un rol fundamental en los complejos escenarios climáticos que se avecinan. La ingeniería siempre ha sido una disciplina que ha permitido la adaptación de nuestra vida nuevas condiciones.

Medidas

- 6) Construcción de canal Essbio-Lenga.

<b>Medida 6</b>	
Titulo	Construcción de canal Essbio-Lenga.
Eje estratégico	Fase de Adaptación
Línea de acción	Construcción de afluentes
Objetivo	Derivar agua tratada desde la Planta de Aguas Servidas Essbio al Humedal Lenga
Descripción	Esta medida busca construir canales o ductos de agua desde la planta de procesamiento de aguas servidas del sector Peñuelas al Humedal Lenga. Esta medida presenta ventajas en comparación con otras tales como la conexión a través de canales del Humedal Lenga con el Río Biobío, debido a que

	requiere una menor extensión de canales, el aporte de agua sería permanente y el mantenimiento requerido sería también mínimo.			
Escala	Cuenca Humedal Lenga.			
Acciones				
N°	Acción	Resultado esperado	Plazo	Responsable
1	Construir un humedal artificial que realice el tratamiento terciario de las aguas servidas	Asegurar que el agua que llegue a la zona de los canales y laguna de Lenga sea lo más limpia posible.	1 año	Departamento de Medio Ambiente
2	Construir canales que transporten el agua tratada desde el humedal artificial al Humedal Lenga.	Contar con nuevos afluentes para el Humedal Lenga	16 meses	Departamento de Ornato
3	Administrar el flujo de agua con el fin de evitar inundaciones y sequías del Humedal Lenga	Reducir el Riesgo de Sequía del Humedal Lenga	18 meses	Departamento de Medio Ambiente
4	Mantención del Humedal artificial y canales.	Impedir la sedimentación en los afluentes y asegurar la limpieza del agua.	2 años	Departamento de Ornato

Tabla 63: Medida 6. Construcción de canal Essbio-Lenga. Elaboración propia.

### **3.3 ANÁLISIS TÉCNICO MEDIDA N° 12. PLAN DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES SNPH. “CONSTRUCCIÓN DE HELIBASE”.**

La construcción de una helibase en el Santuario de la Naturaleza tiene por objetivo maximizar la eficiencia y la eficacia de las actividades de helitransporte para el combate de incendios. Esta medida tiene como fin escoger un espacio estratégico en el SNPH que permita que las actividades de helitransporte se realicen dentro de un marco de seguridad que minimice los peligros y riesgos de accidentes, al mismo tiempo que maximiza la eficacia y eficiencia en el control de incendios.

#### **3.3.1 Localización.**

La helibase quedará comprendida dentro de la comuna de Hualpén y en particular en el SNPH. Para la implementación de una helibase se dispone de un terreno municipal de 10.668,19 m<sup>2</sup>. que se encuentra ubicado en la zona oriente del SNPH, a 400 metros de Caleta Lengua. Dicho terreno colinda al este con el Fundo Ramuncho, al norte con el Centro de Investigación de Biología Marina de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, al sur con Caleta Lengua y al oeste con el mar. La localización del terreno se puede apreciar mejor en el siguiente mapa:

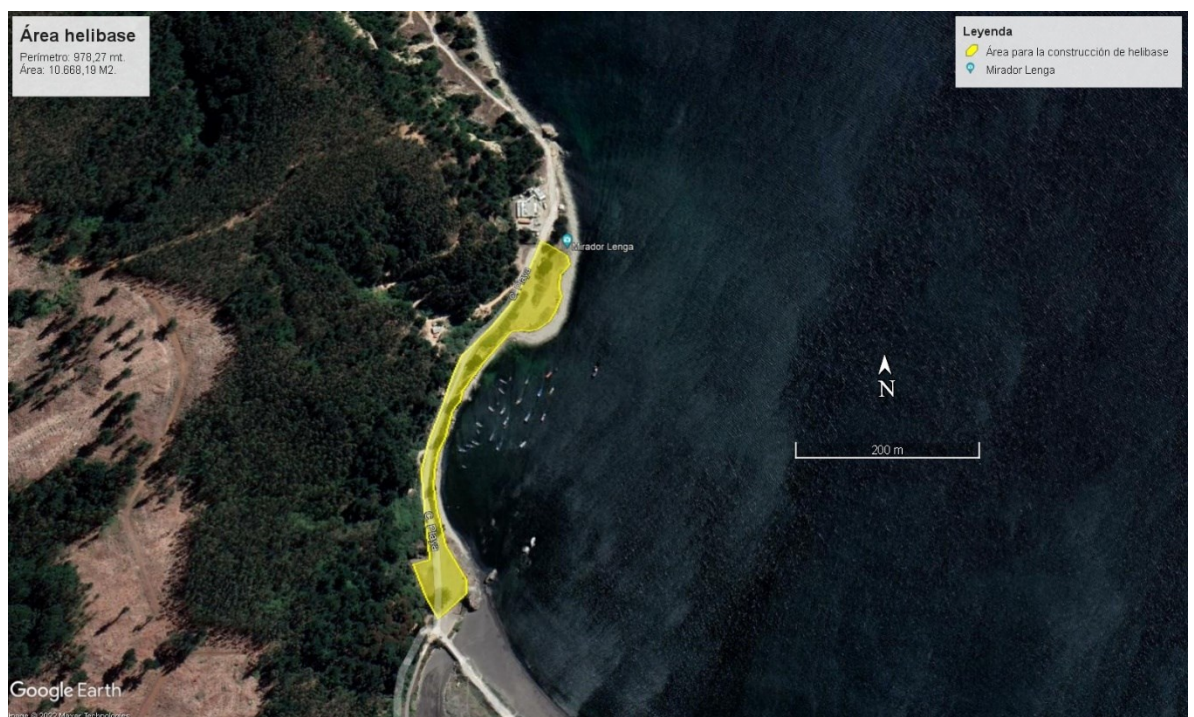


Figura 18: Área de terreno para construcción de helibase. Elaboración propia. Google Earth.

### **3.3.2 Factores que condicionan la mejor ubicación para el proyecto.**

Como se señaló en el punto anterior, se dispone de un terreno municipal en la comuna de Hualpén en el sector oriente del SNPH, cuyas ventajas están caracterizadas por los siguientes aspectos:

El entorno próximo a la localización del terreno es de alto riesgo de incendio forestal, debido principalmente a la alta concentración de plantaciones forestales y alto flujo de personas en la época estival.

Por otra parte es un sector amplio y de fácil acceso para vehículos en comparación con los demás sectores del SNPH. Tiene una baja altura de la vegetación, la cual no excede los 50 cm. posee un suelo sólido levemente inclinado y sin obstáculos para la visión del piloto tal cual lo recomienda CONAF (Forestal, 2010).

Su cercanía a Caleta Lengua ofrece la posibilidad de contar con infraestructura y servicios públicos necesarios como lo son los servicios de agua entubada, electricidad, pavimentación, drenaje, teléfono e internet. Lo que favorece el establecimiento de puntos de reunión y coordinación para el combate de incendio.

En conclusión, el terreno para la instalación de una helibase descrito cumple con las especificaciones legales y técnicas necesarias, al no existir impedimento alguno para que se restrinja o prohíba su uso en caso de emergencias.

### **3.3.3 Distribución de la instalación.**

Se deben establecer cinco zonas para el trabajo operativo dentro del área escogida para realizar el abordaje y desabordaje de personal e insumos, las cuales son:

- a) La zona de estacionamiento de vehículos: Es un sector amplio, de fácil acceso para vehículos y localizado a una distancia de 200 metros de la zona de concentración de grupos. Este sector tendrá un diámetro de 35 metros.
- b) La zona de espera del camión de combustible: Es un sector de fácil acceso para vehículos y localizado cerca de la helipista para abastecer de combustible al helicóptero. Todas estas zonas de trabajo se deben establecer

- c) siempre para realizar las maniobras de embarque y desembarque, pero su localización debe considerar las condiciones del terreno y la ubicación del incendio. Esta zona tiene un diámetro de 20 metros y se encuentra a 40 metros de la zona de estacionamiento de vehículos.
- d) La zona de concentración de grupos: Corresponde a un sector del terreno en donde debe converger el personal a helitransportar. Se localiza de preferencia a un costado de la ruta de entrada y salida del helicóptero y a una distancia de 30 metros de la zona de embarque. El diámetro de esta área será de 15 metros.
- e) La zona de embarque. Es un sector localizado aproximadamente a 30 metros de la zona de concentración de grupos y a los mismos 30 metros de la zona aterrizaje, enfrente del helicóptero y dentro del campo visual del piloto. Entre esta zona y el helicóptero debe existir un área despejada para el tránsito seguro del personal. Esta zona también puede ser utilizada para el desembarque. La altura de la vegetación no debe exceder de los 50 cm y su diámetro será de 15 metros.
- f) La zona de aterrizaje: Es un sector del terreno con suelo lo más sólido posible, de preferencia cubierto por pasto y sin polvo, plano o levemente inclinado, sin obstáculos para la visión del piloto y sobre el cual se puedan posicionar los esquís del helicóptero. Dentro de esta zona se localiza una helipista, tiene un diámetro de 40 metros y se encuentra a 30 metros de distancia de la zona de embarque.

Todas y cada una de las áreas de la helibase se han determinado de tal modo que se cumpla en lo mayor posible el objetivo de optimización de la distribución de espacios que mejor se acondicione a la disponibilidad y cumpla con las especificaciones recomendadas por la CONAF.



Figura 19: Distribución de la instalación. Elaboración propia. Google Earth.

### **3.3.4 Especificaciones de la obra civil.**

Las especificaciones de construcción para la instalación de una helibase, en un espacio de 10.668 m<sup>2</sup>, corresponden a parámetros de costos establecidos de acuerdo a la cotización realizada a por IGACI Spa. en el que se incluyen recursos materiales, humanos y financiero reunidos en un presupuesto de inversión para la nivelación del terreno a utilizar.

	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total neto</b>
Excavación y relleno compensado	m3	1.750	\$13.500	\$23.625.000
Estabilizado 1 1/2"	m3	1.500	\$21.000	\$31.500.000
Hormigón Armado G35 e=0,3m	m3	600	\$355.000	\$213.000.000
<b>Subtotal</b>				<b>\$268.125.000</b>
Gastos generales y utilidades (35%)				\$93.843.750
<b>Total neto</b>				<b>\$361.968.750</b>

Tabla: 64. Cotización 17 de junio 2022. Fuente: IGACI Spa.

### **3.4 CONCLUSIONES**

El cambio climático es una realidad innegable que amerita pensar global y actuar local. La temperatura aumentará y las precipitaciones disminuirán, lo que podría afectar gravemente nuestras actuales y futuras condiciones de vida si no se toman medidas efectivas y de relevante alcance al respecto.

De acuerdo a lo investigado, la Municipalidad de Hualpén actualmente no tiene definida una estrategia que permita adaptar a la comuna al cambio climático, lo que minimiza su capacidad de adaptación, aumenta considerablemente los riesgos climáticos y no se condice con el consenso mundial que existe respecto a la necesidad de generar condiciones de resiliencia locales que permitan enfrentar este desafío. Los Riesgos Ambientales identificados por el municipio no consideran las amenazas climáticas actuales ni mucho menos las futuras, y si bien existe un COE, éste no contempla en su ámbito de acción la actual emergencia climática.

Para superar tal diagnóstico es posible concluir que se hace necesario que el municipio defina ciertos ejes estratégicos que, desde una perspectiva preventiva de política pública, permitan responder y adecuarse a los efectos del cambio climático.

El SNPH le entrega una caracterización única a la comuna de Hualpén pero también una gran responsabilidad. Los dos riesgos analizados irán al alza si no se toman las medidas necesarias ya que las condiciones climáticas se irán convirtiendo paulatinamente en amenazas más potentes debido a la crisis climática que enfrentamos. Es por lo anterior que el estudio realizado es una oportunidad para poder iniciar un trabajo más amplio, que permita la identificación de más riesgos, y así poder entregar líneas de acción generales y específicas que puedan permear a la Municipalidad y a la comunidad para así orientar el desarrollo de capacidades adaptativas en Hualpén.

De acuerdo al estudio, aplicar las medidas de adaptación propuestas disminuirá sustancialmente el riesgo de los sistemas evaluados, ya que las medidas se relacionan directamente con el grado de sensibilidad que tiene el sistema, lo que permite controlar de mejor forma los daños y consecuencias del cambio de condiciones climáticas.

### **3.5 RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con el proceso de identificación y análisis de riesgos climáticos. La metodología aplicada no solo permite evaluar el Riesgo de Incendios Forestales y Sequía Hidrológica del Humedal Lengua, sino que ofrece la posibilidad de evaluar muchos más riesgos que solo necesitan ser identificados de acuerdo a la cadena de impacto y ser analizados para así adaptarse a ellos, tales como: el riesgo de anegamiento de asentamientos costeros, pérdida de desembarque pesquero artesanal y erosión de playas producto del aumento del nivel del mar; el riesgo del fenómeno isla de calor urbana, mortalidad prematura por calor y pérdida de flora y fauna producto del aumento de la temperatura; el riesgo de la seguridad hídrica urbana, rural y pérdida de flora y fauna producto de la disminución de las precipitaciones, etc.

Identificados y analizados los riesgos que producen y producirán las distintas amenazas climáticas en la comuna se recomienda continuar por asumir que la adaptación de Hualpén al cambio climático requiere una visión prospectiva del territorio en sus distintas escalas, promoviendo el desarrollo sostenible, en consonancia con sus capacidades y vocación. En este sentido, la planificación urbana y el ordenamiento territorial cumplen un rol esencial para avanzar hacia el fortalecimiento de la capacidad de adaptación de Hualpén frente al cambio climático, pudiendo responder a los desafíos presentes y futuros que este fenómeno plantea en sus distintos niveles.

La inversión pública en infraestructura y espacio público, así como la construcción sostenible, también juegan un rol fundamental en la consecución de una comuna mejor adaptada al cambio climático. El espacio público y la infraestructura son el soporte de las ciudades y junto con aportar en un mayor acceso a bienes públicos y calidad de vida de las personas, puede fortalecer también la capacidad de resiliencia de la comuna.

Otro eje clave para enfrentar los impactos del cambio climático es la necesidad de tener un municipio capaz de establecer una coordinación intersectorial y en distintos niveles de acción en el territorio, además de instancias de cooperación internacional para fortalecer la transmisión de experiencias, buenas prácticas y aportes de financiamiento para el desarrollo de proyectos que reporten beneficios climáticos.

En ese sentido, se hace necesario considerar medidas que favorezcan la colaboración nacional e internacional para avanzar en el desarrollo de la acción climática local.

Sin duda, los aportes de este trabajo pueden ser fundamentales para el inicio de un proceso de adaptación al cambio climático en la comuna de Hualpén. Solo se requiere la voluntad de todos los actores que convivimos en la comuna, los organismos públicos, el sector privado, la academia y sobre todo los ciudadanos, la invitación es a sumarse a esta reflexión y a conseguir entre todas y toda una comuna más resiliente y preparada para este gigante desafío.

## REFERENCIAS

- (CR)2, C. d. C. d. C. y. I. R. *Plataforma de Simulaciones Climáticas*. <https://simulaciones.cr2.cl/>.
- (CR)2, C. d. C. d. C. y. I. R. (2015). *La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*. <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>.
- (CR)2, C. d. C. d. C. y. I. R. (2018). *Seis de cada 10 chilenos viven en zonas saturadas ambientalmente* <https://www.cr2.cl/seis-de-cada-10-chilenos-viven-en-zonas-saturadas-ambientalmente-pulso/>.
- (CR)2, C. d. C. d. C. y. I. R. (2020). *Incendios Forestales en Chile*. <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/01/Informe-CR2%20IncendiosforestalesenChile.pdf>.
- Abarca, O. I., & Quiroz G, J. G. (2005). *Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, area colindante con la ciudad de Maracay*. (55). Retrieved from [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2005000100003&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000100003&nrm=iso)
- Agricultura, M. d. *Incendios Forestales Estadísticas históricas*. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>.
- Agricultura, O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. (2018). *El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo*. <https://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>.
- Ambiente, M. d. M. (2012-2016). *Zonas Saturadas o Latentes* [https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listado\\_n\\_sel?\\_grupoaporte=&sub=511&agr=1020&comp=](https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listado_n_sel?_grupoaporte=&sub=511&agr=1020&comp=).
- Ambiente, M. d. M. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf).
- Ambiente, M. d. M. (2019a). *Determinación del Riesgo de los Impactos del Cambio Climático en las costas de Chile*. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/2019-10-22-Informe-V02-CCCostas-Exposicio%CC%81n-Rev1.pdf>.
- Ambiente, M. d. M. (2019b). *Establece Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las Comunas de Concepción Metropolitana*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1140121>.
- Ambiente, M. d. M. (2020). *Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018*. [https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe\\_del\\_Inventario\\_Nacional\\_de\\_GEI\\_serie\\_1990-2018.pdf](https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe_del_Inventario_Nacional_de_GEI_serie_1990-2018.pdf).
- Ambiente, M. d. M. (2021). *Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero, Serie 1990-2018*. <https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe-Inventarios-Regionales-serie-1990-2018.pdf>.
- Ambiente, M. M. (2019). *Anteproyecto Ley Marco de Cambio Climático*. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/Presentacion-Ley-Marco-CC.pdf>.

- Aristizaba, H. O. B. B. G. E. L. (2007). *Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>.
- Bióbio, G. R. R. (2002). *Plan Regulador Metropolitano de Concepción*. <https://drive.google.com/file/d/1n7fHmVkgU0idBMEeH4rnR9k6zj2fKuCx/view>.
- Broecker, W. S. (1975). *Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?* (189). Retrieved from <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.189.4201.460>.
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (1990-2014). *Informes de Evaluación*. [https://archive.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#:~:text=El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos,repercusiones%20y%20estrategias%20de%20respuesta](https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#:~:text=El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos,repercusiones%20y%20estrategias%20de%20respuesta).
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0\\_Overview/V0\\_0\\_Cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf).
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (2013). *Cambio Climático, Base de Ciencia Física*. [https://archive.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/ar5/ar5\\_wg1\\_headlines\\_es.pdf](https://archive.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf).
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (2014). *Cambio Climático 2014, Informe de Síntesis*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf).
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (2016). *Sexto Informe de Evaluación* <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>.
- Climático, G. I. d. E. s. e. C. (2019). *Calentamiento global de 1,5 °C*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15\\_Summary\\_Volume\\_spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf)
- Consortio para el Servicio de Prevención, E. d. I., Protección Civil y Salvamento de la Provincia de Guadalajara. (2015). *Incendios de Vegetación Parte 6* [http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1\\_Incendios\\_v6\\_06\\_vegetacion/mobile/index.html#p=1](http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_06_vegetacion/mobile/index.html#p=1).
- Chile, A. C. d. P. C. S. d. I. N. U. e. (2018). *Análisis Conjunto de País (CCA) Proceso de programación estratégica conjunta 2018*. <https://es.scribd.com/document/440092639/Analisis-Conjunto-de-Pais-CCA-Proceso-de-programacion-estrategica-conjunta-2018>.
- Chile, B. d. C. N. d. (2006a). *Ley Organica Constitucional de Municipalidades* <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30077>.
- Chile, B. d. C. N. d. (2006b). *Promulga Modificación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción, Península de Hualpén*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=248577>.
- Chile, C. M. M. (2008). *Optimización y análisis de las responsabilidades en las emisiones atmosféricas del Área de Concepción Metropolitano para efectos de la revisión del Ppacm*. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-andres/geologia-ambiental/optimizacion-y-analisis-de-las-responsabilidades-en-las-emisiones-atmosfericas-del-area-de-concepcion-metropolitano-para-efectos-de-la-revision-del-ppacm/17406710>.
- Chile, D. O. d. I. R. d. (2019). *Establece Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las Comunas de Concepción Metropolitano*.

- <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/Plan-de-Concepcio%CC%81n-D.O..pdf>.
- David Eckstein, M.-L. H. a. M. W. (2019). *Global Climate Risk Index 2019*. [https://www.germanwatch.org/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202019\\_2.pdf](https://www.germanwatch.org/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202019_2.pdf).
- Demográfico, M. p. l. T. E. y. e. R. *Gases fluorados*. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases\\_fluorados.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_fluorados.aspx).
- Dirección General De Aeronáutica Civil, D. M. d. C. *Servicios Climáticos* <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2005>.
- Estadísticas, I. N. d. (1993). *Informe Demografico de Chile Censo 1992*. <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0055472.pdf>.
- Estadísticas, I. N. d. (2017). *Estimaciones y Proyecciones de la Población de Chile 1992 -2050*. <http://www.censo2017.cl/>.
- EULA. (2015). *Informe de Línea de Base del Proyecto Recuperación de ecosistemas terrestres y humedales del SNPH, para mejorar el bienestar humano: rescatando la biodiversidad y servicios ecosistémicos*.
- Font, E. V. (2019, Mayo 2019). Conceptos de cambio climático Conceptos de clima, indicadores e impacto del cambio climático. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria*.
- Forestal, C. N. (2010). *La Brigada de Heliataque y los procedimientos de Trabajos con Helicópteros*. [https://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1363719932labrigada.pdf](https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1363719932labrigada.pdf).
- für, D. G. (2019). *Suplemento de Riesgo para el Libro de la Vulnerabilidad*. [https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ\\_Risk-Supplement\\_Spanish.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ_Risk-Supplement_Spanish.pdf).
- Gaffney, O., & Steffen, W. (2017). *The Anthropocene equation*. (4). Retrieved from <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2053019616688022> (1)
- Gass, A. C. (2007). *El informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático*. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/453/435>.
- González-Calvo, A. H. L., Pedro A.; Arbelo, Manuel; Barreto, Africa; Arvelo-Valencia, Luis. (2007). *Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS*. <http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg2.pdf>.
- Hualpén, M. d., <http://www.hualpenciudad.cl/>.
- Hualpén, M. d. (2012). *Plan Regulador Comunal de Hualpén Memoria Explicativa Anexo 3 Estudio de Riesgos y de Protección Ambiental*. <http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2021/08/2CANE1.pdf>.
- Hualpén, M. d. (2015). *Plan de Manejo Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén*.
- Hualpén, M. d. (2019). *Plan Regulador Comunal de Hualpén / Memoria Explicativa*. <http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2021/08/2-Memoria-Explicativa-anteproyecto-modificado-2da-vez.pdf>.
- Hualpén, M. d. (2021-2025). *Plan de Desarrollo Comunal* [http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2021/01/PLADECO-2021-2025.final\\_.pdf](http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2021/01/PLADECO-2021-2025.final_.pdf).

- Instituto Sindical de Trabajo, A. y. S. *Gases causantes del efecto invernadero*. <https://istas.net/istas/guias-interactivas/cambio-climatico-y-sus-efectos/cambio-climatico/clima-y-sistema-0>.
- Interior, M. d. (1980). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE CHILE*. [https://www.camara.cl/camara/doc/leyes\\_normas/constitucion\\_politica.pdf](https://www.camara.cl/camara/doc/leyes_normas/constitucion_politica.pdf).
- Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). *Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015*. (352). Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715003400>
- Manzello, S. L. (2020). *Encyclopedia of wildfires and wildland-urban interface (WUI) fires*. Springer.
- Ministerial, M. d. V. y. U. S. R. (1982). *Plan Regulador Comuna de Talcahuano*. <http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2021/08/Plan-regulador-vigente.pdf>.
- Mundial, O. M. (2014). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2013*. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=7863](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7863).
- Nullis, C. (2017). *El Aumento de la Concentración de Gases de Efecto Invernadero Alcanza un Nuevo Récord*. (2017 Comunicado de Prensa), <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>.
- Partes, C. d. l. (1994). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://cop25.mma.gob.cl/que-es-la-cop/>.
- Patricio Ortiz Soazo, I. R. J., Pedro Arrey Garrido & Álvaro Jaramill. (2009). *Áreas Importantes para la Conservación de las Aves América*. [http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Chile\\_es.pdf](http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Chile_es.pdf)
- PRESIDENCIA, M. S. G. D. L. (1994). *APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>.
- Reglamento Comité Comunal de Protección Civil y Emergencias*.
- Rodríguez, M. P. R. (2010). *Manejo del fuego*. <https://gfmc.online/wp-content/uploads/Manejo-del-Fuego-Ramos-Rodriguez-Cuba-2010.pdf>.
- Román, F. J. S. S. *Evapotranspiración*. <https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>.
- Salud, O. M. d. l. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro.
- Salud., D. d. E. e. S. P. d. l. O. P. d. l. (2019). *Ola de Calor y Medidas a Tomar-Revisión Preliminar*. <https://www.paho.org/es/file/90034/download?token=4OdcOU7>.
- Society, C. P. C. a. I. R. I. f. C. a. (2022). *El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion*. [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc.shtml](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtml).
- Sustentabilidad, C. d. M. p. l. (2020). *Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile* [https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC\\_2020\\_Espanol\\_PDF\\_web.pdf](https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf).
- Unidas, N. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

- Unidas, N. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*.  
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- Unidas, N. (2015). *Acuerdo de París*.  
[https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf).
- Unidas, N. (2018). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.  
<https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-es.pdf>.
- Vivienda, C. N. d. X. C. d. P. Y. V. d. (2003). *CENSO 2002*.  
<https://www.inec.cl/docs/default-source/censo-de-poblacion-y-vivienda/publicaciones-y-anuarios/2002/sintesis-censal-2002.pdf>.