



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Facultad de Ciencias Químicas

Departamento Ciencias de la Tierra



Catastro de los comunes costeros y de los parámetros bio-geofísicos que afectan su estado en el contexto del cambio climático, en las localidades de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y Loanco entre los 35°28'12" - 36°18'18" S y 72°00'54"- 72°49'30" W, Región del Maule, Chile

Memoria para optar al Título de Geólogo

Carolina Alejandra Ramírez Espinaza

Profesor Patrocinante: Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo
Profesional Guía: Sr. Francisco Alonso Bastías Mercado
Profesores Comisión: Dra. Beatriz Eugenia Cid Aguayo
Dra. Javiera Paz Gerding González

Concepción, 2023

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS	2
1.4. AGRADECIMIENTOS	3
2. CONTEXTO AMBIENTAL	5
2.1. CLIMA	5
2.2. GEOMORFOLOGÍA	6
2.2.1. Geomorfología regional	6
2.2.1.1. Planicie Litoral	7
2.2.1.2. Cordillera de la Costa	7
2.2.1.3. Depresión Central	8
2.2.1.4. Cordillera Principal.....	8
2.2.2. Geomorfología local	8
2.2.2.1. Unidades geomorfológicas	9
A. Terrazas marinas	9
B. Cordillera de la Costa	9
C. Llano central fluvio-glacio-volcánico.....	9
2.2.2.2. Elevación y pendientes	10
2.3. HIDROGRAFÍA	12
2.3.1. Generalidades	12
2.3.2. Hidrografía local	13
2.3.2.1. Cuenca del río Cauquenes	13
2.3.2.2. Cuenca del río Chovellén	15
2.3.2.3. Cuenca del río Pinotalca.....	15
2.3.3. Marco legal del agua	16
2.3.3.1 Normativa de calidad de agua	16

I.	NCh N°409/1 Agua Potable	16
II.	NCh N°1333 Requisitos de calidad del agua para diferentes usos	17
2.4.	MARCO GEOLÓGICO	19
2.4.1.	Rocas metamórficas	19
2.4.1.1.	Basamento metamórfico (Pzor).....	19
2.4.2.	Rocas intrusivas	20
2.4.2.1.	Batolito Costero del Sur (CPg).....	20
2.4.2.2.	Intrusivos mesozoicos (Jig)	21
2.4.3	Rocas estratificadas	21
2.4.3.1.	Estratos de Pillay – Cerro Gupo (Trm).....	21
2.4.3.2.	Formación Patagua (Trm).....	22
2.4.3.3.	Formación Quiriquina (Cretácico Superior) (Ksm).....	22
2.4.3.4.	Depósitos piroclásticos (Plt).....	24
2.4.3.5.	Depósitos no consolidados	24
I.	Depósitos gravitacionales (Q1)	24
II.	Depósitos fluviales actuales y antiguos (Qf)	24
III.	Depósitos litorales actuales (Qm).....	25
2.5.	EDAFOLOGÍA	26
2.5.1.	Generalidades	26
2.5.2.	Edafología Local	28
2.5.2.1.	Serie de uso de suelo	29
2.5.2.2.	Tipo de uso de suelo	32
2.5.3.	Erosión del suelo	33
2.5.3.1.	Erosión del agua	34
2.5.3.1.1.	Geoformas de erosión: cárcavas	34
2.6.	ECOLOGÍA TERRESTRE Y MARINA LOCAL	35
2.6.1.	Cauquenes	35
2.6.2.	Pelluhue	37
2.6.3.	Chanco	38
2.7.	CONTEXTO DEMOGRÁFICO Y ASENTAMIENTOS HUMANOS	40
2.7.1.	Cauquenes	40
2.7.1.1.	Coronel de Maule	40

2.7.2. Pelluhue	41
2.7.2.1. Chovellén y Cardonal	42
2.7.3. Chanco	42
2.7.3.1. Loanco	43
2.8. CONTEXTO BIOCULTURAL	43
2.8.1. Generalidades	43
2.8.2. Cauquenes	44
2.8.2.1. Coronel de Maule	44
2.8.2.1.1. Contexto económico local.....	45
2.8.3. Pelluhue	45
2.8.3.1. Chovellén y Cardonal	46
2.8.3.1.1. Contexto económico local.....	47
2.8.4. Chanco	47
2.8.4.1. Loanco	48
2.8.4.1.1. Contexto económico local.....	49
3. MARCO TEÓRICO	50
3.1. CO-DISEÑO Y CO-CONSTRUCCIÓN	50
3.2. GOBERNANZA	51
3.3. COMUNES	52
3.4. CAMBIO CLIMÁTICO	54
3.4.1. Generalidades	54
3.4.2. Causas del cambio climático	55
3.4.3. Riesgos y amenazas asociados al cambio climático	56
3.4.4. Impactos regionales y locales asociados al cambio climático	58
3.4.5. Acciones y medidas adoptadas en Chile frente al cambio climático	60
3.5 VARIABILIDAD CLIMÁTICA	61
4. METODOLOGÍA	63
4.1. ETAPA GABINETE 1	63
4.2. ETAPA TERRENO 1	63
4.3. ETAPA GABINETE 2	64
4.4. ETAPA TERRENO 2	65
4.4.1. Monitoreo ciudadano del agua	65

4.4.2. Taller de mapa de actores locales, cartografía social participativa y caminata de transecto a través de microcuena	67
4.4.3. Muestreo de suelo para determinación de pH	68
4.4.4. Catastro de cárcavas	71
4.5. ETAPA GABINETE 3	72
4.5.1. Cálculo de índices espectrales	72
4.5.1.1. NDVI	73
4.5.1.2. LST	73
4.5.1.3. NDMI	74
5. RESULTADOS	76
5.1. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES	76
5.1.1. Coronel de Maule y Cauquenes	77
5.1.1.1. Cursos de agua, borde de río, vegas y humedales	77
5.1.1.2. Apicultura	79
5.1.1.3. Bosque nativo, espino y suelo	80
5.1.1.4. Viñas patrimoniales y vitivinicultura tradicional	82
5.1.2. Chovellén-Cardonal	83
5.1.2.1. Estuario del río Chovellén-Cardonal, cursos de agua menores y APR	83
5.1.2.2. Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal Cardonal, cultivo de ostras, peces, algas y mariscos.	84
5.1.2.3. Bosque nativo costero y recursos forestales no madereros (RFNM)	84
5.1.3. Loanco	85
5.1.3.1. Cursos de agua, humedales y APR	85
5.1.3.2. Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal (AMERB)	87
5.2. PARÁMETROS BIO-GEOFÍSICOS	87
5.2.1. Hidrológicos	88
5.2.1.1. Caudal	88
5.2.1.2. Derechos de agua y APR	90
5.2.1.3. Calidad de agua	99
5.2.1.3.1. Concentraciones específicas y comparación con norma chilena	100
5.2.2. Climatológicos	111
5.2.2.1. Temperatura máxima promedio del aire.....	111
5.2.2.2. Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)	115

5.2.2.3. Precitaciones.....	117
5.2.2.4. Humedad.....	120
5.2.3. Edafológicos	122
5.2.3.1. Tipo de uso de suelo.....	122
5.2.3.2. Erosión del suelo: Cárcavas.....	125
5.2.3.3. pH del suelo.....	129
5.2.3.4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).....	133
5.2.3.5. Temperatura Superficial del suelo (LST).....	135
5.2.3.6. Índice de humedad de diferencia normalizada (NDMI).....	137
5.2.4. Marino-costeros	138
5.2.4.1. Generalidades.....	138
5.2.4.2. Nivel del Mar (NM).....	139
5.2.4.3. Temperatura superficial del mar (TSM).....	139
5.2.4.4. Salinidad (S).....	140
5.2.4.5. pH, presión parcial superficial del dióxido de carbono en el agua de mar y oxígeno disuelto (mmol/m ³).....	141
5.2.4.6. Nutrientes.....	142
I. Clorofila (mg/m ³).....	143
II. Hierro disuelto (mmol/m ³).....	143
III. Nitrato (mmol/m ³).....	144
IV. Fosfato (mmol/m ³).....	144
V. Fitoplancton (mmol/m ³).....	145
5.2.4.7. Marejadas.....	145
5.2.4.8. Productividad.....	147
5.2.5. Geomorfológicos	153
5.2.5.1. Geomorfología costera.....	153
5.2.6. Sociológicos	155
5.2.6.1. Actores locales clave en el manejo y cuidado del agua.....	155
5.2.7. Otros	159
5.2.7.1. Ocurrencia de incendios forestales.....	159
5.2.7.2. Reconocimiento preliminar del estado de la biodiversidad.....	162
6. DISCUSIÓN	166
6.1. GENERALIDADES	166

6.2. PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y CLIMATOLÓGICOS	167
6.3. PARÁMETROS EDAFOLÓGICOS	171
6.4. PARÁMETROS MARINO-COSTEROS	175
6.5. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	180
6.6. PARÁMETROS SOCIOLÓGICOS	181
6.7. LIMITACIONES, DESAFÍOS Y REFLEXIONES FINALES	182
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	184
7.1. CONCLUSIONES	184
7.2. RECOMENDACIONES	185
8. REFERENCIAS	188
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Mapa de ubicación y accesos	3
2. 1. Mapa de regiones climáticas en la Provincia de Cauquenes, según clasificación de Köppen (1936)	6
2. 2. Unidades geomorfológicas en la Región del Maule	7
2. 3. Unidades geomorfológicas de la Provincia de Cauquenes	10
2. 4. Mapa de elevaciones	11
2. 5. Mapa de pendientes	12
2. 6. Mapa de sub-subcuencas de la Provincia de Cauquenes	13
2. 7. Cuenca del río Cauquenes	14
2. 8. Cuenca del río Chovellén	15
2. 9. Cuenca del río Pinotalca	16
2. 10. Correlación entre la columna estratigráfica de la parlocalidad tipo de la Formación Quiriquina en Cocholgue, Región del Biobío, y los estratos cretácicos expuestos en Faro Carranza, Región del Maule	23
2. 11. Mapa geológico de la Provincia de Cauquenes	26
2. 12. Mapa de capacidad de uso de suelo para la Región del Maule	27
2. 13. Uso de suelo 2019 en la Provincia de Cauquenes	33
4. 1. Mapa con los puntos en donde se realizó el monitoreo ciudadano del estado del agua en el río Pinotalca	67
5. 1. Comunes y amenazas identificadas en la localidad de Coronel de Maule	78
5. 2. Comunes identificados en las localidades de Coronel de Maule y Cauquenes.....	80

5.	3.	Comunes y amenazas identificadas en las localidades de Cardonal y Chovellén.....	83
5.	4.	Comunes identificados a macroescala en el sector o distrito de Chovellén.....	85
5.	5.	Comunes y amenazas reconocidas en la localidad de Loanco	86
5.	6.	Gráficos caudal promedio mensual (m ³ /s) vs. tiempo	89
5.	7.	DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA, y contenidos en la subcuenca río Cauquenes	91
5.	8.	Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA superficiales, cuyo consumo es por sobre los 10 l/s en la subcuenca río Cauquenes	92
5.	9.	Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA subterráneos, cuyo consumo es por sobre los 40 l/s en la subcuenca río Cauquenes	92
5.	10.	Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Cauquenes.....	94
5.	11.	DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA y contenidos en la subcuenca río Chovellén	94
5.	12.	Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Chovellén	96
5.	13.	DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA y contenidos en la subcuenca río Pinotalca	96
5.	14.	Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA superficiales contenidos en la subcuenca río Pinotalca	97
5.	15.	Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA subterráneos contenidos en la subcuenca río Pinotalca	97
5.	16.	Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Pinotalca	98
5.	17.	Gráficos de pH, conductividad eléctrica y T° vs. tiempo	101
5.	18.	Gráfico concentración (mg/L) de elementos mayores vs. tiempo, medidos por la estación río Cauquenes en el Arrayán para el periodo 1982-2021	103
5.	19.	Gráfico concentración (mg/L) de elementos mayores vs. tiempo, medidos por la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 1985-2021	104
5.	20.	Gráfico concentración de elementos traza total vs. tiempo, elaborado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en el Arrayán para el periodo 1983-2021	107
5.	21.	Gráfico concentración de elementos traza total vs. tiempo, elaborado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 1983-2021	110
5.	22.	Gráficos T° promedio máxima mensual vs. tiempo	112
5.	23.	Temperatura máxima promedio para el periodo 1964-2018	113
5.	24.	Gráficos temperatura promedio mensual vs. tiempo	114
5.	25.	IPE para el periodo 1982-2022	116
5.	26.	Gráficos IPE vs. tiempo para las 3 comunas de la Provincia de Cauquenes	117
5.	27.	Precipitación promedio anual para el periodo 1962-2018	118
5.	28.	Gráficos precipitación mensual acumulada (mm) vs. tiempo	119
5.	29.	Gráficos humedad relativa promedio del aire (%) vs. tiempo	121
5.	30.	Gráficos humedad relativa del aire (%) para los meses de verano del periodo 2010-2021	122

5.	31.	Cambios de usos de suelo en las subcuencas de estudio para el periodo 1999-2019	123
5.	32.	Áreas (ha) por tipo de uso de suelo vs. tiempo para el periodo 1999-2019	124
5.	33.	Áreas (ha) por tipo de uso de suelo vs. tiempo para el periodo 1999-2019, sin el uso de suelo del año 2009.....	125
5.	34.	Puntos de cárcavas identificadas en terreno vs. puntos propuestos como posibles cárcavas	126
5.	35.	Ubicación de puntos de muestras de suelo	130
5.	36.	NDVI calculado para el periodo 1986-2022	134
5.	37.	LST calculado para el periodo 1986-2022	136
5.	38.	NDMI calculado para el periodo 1986-2022	137
5.	39.	Gráfico nivel del mar promedio (cm) vs. tiempo para el periodo 2011-2021.....	139
5.	40.	Gráfico temperatura superficial del mar (TSM) vs. tiempo	140
5.	41.	Variabilidad temporal y proyección de la TSM en la estación Oceánica Constitución	140
5.	42.	Gráficos salinidad del agua de mar (g/L) vs. tiempo	141
5.	43.	Gráficos pH vs. tiempo.....	141
5.	44.	Presión parcial superficial del dióxido de carbono en el agua de mar vs. tiempo	142
5.	45.	Gráficos concentración molar de oxígeno molecular disuelto en agua de mar vs. tiempo	142
5.	46.	Concentración en masa de clorofila en el agua de mar vs. tiempo	143
5.	47.	Concentración molar de hierro disuelto en el agua de mar vs. tiempo ...	144
5.	48.	Concentración molar de nitrato en el agua de mar vs. tiempo	144
5.	49.	Concentración molar de fosfato en el agua de mar vs. tiempo	145
5.	50.	Concentración molar de fitoplancton expresada como carbono en el agua de mar vs. tiempo	145
5.	51.	Historial de eventos de marejada para la Región del Maule, en el periodo 1993-2014	146
5.	52.	Desembarque total en toneladas vs. tiempo en la Región del Maule	148
5.	53.	Desembarque total en toneladas vs. tiempo en el puerto de Constitución	149
5.	54.	Desembarque total en toneladas vs. tiempo en el puerto de Pelluhue	150
5.	55.	Antes y después de la costa de Loanco tras el terremoto del año 2010 ..	154
5.	56.	Variación de la posición de la línea de costa en Loanco durante el periodo 2007-2022	155
5.	57.	Incendios forestales para el periodo 2010-2021	160
5.	58.	Área cubierta por el megaincendio del año 2017	161
5.	59.	Total, de superficie afectada por tipo de uso de suelo tras el megaincendio del año en las subcuencas de estudio.....	161
6.	1.	Gráfico promedio mensual histórico del NM vs. promedio mensual observado del NM para el periodo 2010-2021	176

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía		Página
2.	1.	Laminación parala y estratificación cruzada en depósitos litorales recientes 25
2.	2.	Pradera natural en el espinal 37
4.	1.	Instrumentos para medir la turbidez del agua 66
4.	2.	Tabla con índice de colores para determinación de turbidez del agua ... 66
4.	3.	Etapas del muestro de suelo en terreno 69
4.	4.	Etapas de la medición de pH en laboratorio 71
5.	1.	Cárcavas identificadas en Coronel de Maule 126

ÍNDICE DE TABLA

Tabla		Página
2.	1.	Límites de concentraciones para NCh N°409/1 17
2.	2.	Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego .. 18
2.	3.	Clasificación de aguas para riego según su salinidad 18
2.	4.	Orden taxonómico de suelos 27
2.	5.	Usos de suelo de la Provincia de Cauquenes según su capacidad productiva 28
2.	6.	Principales series de uso de suelo en la Provincia de Cauquenes 29
2.	7.	Clasificación de uso de suelo desarrollado por CONAF (1995) 32
2.	8.	Superficie regional por grado de erosión en hectáreas 34
2.	9.	Forma 1 de clasificación de cárcavas en función de su profundidad y área de drenaje 35
2.	10.	Forma 2 de clasificación de cárcavas en función de profundidad y área de drenaje 35
2.	11.	Especies marinas en la costa de la comuna de Pelluhue 38
2.	12.	Especies marinas en la costa de la comuna de Chanco 39
2.	13.	Población de la comuna de Cauquenes, Censo 2002, 2017 y sus proyecciones 40
2.	14.	Población de Coronel de Maule, Censo 2017 40
2.	15.	Cantidad de viviendas en Coronel de Maule, Censo 2017 41
2.	16.	Población de la comuna Pelluhue Censo 2002, 2017 y sus proyecciones 41
2.	17.	Población del distrito censal Chovellén, Censo 2002 y 2017 42
2.	18.	Cantidad de viviendas en el distrito censal Chovellén, Censo 2002 y 2017 42
2.	19.	Población de la comuna de Chanco, Censo 2002, 2017 y sus proyecciones 42
2.	20.	Población del distrito censal Pinotalca, Censo 2017 43

2.	21.	Cantidad de viviendas en el distrito censal Pinotalca, Censo 2017	43
3.	1.	Tipología de los bienes	52
3.	2.	Principales riesgos identificados asociados al cambio climático	57
3.	3.	Impactos a nivel nacional asociados al cambio climático	58
5.	1.	Comunes materiales e inmateriales reconocidos en las zonas de estudio	76
5.	2.	DAA registrados en DGA y comprendidos dentro del área y en los alrededores de la localidad de Coronel de Maule	93
5.	3.	DAA registrados en DGA y comprendidos dentro de la subcuenca y en los alrededores de la localidad de Chovellén y Cardonal	95
5.	4.	Listado de parámetros para determinar la actual condición fisicoquímica de las aguas subterráneas de las cuencas del río Cauquenes y Pinotalca	99
5.	5.	Listado de parámetros para determinar la actual condición fisicoquímica del río Cauquenes en su cabecera y desembocadura	99
5.	6.	Parámetros fisicoquímicos de los pozos APR	100
5.	7.	Concentraciones de elementos mayoritarios (mg/L) en pozos APR contenidos en las subcuencas de estudio	103
5.	8.	Sodio porcentual calculado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 2010-2021..	105
5.	9.	Sodio porcentual calculado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en el Arrayán para el año 2021	105
5.	10.	Concentraciones de SDT, Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, Se y Zn en mg/L, en los pozos APR muestreados	106
5.	11.	Rango del Índice de Precipitación Estandarizada	115
5.	12.	Medidas tomadas en cárcavas junto al volumen de suelo perdido (m ³)	127
5.	13.	Clasificación de las cárcavas	128
5.	14.	Usos de suelo identificados en la ubicación de las cárcavas	129
5.	15.	Resultados del muestreo de suelo en la localidad de Coronel de Maule	131
5.	16.	Datos sobre la estación Constitución	138
5.	17.	Descripción de las categorías de intensidad de daños causados por las marejadas	146
5.	18.	Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en la Región del Maule	150
5.	19.	Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en el puerto de Constitución	151
5.	20.	Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en el puerto de Pelluhue	151
5.	21.	Actores locales en el manejo y cuidado del agua en la localidad de Loanco, comuna de Chanco	156
5.	22.	Actores locales en el manejo y cuidado del agua en la comuna de Pelluhue	157
5.	23.	Actores locales en el manejo y cuidado del agua en Coronel de Maule y Cauquenes	157
5.	24.	Fauna identificada a lo largo del río Loanco, su desembocadura y en la caleta homónima	162

5.	25.	Flora identificada a lo largo del río Loanco, su desembocadura y en la caleta homónima	163
5.	26.	Fauna identificada a lo largo del estuario del río Chovellén y su desembocadura	164
5.	27.	Flora identificada a lo largo del estuario del río Chovellén y su desembocadura	165
6.	1.	Integración de los parámetros bio-geofísicos e influencia en el estado de los bienes comunes identificados	166
6.	2.	Principales cambios observados en los parámetros marino-costeros	175
B.	1.	Comparación entre los pH de las muestras de suelo obtenidos en la zona de Coronel de Maule vs. los de San Juan de la Costa	210
C.	1.	UP comprendidas en la Región del Maule	213

RESUMEN

El presente estudio ha realizado una compilación y análisis de los parámetros bio-geofísicos que pueden afectar el estado de los comunes costeros en los territorios de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y de Loanco a nivel de subcuenca en el contexto de cambio climático. Para ello se siguió una estructura de trabajo basada en datos reales recopilados tanto en terreno como bibliográficamente, con los cuales fue posible comparar y validar los resultados.

Los principales resultados obtenidos arrojaron una situación preocupante en la subcuenca río Cauquenes, dado que es en esta zona en donde se han percibido los mayores efectos negativos, debidos tanto a la variabilidad climática como a factores antropogénicos : aumento de la LST y de su nivel de extensión, aumento de la proporción de incendios, grandes niveles de Fe y Mn en sus aguas, valores extremadamente bajos de IPE, aumento de la T° promedio mensual, decrecimiento significativo del caudal de su principal curso de agua asociado a tanto a la falta de precipitaciones como a la falta de fiscalización del cumplimiento del nivel de extracción de agua por debajo del caudal ecológico; suelos extremadamente ácidos y con altos niveles de erosión y degradación.

Referente a las otras subcuencas de estudio (Pinotalca y Chovellén), se ha percibido un aparente mejor panorama en cuanto a los efectos que la variabilidad climática y la acción antropogénica han causado sobre estas zonas a nivel continental (aumento de la humedad relativa del aire, leve aumento de la T° promedio, mejor calidad de sus aguas, menor cambio de uso de suelo, menor proporción de incendios), aunque no menos preocupante.

A nivel marino-costero, pese a que se han percibido cambios significativos de las variables oceanográficas, dado que los modelos disponibles cuentan con sesgos a nivel local, solo permiten conocer una referencia del panorama local a lo largo de la costa de la Provincia de Cauquenes.

Por otra parte, respecto a la acción antropogénica en la costa y a su incidencia en los recursos marinos, si se ha podido constatar que ha escala macro-regional dichos recursos se encuentran en su mayoría en o cerca de su rendimiento máximo sostenible, considerando solo lo informado a SERNAPESCA Y SUBPESCA.

Pese a que los resultados obtenidos en este trabajo pueden no ser precisos por el tamaño de las áreas de investigación y de la cantidad de registros, gran parte de estos dieron cercanos a la realidad y constituyen un precedente respecto a la situación climática en zonas de estudio tan acotadas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos es el mayor desafío de la humanidad. Nuestro país es altamente vulnerable a este fenómeno. En Chile han incrementado las temperaturas, la frecuencia e intensidad de olas de calor, temporales, inundaciones, sequías, incendios forestales y marejadas; y se han visto disminuidos los caudales y glaciares, la pérdida de biodiversidad, entre otros fenómenos, todo lo cual genera impactos que se ven replicados no solo en la población nacional, sino que también en el medio ambiente y en el estado crítico de los bienes comunes. Estos corresponden a aquellos bienes (materiales e inmateriales) de libre acceso a la comunidad (no excluibles), pero que son sensibles ante amenazas y/o cambios abruptos en el entorno o en la gobernanza de este.

Debido a lo anterior, es necesario proponer estrategias para combatir el cambio climático y adecuarse a sus efectos, además de plantear estrategias de gobernanza que permitan la preservación del estado de los bienes comunes. Tales acciones deben ser llevadas cabo por medio de la implementación de técnicas tales como el co-diseño, el cual permite, mediante la participación de variadas ramas del ámbito científico y de saberes locales, no solo la identificación de las causas de los problemas que afectan a dichos bienes comunes, sino también la construcción de propuestas que permitan un mejor cuidado sobre ellos.

Es en este contexto, que esta memoria financiada por el Proyecto Anillo ACT210037 "Codesign Labs for climate change: commons governance and care in coastal areas in south-central Chile", propone realizar un catastro del estado de los bienes comunes y de las variables que los afectan, tanto en el presente como en el pasado, en las localidades de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y Loanco con base en parámetros bio-geofísicos regionales (a escala de cuenca hidrográfica) y locales (a escala de microcuenca, sub-microcuenca o de la localidad específica) de diferente naturaleza (hidrológicos, climatológicos, edafológicos, geomorfológicos, oceanográficos, entre otros), en el contexto cambio climático durante las últimas ~ seis décadas. Dicho catastro forma parte de la primera línea de trabajo para el primer año del Proyecto Anillo ACT210037, el cual tiene por objetivo identificar los comunes territoriales relevantes ubicados en la zona costera, incluyendo su estado, calidad, grupos de interés, conflictos, actual sistema de

gobernanza y sus dinámicas dentro de un contexto de cambio climático, con el propósito de diseñar en los siguientes años un modelo metodológico colaborativo de gobernanza y cuidado sobre el estado de los bienes comunes, basado en estrategias de codiseño.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar los parámetros bio-geofísicos regionales y locales que afectan el estado de los comunes costeros en las localidades de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y Loanco en el contexto de cambio climático, durante las últimas ~seis décadas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los comunes costeros en las localidades de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y Loanco.
- Reconocer los parámetros bio-geofísicos determinantes en el estado de cada bien común y su relación con el cambio climático.
- Realizar una caracterización de la geomorfología costera, hidrología y edafología presente en cada localidad específica.
- Caracterizar y analizar los parámetros bio-geofísicos que pueden afectar el estado de los bienes comunes.
- Entregar los resultados obtenidos en este trabajo a las comunidades de las localidades específicas.

1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Cauquenes, Región del Maule, Chile, entre las 35°28'12" - 36°18'18" S y 72°00'54"- 72°49'30" W, abarcando las localidades de Chovellén-Cardonal, Coronel de Maule-Cauquenes y Loanco, pertenecientes a las comunas de Pelluhue, Cauquenes, y Chanco respectivamente (Figura 1.1).

Para acceder a la localidad de Coronel de Maule y Cauquenes desde la ciudad de Concepción, una posibilidad es llegar a través de la ruta 150, para posteriormente acceder a la ruta CH-152 (autopista

del Itata), continuando finalmente por la ruta 126, denominada también como ruta de Los Conquistadores. También, existe la posibilidad de acceder desde la costa por la ruta M-50 o desde Parral a través de la ruta M-128. Por otra parte, para de acceder a la comuna de Pelluhue y Chanco, se puede llegar desde la costa por la ruta M-50 o M-80-N.

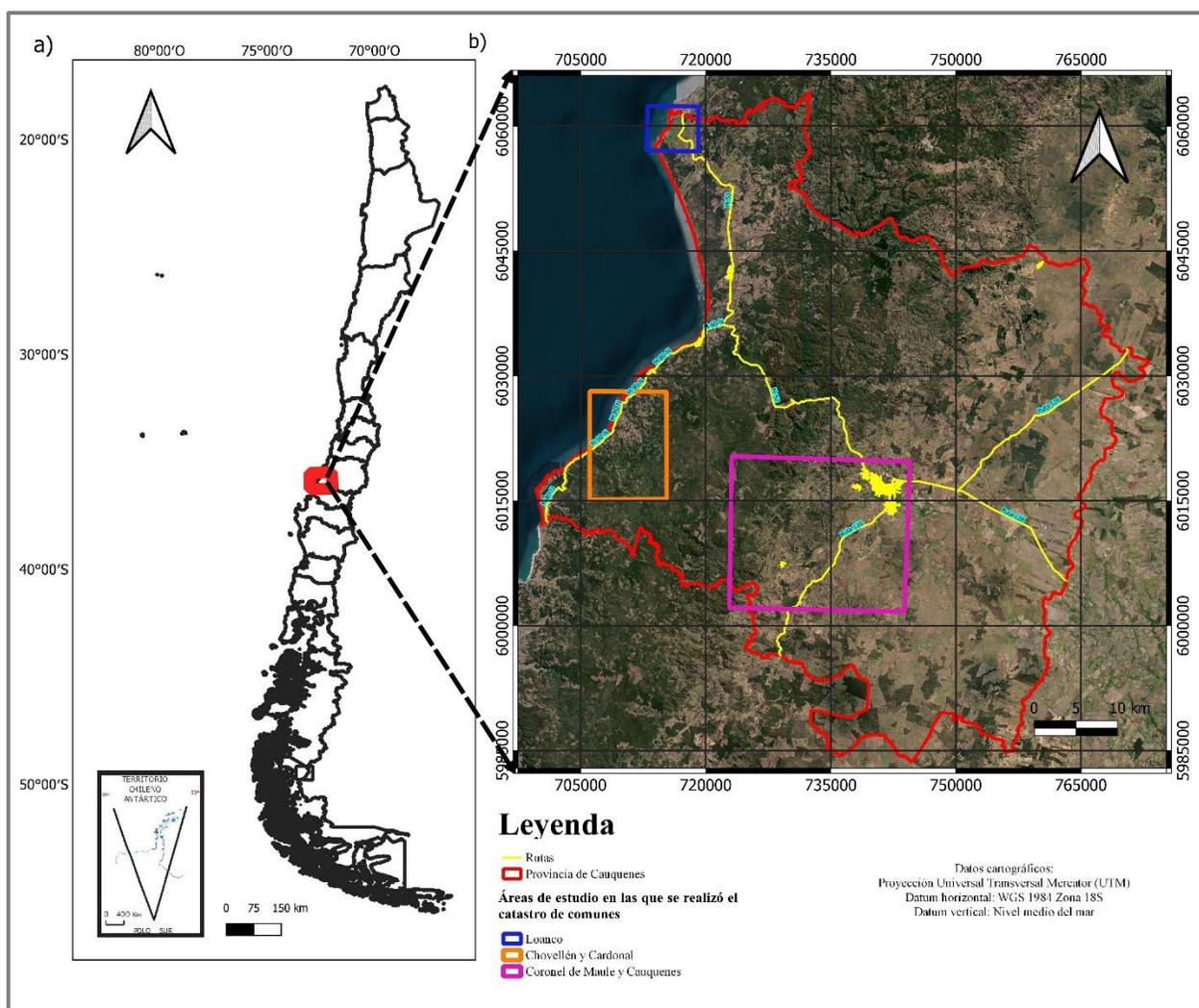


Figura 1.1. Mapa de ubicación y accesos. a) Mapa de Chile y ubicación del área de estudio en rojo. b) Mapa de ubicación del área de estudio, indicando en rectángulos las localidades en las que se realizó el catastro de comunas.

1.4. AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta memoria de título ha sido posible gracias al apoyo y patrocinio de la profesora Verónica Laura Oliveros Clavijo de la mano del Proyecto Anillo ACT210037 "Codesign Labs for

climate change: commons governance and care in coastal areas in south-central Chile", el cual me dio la oportunidad de trabajar en este tema interdisciplinario y de mirar la ciencia desde otra perspectiva.

Agradezco al SHOA por facilitar la entrega de información de índole oceanográfica sobre la estación Constitución, al proyecto tanDEM-X DEM_GEOL0845 por facilitar datos de alta resolución a través del TanDEM-X©DLR 2017 y a todos aquellos profesionales que me brindaron orientación sobre el cómo abordar diversos aspectos de esta memoria: Violeta Tolorza, Pamela Castillo, Sebastián Vásquez, Sonia Yáñez y Valentina Manríquez.

Agradezco también a Francisco Bastías por haber tenido la paciencia de escucharme y responder mis preguntas, acompañarme a terreno y siempre corregirme y darme consejo sobre el cómo seguir.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi pololo y hermana por escucharme y estar presente durante todo este proceso; a mis padres por siempre apoyarme y creer en mí; a mi mascota por acompañarme durante todos los días solitarios en los que trabajé en mi memoria; y a Dios por haberme dado la instancia de estudiar esta carrera y darme siempre la fuerza necesaria para seguir adelante pese a las adversidades.

2. CONTEXTO AMBIENTAL

2.1. CLIMA

De acuerdo a la clasificación de Köppen (1936), la Provincia de Cauquenes se encuentra bajo el dominio de dos tipos de clima. El primero corresponde al clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb), caracterizado por inviernos fríos o templados, y veranos secos y frescos, con la mayor parte de las lluvias concentrándose durante el invierno o en las estaciones intermedias. El segundo tipo, se concentra hacia el sector costero y hacia el extremo occidental de la comuna de Cauquenes. Este corresponde al clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera (Csb (i)) (CIREN & SITrural, 2020) (Figura 2.1).

Por otra parte, desde el punto de vista agrícola, la Provincia de Cauquenes forma parte de dos zonas agroecológicas: hacia el W, del secano costero, y hacia al E del secano interior. Estas zonas, que presentan variaciones climáticas latitudinales (norte-sur) denominadas subáreas climáticas o agroclimas, determinan con base en sus características el tipo de agricultura que se desarrolla en cada zona agroecológica (Del Canto y Del Pozo, 1999).

En el caso del secano costero, extendido entre la vertiente occidental de la cordillera de la Costa y el océano Pacífico, e incluyendo en la zona de estudio a las comunas de Chanco y Pelluhue, se caracteriza por presentar un clima mediterráneo marino litoral, con una precipitación anual promedio que aumenta hacia el sur, desde 833 mm en Chanco, hasta 1.496 mm en Cañete. En esta zona agroecológica, se distinguen 3 agroclimas: Hualañe, Angol y Cauquenes, de los cuales solo el último está presente en la zona de estudio. Este se caracteriza por contar con una temperatura media anual de 14,7°C, siendo máximas en enero (27°C) y mínimas en julio (4,7°C).

En cuanto al secano interior, extendido por el flanco oriente de la cordillera de la Costa entre Hualañe, en la Región del Maule, hasta parte de Yumbel, en la Región del Biobío, e incluyendo en la zona de estudio a la comuna de Cauquenes, se distingue según la definición de Papadakis (1966), por tener un clima mediterráneo costero, es decir, posee un período seco de 6 a 7 meses. Sus precipitaciones varían entre 640 mm y 1100 mm, de los cuales el 80% del agua precipita entre marzo-agosto y el 15% entre septiembre-noviembre. En esta zona agroecológica, se distinguen 3 agroclimas: Constitución, Concepción y Arauco, de los cuales solo el primero está presente en la

zona de estudio. Este se caracteriza por contar con una temperatura media anual de 14°C, mínimas en julio de 6,0°C y máximas en enero de 24.4°C (Del Canto y Del Pozo, 1999).

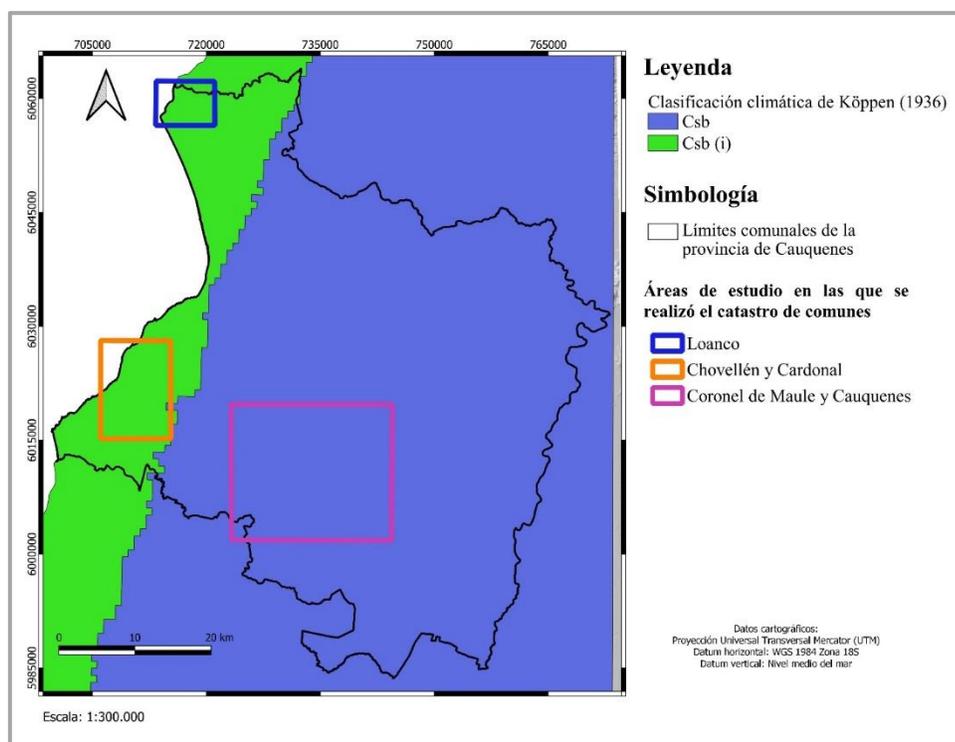


Figura 2.1: Mapa de regiones climáticas en la Provincia de Cauquenes, según clasificación de Köppen (1936). Csb: Clima mediterráneo de lluvia invernal; Csb (i): Clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera.

2.2. GEOMORFOLOGÍA

2.2.1. Geomorfología regional

En la Región del Maule pueden observarse cuatro dominios morfoestructurales dispuestos en franjas de orientación N-S a NNE-SSW y cuyos principales altos topográficos se caracterizan por un descenso progresivo desde W a E: planicie litoral, cordillera de la Costa, depresión Central y cordillera Principal (Castro, 2018). En particular, dado que la zona de estudio comprende gran parte de la Provincia de Cauquenes, se distinguen las primeras tres de las cuatro unidades geomorfológicas anteriormente mencionadas (Figura 2.2).

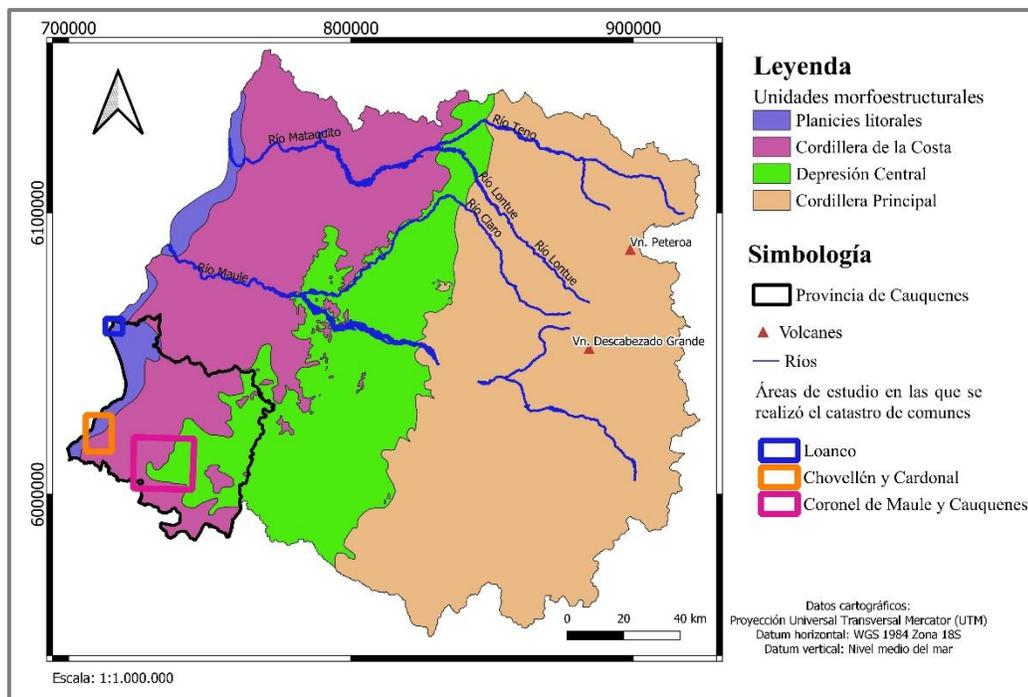


Figura 2.2: Unidades geomorfológicas en la Región del Maule. Modificado de Castro (2018).

2.2.1.1. Planicie Litoral

Se presentan como extensas zonas relativamente planas, con suave pendiente hacia el W, aunque no siempre están presentes; es así como en el sector sur de Constitución, la cordillera de la Costa no permite el desarrollo de esta unidad morfoestructural (DGA, 2004).

A nivel regional, están conformadas por las planicies de sedimentación fluvio-marinas entre los ríos Mataquito y Maule, de los cuales recibe aportes de sedimentación continental, mientras que al sur de Constitución la planicie litoral está conformada por terrazas marinas y playas con dunas (Castro, 2018).

2.2.1.2. Cordillera de la Costa

Corresponde a una cadena montañosa de orientación N-S ubicada en el sector más occidental del margen chileno. Se extiende de manera discontinua a lo largo de más de 3.000 km, y su altura varía de unos 2 km a una latitud de 33°S a 0,5 km a los 46°S (Cembrano y otros, 2007). Se compone principalmente de rocas graníticas y metamórficas de edad paleozoica del llamado basamento

cristalino, con la excepción del sector nororiental, compuesto por rocas sedimentarias y volcánicas, de edad cretácica. Presenta un relieve suave y ondulado, de lomajes bajos y formas amesetadas, que descienden suavemente hacia la costa producto de la deformación tectónica (Villalobos, 2020).

2.2.1.3. Depresión Central

Corresponde a una cuenca continental extendida entre los 33°S y los 40°S, que separa a la cordillera de la Costa de la cordillera Principal, y cuya formación se debe a la erosión diferencial durante el alzamiento de la cordillera de la Costa hace 10 -4 Ma (Farías, 2007). Esta se caracteriza por tener relieves bajos (entre 450 y 750 m s.n.m) producto del relleno cuaternario, el cual incluso en algunos lugares puede llegar a los 500 m de espesor (Araneda y otros, 2000 en Alarcón, 2020). Esta se encuentra conformada principalmente por depósitos fluviales asociados a los principales cursos de agua que atraviesan la depresión Central en esta región (ríos Teno-Mataquito, Lontué, Claro y Maule) y por depósitos aluviales provenientes de los abanicos que se forman a la salida de la cordillera de la Costa y Principal (Ministerio de vivienda y Urbanismo, 2012).

2.2.1.4. Cordillera Principal

Corresponde a una cadena montañosa fuertemente deformada ubicada en el sector más oriental del relieve chileno, extendida entre los ~35°S y ~38°S (Alarcón, 2020). Su altura promedio es de 2.500 m.s.n.m aunque puede alcanzar alturas máximas de 4.101 y 3.820 ms.n.m en la Región del Maule, representado por el volcán Peteroa y Descabezado Grande, respectivamente (Castro, 2018). Está conformada por un arco magmático meso-cenozoico y una cuenca de intraarco volcano-sedimentaria (Melnick, 2007).

2.2.2. Geomorfología local

A nivel local, la zona de estudio se caracteriza por un conjunto de unidades geomorfológicas menores reconocidas por medio de modelos de elevación digital (DEM). Estos rasgos distintivos del paisaje son el resultado de diversos procesos o factores morfogenéticos. Destaca en primer lugar la tectónica, la cual divide el área en tres grandes morfoestructuras: la cordillera de la Costa, la planicie Litoral, y la depresión Central, y es responsable de las principales diferencias de elevación en la zona. Luego, el clima ejerce una importante influencia en la modificación y desgaste de los relieves, controlando las tasas de erosión y depositación.

Finalmente, se reconoce un factor antrópico responsable de notables cambios en la morfología local por medio de la construcción de viviendas, caminos, puentes, y otras intervenciones al medio como la deforestación, la intervención de cauces, vegas y humedales. Lo anterior implica el corte de cerros, la remoción de material, el relleno de superficies, el empobrecimiento de los suelos sujetos a deslizamientos, producto de la pérdida de cohesión y soporte de estos, y además el desarrollo de inundaciones y anegamientos, por falta de la capacidad del suelo de infiltrar el agua de su superficie.

2.2.2.1. Unidades geomorfológicas

A. Terrazas marinas

En la zona de estudio, su desarrollo se concentra en el borde costero de las comunas de Pelluhue y Chanco (Figura 2.3), destacando en este último los acantilados de Loanco (Geositio) (Castro, 2018), cuyos depósitos marinos están asignados al Cretácico Superior.

Este modelado litoral resulta tanto de los antecedentes estructurales y litológicos de la cordillera de la Costa, como de la acción erosiva del mar y de sus agentes fluviales.

B. Cordillera de la Costa

En la zona de estudio se extiende de manera continua (Figura 2.3) con alturas que no sobrepasan los 800 m s.n.m., y con pendientes entre 10° y 50°. Se caracteriza por estar constituida por una sucesión de quebradas y valles que actúan como vías naturales de evacuación del agua hacia el mar, por lo que es común encontrar abanicos aluviales dentro de ellas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2012). En este sector la cordillera de la Costa está conformada en su vertiente occidental por la serie Oriental del basamento metamórfico de edad Paleozoico medio - superior, además de granitoides paleozoicos y jurásicos. Por otro lado, su vertiente oriental se caracteriza por la presencia de granitoides paleozoicos y rocas estratificadas volcánicas y sedimentarias de edad triásica, intruidas por granitoides mesozoicos (SERNAGEOMIN, 2003).

C. Llano central fluvio-glacio-volcánico

El llano central fluvio-glacio-volcánico contenido en la depresión intermedia, se estructura en torno a cuencas y llanos de sedimentación, procedentes de la erosión asociada a la acción de glaciares

durante el Pleistoceno, vientos y principales cursos de agua del secano interior. Esta unidad del relieve abarca la mayor parte de la comuna de Cauquenes (Figura 2.3) y se caracteriza por una topografía preferentemente plana, interrumpida por algunas zonas de lomaje y pendientes suaves. Esta llanura además recibe aporte de sedimentos provenientes de abanicos aluviales formados a la salida de la cordillera de la Costa llevando con ello al desarrollo de diferentes terrazas y llanos fluviales (CIREN & SITrural, 2021).

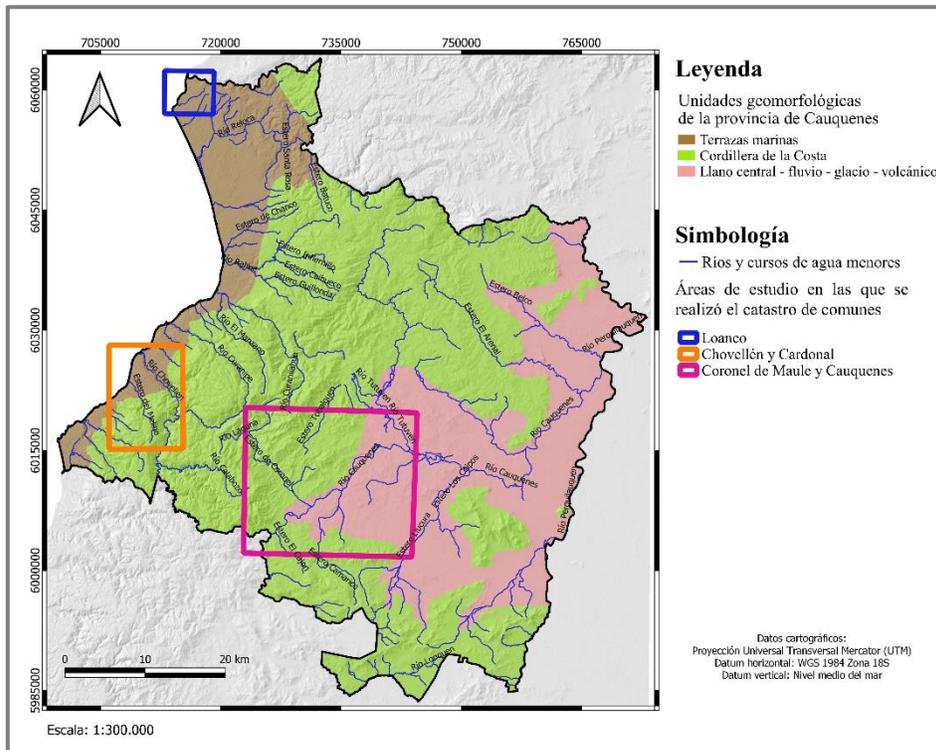


Figura 2.3. Unidades geomorfológicas de la Provincia de Cauquenes.
Modificado de Börgel (1983) y Castro (2018).

2.2.2.2. Elevación y pendientes

Las elevaciones más prominentes se concentran hacia el sector W del área de estudio (Figura 2.4), asociadas a la cordillera de la Costa, con alturas por sobre los 700 m s.n.m., representadas por los cerros La Cimarrona, Nigini y Tronador, ubicados en el límite comunal Cauquenes-Pelluhue; Caiquén localizado en el límite comunal Cauquenes-Chanco, y el cerro Name ubicado en la comuna de Cauquenes, uno de los más altos de la Provincia de Cauquenes, con una altura de 824 m s.n.m.

Por otra parte, las menores cotas están en las planicies litorales asociadas al curso de los ríos del secano costero: Chovellén, Curanipe, Curanilahue y Pinotalca, los que fueron afectados por

procesos de erosión y sedimentación tanto de índole marina como fluvial. Es en estos sectores, de baja pendiente y próximos al mar, en donde se concentran los asentamientos humanos de las localidades costeras a estudiar: Loanco y Chovellén-Cardonal (Figura 2.4).

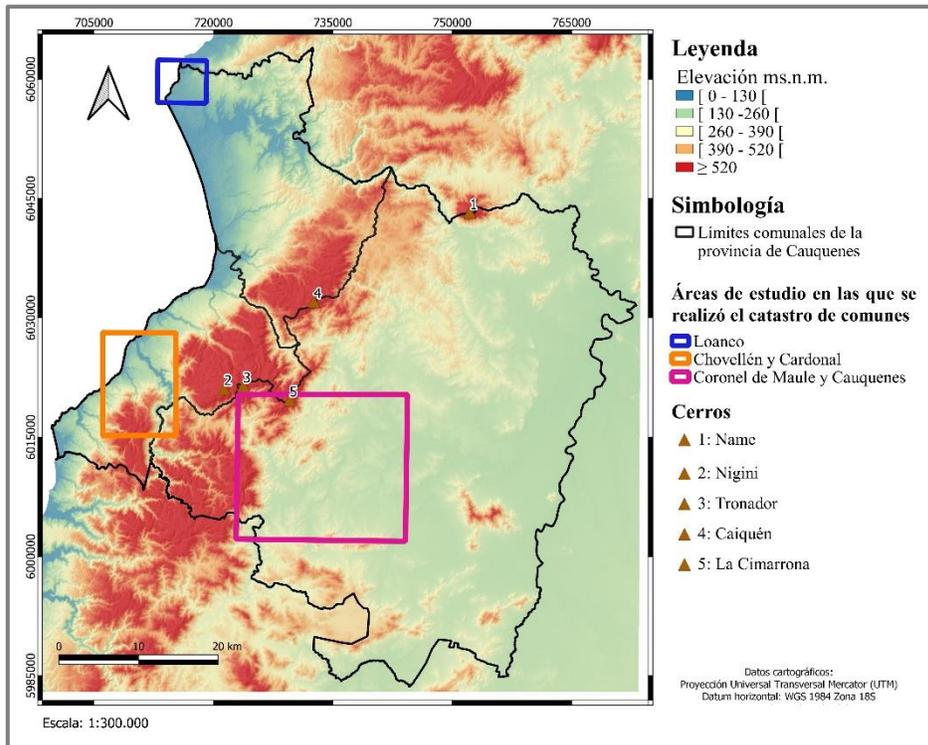


Figura 2.4: Mapa de elevaciones.
Elaboración propia.

Las zonas de bajas pendientes representan una gran parte del área de estudio, con inclinaciones que no superan los 10° (Figura 2.5). Dichas zonas están situadas en los sectores litorales del secano costero y en las cercanías de los cursos de agua de los ríos Cauquenes, San Juan y Perquilauquen, además de un gran número de cursos de agua del secano interior (Figura 2.4).

En relación con las pendientes más altas, su distribución coincide con las altas cumbres y cotas, cuyas inclinaciones van desde los 10° hasta 50° en algunos sectores de la cordillera de la Costa, donde se desarrollan abruptos cerros y valles escarpados, por los cuales recorren cursos de agua como el río Chovellén, Curanipe, Curanilahue y Pinotalca, quienes desembocan finalmente en el mar.

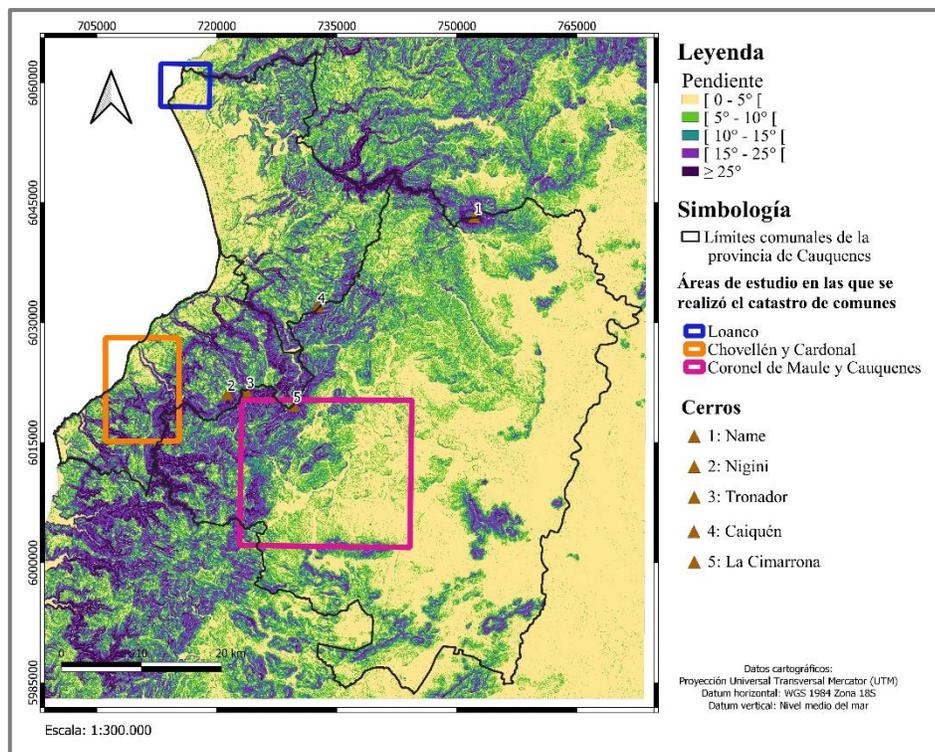


Figura 2.5: Mapa de pendientes. Elaboración propia.

2.3. HIDROGRAFÍA

2.3.1. Generalidades

La hidrografía de la Provincia de Cauquenes se caracteriza por exhibir una variada red de cursos de agua, de tendencia general NNW-SSE, la cual forma parte de 16 sub-subcuencas (Figura 2.6) del Banco Nacional de Aguas (BNA). Esta corresponde a la primera delimitación oficial de cuencas de la DGA y actualmente es utilizada en los sistemas de codificación de la DGA y por otros organismos gubernamentales, tales como el MOP.

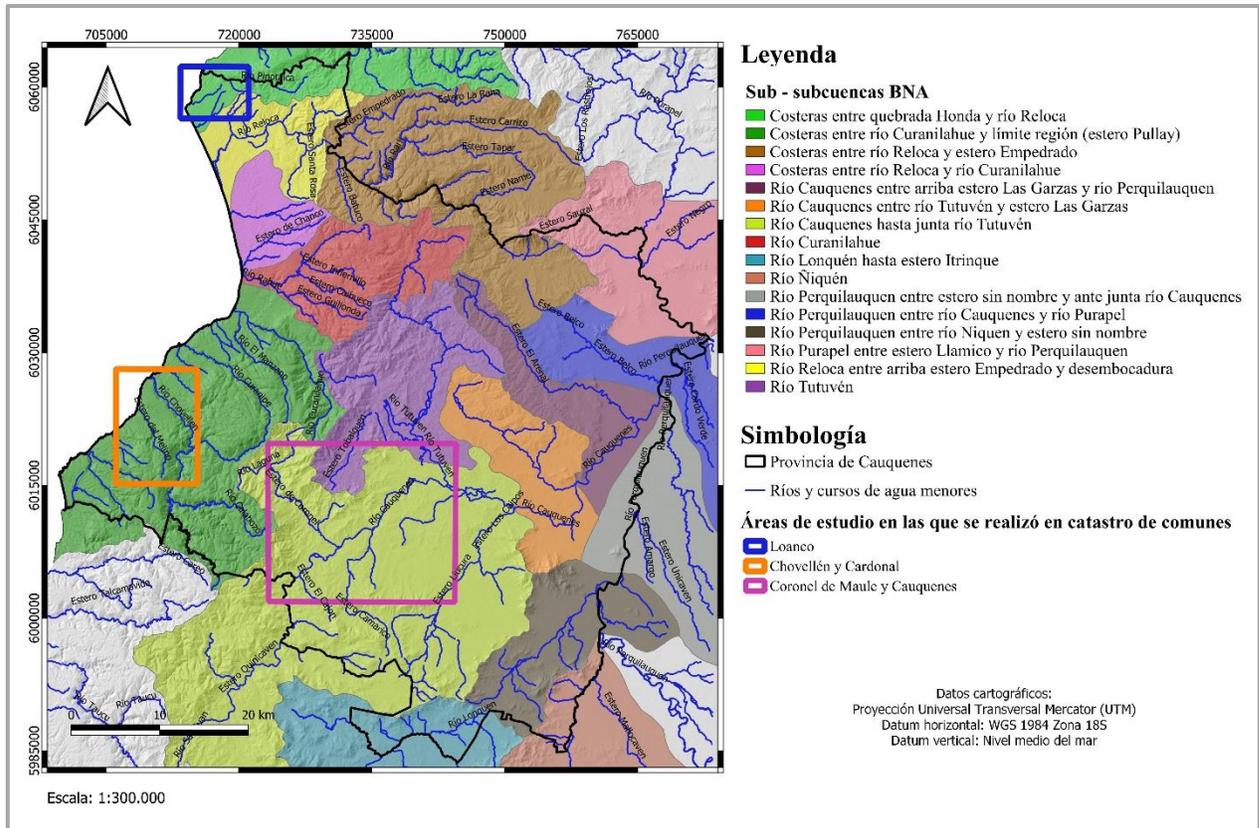


Figura 2.6: Mapa de sub-subcuencas de la Provincia de Cauquenes. Elaboración propia a partir de capas vectoriales de la DGA.

2.3.2. Hidrografía local

Dado que las sub-subcuencas BNA fueron construidas sobre cartografía antigua y arrastran errores en términos de sinuosidad y forma coherente con el relieve, es que se elabora un nuevo mapa de delimitación para aquellas subcuencas contenidas en las localidades de estudio en base a un DEM de 12.5 m de resolución del satélite Alos Palsar, a datos de TanDEM-X©DLR 2017, facilitado por el proyecto tanDEM-X DEM_GEOL0845, y también considerando la delimitación de cuencas realizadas por el explorador de cuencas CAMELS y CIREN (2014), los cuales consideran como punto de cierre las estaciones fluviométricas aledañas.

2.3.2.1. Cuenca del río Cauquenes

La cuenca del río Cauquenes (Figura 2.7), de tipo exorreica, corresponde a una subcuena de la cuenca del río Maule. Sus esteros y ríos nacen en el flanco oriental de la cordillera de la Costa generando una red de drenaje que desemboca en el río Perquillauquén. El río Cauquenes es el río

principal de la cuenca y se alimenta desde el NW por el río Tutuvén, desde el S por el río San Juan y desde distintas direcciones por una serie de esteros. El curso del río Cauquenes tiene dirección E-W, pero casi al llegar a la cuenca vecina del río Perquilauquén cambia su rumbo y adquiere un curso NNE-SSW (Rabi, 2018). Cuenta con 8 estaciones climatológicas, 4 estaciones de calidad de aguas y 2 estaciones fluviométricas.

Esta cuenca a su vez se encuentra subdividida en 3 sub-subcuencas: cuenca río Cauquenes Alto, río Cauque y río Tutuvén (Figura 2.7).

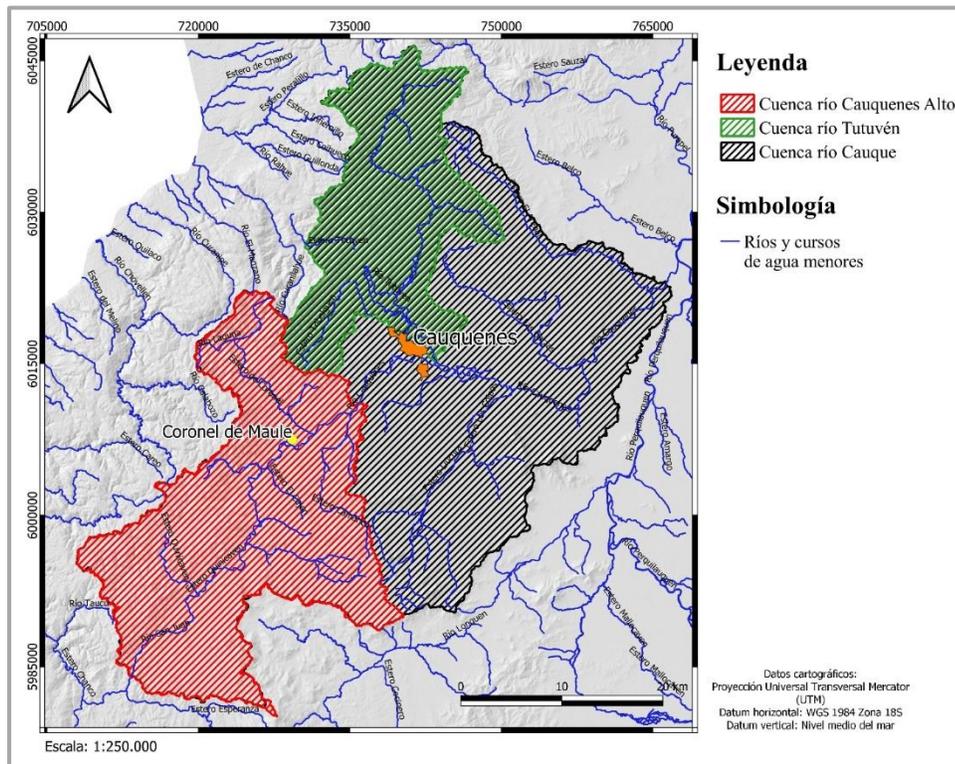


Figura 2.7: Cuenca del río Cauquenes. Elaborado a partir de capas vectoriales del explorador de cuencas CAMELS y de CIREN (2014).

La cuenca río Cauquenes Alto, se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 12,9°C, una precipitación anual de 908,4 mm, una superficie de 673,2 km². Por otra parte, la cuenca río Cauque, se caracteriza por presenta una temperatura media anual de 14,1°C, una precipitación anual de 827,9 mm y una superficie de 702,5 km². Finalmente, la cuenca río Tutuvén, se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 13 °C, una precipitación anual de 878,6 mm y una superficie de 375,3 km² (CIREN, 2014).

2.3.2.2. Cuenca del río Chovellén

Corresponde a una subcuenca de la cuenca Costera Maule Sur de tipo exorreica. Sus esteros y ríos nacen en el flanco occidental de la cordillera de la Costa para generar una red de drenaje que desemboca en el río Chovellén. Este río, de dirección NNW-SSE, es el principal de la subcuenca y se alimenta en el extremo SE tanto por el estero los Copihues como por el río Calabozo (Figura 2.8)

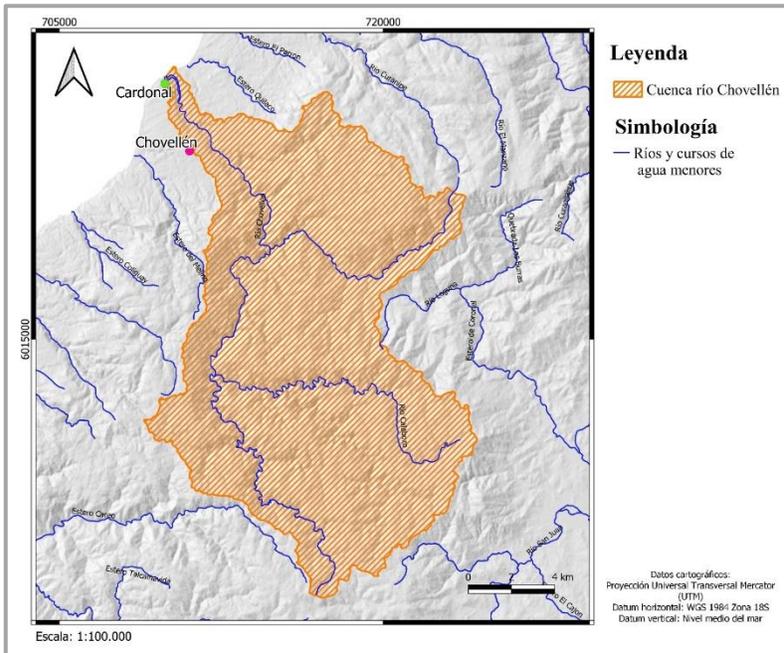


Figura 2.8: Cuenca del río Chovellén. Elaboración propia.

Esta subcuenca, se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 11,8°C, una precipitación anual de 933,9 mm, una superficie de 216,9 km², y por no contar con estaciones pluviométricas o fluviométricas (CIREN, 2014).

2.3.2.3. Cuenca del río Pinotalca

Corresponde a una subcuenca de las cuencas Costeras entre Río Maule y Río Reloca. Sus esteros y ríos nacen en el flanco occidental de la cordillera de la Costa para generar una red de drenaje que desemboca en el río Pinotalca. El río Pinotalca o también denominado Loanco y Santa Ana, es el río principal de la subcuenca. Posee una dirección E-W y se alimenta desde distintas direcciones por una serie de esteros, como los esteros Colguane y Provoste (Figura 2.9).

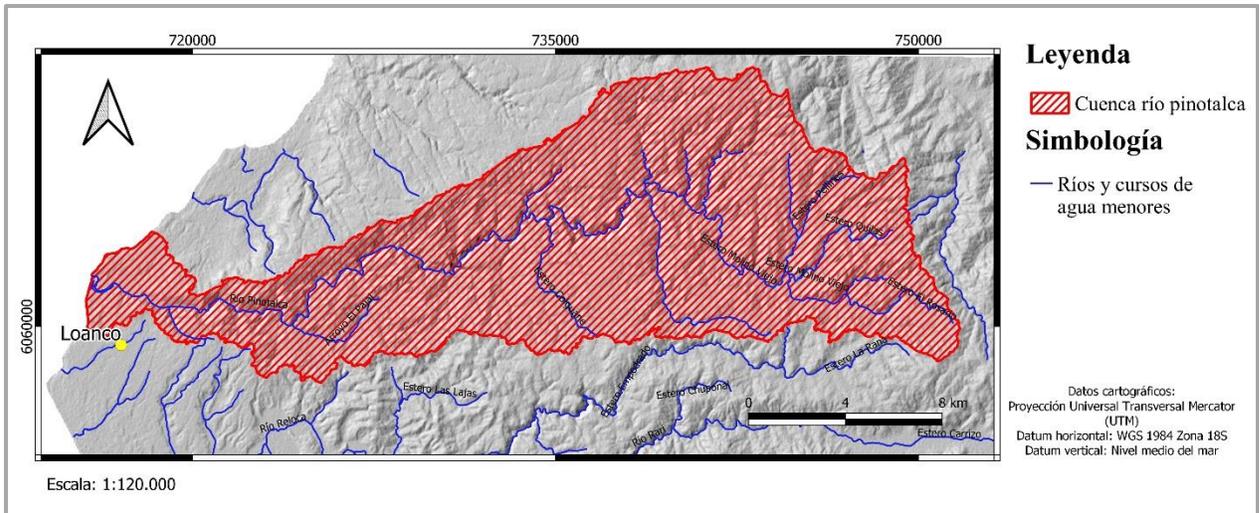


Figura 2.9: Cuenca del río Pinotalca. Elaboración propia.

Esta subcuenca, se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 12°C , una precipitación anual de 931,1 mm, una superficie de $244,2\text{ km}^2$, y por conta contar con: una estación fluviométrica (CIREN, 2014), una estación sinóptica y una estación de calidad de aguas en el APR Loanco.

2.3.3. Marco legal del agua

2.3.3.1 Normativa de calidad de agua

En Chile las normativas respecto a calidad del agua corresponden a: la DS 143 para actividades de recreación con contacto directo, la Norma Chilena (NCh) N°409/1 del año 2005 para agua potable, y la Norma Chilena (NCh) N°1333 del año 1978, modificada en 1987, y que consta sobre los requisitos de calidad de agua para diferentes usos. De estas tres normas se utilizarán las dos últimas como referencia para caracterizar la calidad del agua en el capítulo de resultados.

I. NCh N°409/1 Agua Potable

Establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua para que sea considerada potable (Tabla 2.1), es decir, que cumpla con todos los requisitos físicos, químicos, bacteriológicos y de desinfección establecidos en la Norma NCh N°409/1, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano (INN, 2005).

Los parámetros para definir los requisitos de calidad de agua se han agrupado en los siguientes tipos:

- I. Parámetros microbiológicos y de turbiedad.
- II. Elementos o sustancias químicas de importancia para la salud
- III. Elementos radioactivos
- IV. Parámetros relativos a las características organolépticas
- V. Parámetros de desinfección

Esta norma se aplica al agua potable proveniente de cualquier servicio de abastecimiento en el sistema de distribución y muestreada como se establece en NCh N°409/2.

Tabla 2.1: Límites de concentraciones para NCh N°409/1. Modificado de INN (2005).

Parámetro		Unidad	Límite máximo para agua potable (NCh N° 409)
pH			5<pH<9
Sulfato	SO ₄ ⁻²	mg/L	500
Cloruro	Cl ⁻	mg/L	400
Fluoruro	F ⁻	mg/L	1,5
Magnesio	Mg ⁺²	mg/L	125
Nitrato	NO ₃ ⁻	mg/L	50
Amonio	NH ⁺⁴	mg/L	1,5
Solidos totales disueltos	SDT	mg/L	1500
Arsénico	As	mg/L	0,01
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Cobre	Cu	mg/L	2
Hierro	Fe	mg/L	0,3
Mercurio	Hg	mg/L	0,001
Manganeso	Mn	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,05

II. NCh N°1333 Requisitos de calidad del agua para diferentes usos

Establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso, incluyendo los usos siguientes: consumo humano, bebida de animales, riego, recreación y estética (estética, recreación con contacto directo, recreación sin contacto directo) y vida acuática. La norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científico referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Señala que dichos criterios tienen por objetivo proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo y origen (INN, 1987). Respecto a los límites de concentración para agua de riego, estas se muestran en la Tabla 2.2 y Tabla 2.3.

Tabla 2.2: Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego. Modificado de INN (1987).

Parámetro		Unidad	Límite máximo para agua potable (NCh N° 1333)
Sulfato	SO ₄ ⁻²	mg/L	250
Cloruro	Cl ⁻	mg/L	200
Fluoruro	F ⁻	mg/L	1
Sodio	Na ⁺	%	35
Arsénico	As	mg/L	0,1
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Cobalto	Co	mg/L	0,05
Cobre	Cu	mg/L	0,2
Hierro	Fe	mg/L	5
Mercurio	Hg	mg/L	0,001
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Níquel	Ni	mg/L	0,2
Plomo	Pb	mg/L	5
Selenio	Se	mg/L	0,02
Zinc	Zn	mg/L	2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Plata	Ag	mg/L	0,2
Aluminio	Al	mg/L	5
Bario	Ba	mg/L	4
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro	B	mg/L	0,75
Cianuro	CN ⁻	mg/L	0,2
Cromo	Cr	mg/L	0,1
Litio	Li	mg/L	2,5
Litio (cítricos)	Li	mg/L	0,075
Selenio	Se	mg/L	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1

Tabla 2.3: Clasificación de aguas para riego según su salinidad. Extraído de INN (1987).

Clasificación	Conductividad específica, c, $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C	Sólidos disueltos totales, s, mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1500$	$500 < s \leq 1000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1500 < c \leq 3000$	$1000 < s \leq 2000$
Agua que puede ser usada en plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3000 < c \leq 7500$	$2000 < s \leq 5000$

Cabe mencionar que, respecto a la concentración máxima de sodio porcentual en agua para riego, representada en la Tabla 2.2, esta se debe calcular considerando las concentraciones de los iones

sodio, calcio magnesio y potasio expresadas en miliequivalentes por litro, mediante la siguiente expresión:

$$Na(\%) = \frac{Na}{Na + Ca + Mg + K} * 100 \quad 2.1$$

En relación a los requisitos de agua para recreación con contacto directo se debe tener en consideración que el pH debe estar entre 6,5 a 8,3, excepto si las condiciones naturales muestran valores diferentes, aunque en ningún caso debe ser menor a 5 o mayor que 9.

2.4. MARCO GEOLÓGICO

2.4.1. Rocas metamórficas

2.4.1.1. Basamento metamórfico (Pzor)

El Basamento Metamórfico de la cordillera de la Costa, se extiende entre las latitudes 32° S y 42°S (Hervé y otros, 2007) en una franja de unos 800 km de largo y unos 30 km de ancho en promedio (González-Bonorino, 1970 en Cartes, 2004).

Aguirre y otros (1972), subdividieron este basamento en dos complejos metamórficos contrastantes: la Serie Oriental (bajo P/T) y la Serie Occidental (alto P/T)), las que se diferencian por su litología, asociaciones mineralógicas, protolito y condiciones de metamorfismo (González Bonorino & Aguirre, 1970; Aguirre y otros, 1972; Hervé, 1977; Hervé y otros, 1987, en Cartes 2004), y de las cuales solo se reconoce la primera serie en la zona de estudio (Figura 2.11).

2.4.1.1.1. Serie Oriental

Definida por Aguirre y otros (1972), representa una franja elongada de orientación NNW–SSE (Vásquez, 2001), limitada al W por el Batolito Costero del sur (BCS) de edad Paleozoico superior, y al E por la costa (Figura 2.10), la cual se compone de una secuencia metagrauvascas- metapelitas, las que poseen un bajo grado de metamorfismo y deformación (Aguirre y otros, 1972 en Cartes 2004; Willner 2005), además de corneas, y gneiss asociados con granitoides de dimensiones batolíticas (Hervé, 1977). Aflora en forma continua desde los 32°30' S (Río Aconcagua) hasta los 38° S, mientras que, al sur de los 38°S, sus afloramientos se encuentran ausentes.

Con respecto a su formación, esta se construyó por acreción de los sedimentos de la pendiente de un margen pasivo previo a la subducción durante la época del Devónico, formando así parte de la retrocuña del prisma de subducción del Paleozoico (Glodny y otros, 2008). Posteriormente poco después de iniciada la subducción los protolitos sedimentarios que componen a esta serie se vieron mayormente afectados por dos fases de deformación y metamorfismo, un primer evento de metamorfismo regional de tipo Barroviano (temperatura y presión intermedias) y un segundo evento de metamorfismo regional tipo Buchan (baja presión y alta temperatura).

En cuanto al protolito de las rocas de la Serie Oriental y al ambiente de sedimentación de esta, existen diversas propuestas, entre ellas la de Hervé (1988), quien interpreta que corresponde a secuencias turbidíticas de ambiente de plataforma. En relación a la edad de este protolito, Willner y otros en (2007) mediante dataciones U-Pb en zircones detríticos de una muestra de metagrauvascas (02CH31) ubicada en la estación Huinganes de la comuna de Constitución, Región del Maule, determinaron que la edad máxima de depositación de los sedimentos que componen a las rocas de la serie Oriental es 373 Ma, correspondiente al Paleozoico medio-superior.

2.4.2. Rocas intrusivas

2.4.2.1. Batolito Costero del Sur (CPg)

Definido por Hervé y otros (1987), como una unidad intrusiva que se extiende desde los 32,30°S hasta los 38°S en una franja con orientación NNE-SSW, al E de las rocas metamórficas paleozoicas (Creixell, 2001) (Figura 2.11). Aflora en forma esporádica al sur de los 39° y 41°S, donde es agrupado al interior del Dominio Norpatagónico (Hervé y otros, 1987).

Su litología consiste fundamentalmente en tonalitas y granodioritas de biotita y hornblenda (Parada, 1990 en Creixell, 2001) de grano medio a grueso, las que en general muestran haber estado sometidas a fuertes efectos cataclásticos. Estos granitoides muestran grandes cristales de microclina, los que son característicos de esta zona y los distinguen de otros granitoides de diferente edad (Escobar y otros, 1977). En forma local, se distribuyen de manera homogénea y casi continua en el sector oriental del basamento metamórfico al E de Pelluhue granodioritas, cuya edad para los intrusivos de dicha comuna ha sido estimada en 288 Ma (Cecioni, 1983), aunque dataciones más recientes U-Pb en circones realizadas por Deckart y otros en el 2014, establecen una edad entre 320-300 Ma (Carbonífero superior - Pérmico inferior).

2.4.2.2. Intrusivos mesozoicos (Jig)

Corresponde a dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita (SERNAGEOMIN, 2003) de edad Jurásico inferior, aunque también se incluye un conjunto de stocks y diques andesíticos y dacítico-riolíticos (Moreno y otros 1979), los cuales estarían cortando a las tonalitas y dioritas. Se extienden por la franja jurásica en la parte central de la cordillera de la Costa al E del Batolito Costero del Sur entre los 30-37°S (Bravo, 2001 en Jiménez, 2018) (Figura 2.11), y se caracterizan por aflorar masivamente entre los 33-34°S, mientras que, al S de dicha latitud, los plutones jurásicos disminuyen de tamaño, ubicándose al SE de la franja jurásica, cortando a los intrusivos paleozoicos y a las rocas sedimentarias del Triásico Superior (SERNAGEOMIN, 2003).

Estos cuerpos intrusivos están localizados frecuentemente en accidentes topográficos que destacan por su mayor altura con respecto al paisaje general de la región (Escobar y otros, 1977), y poseen una edad máxima de 205 -207 millones de años en roca total mediante el método K-Ar (Abad & Cucurella, 1977 en Escobar y otros 1977).

2.4.3 Rocas estratificadas

2.4.3.1. Estratos de Pillay – Cerro Gupo (Trm)

Corresponde a una secuencia sedimentaria de rocas clásticas y volcanoclásticas, asignadas al Triásico Superior por Muñoz Cristi (1973 en Hervé y otros, 1976), ubicadas aproximadamente 35 km al E de Linares próximos a los 35°45' S y a los 72° W (Hervé y otros, 1976) (Figura 2.11).

Afloran en los cerros Pillay, Gupo, Tabón Tinaja y Calivoro (Moreno y otros, 1979); subyacen en discordancia a los sedimentos cuaternarios y depósitos no consolidados (Jiménez, 2018), y son intruidas por los intrusivos mesozoicos.

Se compone de: conglomerados compuestos principalmente de cuarzo lechoso policristalino de matriz arcillosa a arenosa, intercalados con lutitas y areniscas, limolitas y lutitas (ocasionalmente con niveles fosilíferos), con intercalaciones de tobas riolíticas (en los cerros Pillay, Tabón Tinaja y Calivoro), además de lavas y brechas hacia techo (Moreno y otros, 1979; Jiménez, 2018).

El espesor de esta secuencia se aproxima a los 800 m, aunque es difícil de estimar dado la gran cantidad de fallas que la cortan y desplazan (Moreno y otros, 1979).

2.4.3.2. Formación Patagua (Trm)

Corresponde a depósitos sedimentarios marinos y volcánicos, ubicados entre los paralelos 36°y 36°15' S y los 72° y 72°15' (Hervé y otros, 1976), entre Parral y Cauquenes, atribuidos tentativamente al Triásico Superior por Muñoz & González en 1953. Es conocida también como estratos de Pocilla (Hervé y otros, 1976) (Figura 2.11).

Esta formación que sobreyace en inconformidad al basamento cristalino, comprende 4 sub-unidades de base a techo: lutitas pizarrosas y areniscas, rocas volcánicas correspondientes a lavas y brechas en su mayoría de composición andesítica-dacítica, pedernal correspondiente a rocas volcánicas ácidas fuertemente silicificadas que en algunas zonas están completamente obliteradas, y conglomerado de cuarzo (Moreno y otros, 1979).

2.4.3.3. Formación Quiriquina (Cretácico Superior) (Ksm)

Definida en primera instancia por Cecioni (1983) como la Formación Chanco, y posteriormente como la Formación Quiriquina por Otero (2015), quien mediante una correlación estratigráfica entre los depósitos expuestos en el sector de Faro Carranza y los de la parlocalidad de la Formación Quiriquina (Cocholegüe), determina que los niveles basales expuestos en el sector de Faro Carranza, correspondientes a areniscas gruesas fosilíferas amarillas y levemente verdes con abundantes concreciones, pertenecerían a la sección superior de la Formación Quiriquina, definida por Biro (1982), cuya localidad tipo es Bahía Las Tablas, ubicada al NW de la isla Quiriquina (Figura 2.10).

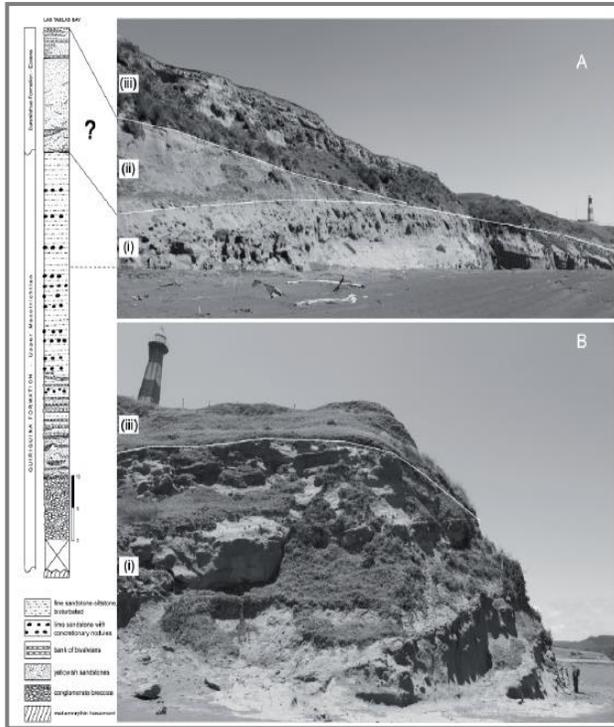


Figura 2.10: Correlación entre la columna estratigráfica de la parlocalidad tipo de la Formación Quiriquina en Cocholgue, Región del Biobío, y los estratos cretácicos expuestos en Faro Carranza, Región del Maule. A) Vista hacia el sureste de los estratos fosilíferos que conforman el anticlinal en Faro Carranza. Dicho anticlinal está formado por areniscas fosilíferas con abundantes concreciones B) Aspecto de los afloramientos inmediatamente bajo el faro. Los niveles acuñados en el flanco norte del anticlinal. Extraído de Otero (2015).

Esta formación, en la zona de estudio aflora desde el sector de Mariscadero, en la comuna de Pelluhue, hasta la parte N de la comuna de Chanco (Figura 2.11). Aflora además en la ciudad de Constitución, Región del Maule, en las ciudades de Concepción, Talcahuano y Curanilahue, y en las playas de Tomé, Punta de Parra, Lirquén y Penco (Biró, 1982), en la Región del Biobío.

Sobreyace en inconformidad a las rocas del basamento metamórfico, infrayace en discordancia a los depósitos cuaternarios, y es afectada por un anticlinal donde se emplaza el faro Carranza.

Se le asigna una edad de Maastrichtiano tardío, debido restos fósiles en el sector de Loanco de ammonoideos del género *Gunnarites* y *Diplomoceras* como *D.cylindraceum*, *G.gemmatum* *G.joharae* además de la especie *P.indra* (Otero, 2015; Castro, 2018),

Se compone, en el sector de caleta Loanco de base a techo de: areniscas amarillas conglomerádicas, areniscas limolíticas gris-verdosa con concreciones arenisco-calcáreas y areniscas líticas bioturbadas (Castro, 2018).

2.4.3.4. Depósitos piroclásticos (Plt)

Corresponden a material volcánico poco consolidado de composición principalmente riolítica, asociado a calderas de colapso (SERNAGEOMIN, 2003) de edad Pleistoceno. Estos depósitos se ubican mayormente sobre la confluencia del río Perquilauquén y se componen principalmente de ceniza volcánica (90-95%) y líticos volcánicos negros (5-10%), de buena selección (Jiménez, 2018) (Figura 2.11).

2.4.3.5. Depósitos no consolidados

I. Depósitos gravitacionales (Q1)

Consiste en depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa (SERNAGEOMIN, 2003), de origen gravitacional, y de edad Pleistoceno-Holoceno (Figura 2.11).

En la zona de los ríos San Juan y en Cauquenes su presencia es escasa, y están constituidos por arena media a gruesa y grava fina a media, de mala selección y de matriz arcillosa. Sus clastos monomícticos presentan un bajo grado de compactación, sin cementación, y van desde 5 a 50 cm (DGA, 2013 en Rabi, 2018).

II. Depósitos fluviales actuales y antiguos (Qf)

Corresponden a depósitos asociados a los cursos de agua de los ríos mayores de edad Pleistoceno-Holoceno, como cargas de fondo, barras de meandros, canales abandonados, o de sus terrazas sub-actuales y llanuras de inundación, que sobreyacen a las litologías de mayor edad sobre el área (SERNAGEOMIN, 2003; Jiménez, 2018) (Figura 2.11).

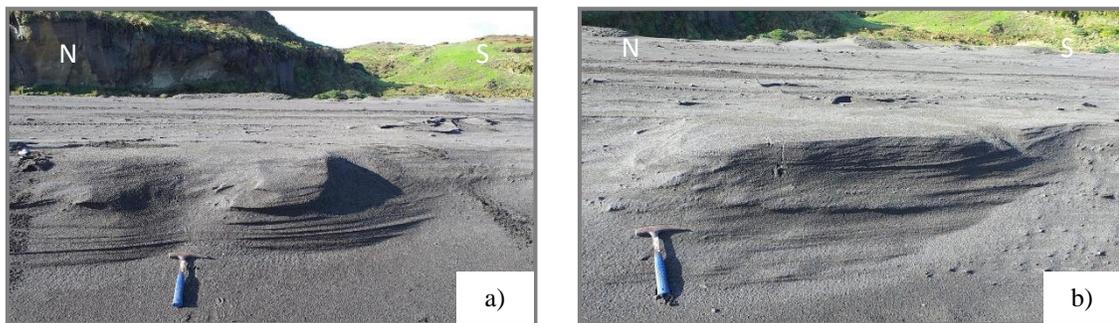
Los depósitos fluviales actuales están distribuidos en las cercanías de los ríos y esteros actuales. Se estima que tienen espesores de hasta 15 metros y corresponden a arenas gruesas y gravas finas, con intercalaciones de gravas medias de matriz arenosa y de arenas finas. Poseen buena selección y matriz escasa de arena fina y limo. El grado de compactación es bajo y casi no existe cementación. Sus clastos son subredondeados y polimícticos.

Por otra parte, los depósitos fluviales antiguos corresponden a sedimentos fluviales de edad pleistocena, eventualmente pliocena (DGA, 2013 en Rabi, 2018), ubicados al N del río Cauquenes antes de que este cambie su curso hacia una dirección N-S, y cercanos al sector de Pocillas. Al N

del río Cauquenes se observan como depósitos de grava clasto soportada, de clastos redondeados y con matriz de arena fina a gruesa. Presentan capas intercaladas de arenas medias y se encuentran en su mayoría cubiertos por depósitos piroclásticos (Rabi, 2018).

III. Depósitos litorales actuales (Qm)

Corresponden a depósitos con materiales no consolidados, compuestos principalmente por arenas y gravas (SERNAGEOMIN, 2003) de edad Pleistoceno-Holoceno, cuya distribución abarca la bahía de Chanco mayoritariamente y el borde costero (Figura 2.11). Estas no evidencian un grado de compactación ni cementación, y actualmente son sometidos a efectos del oleaje y acción eólica. Se depositan en playas, paralelas a la línea de costa y cuentan con laminación paralela y estratificación cruzada en varias direcciones, esto último dependiendo de la dirección del oleaje (Fotografía 2.1).



Fotografía 2.1: a) Laminación paralela y b) estratificación cruzada en depósitos litorales actuales.

El tamaño de los clastos varía de psamita con una variada granulometría (fina a gruesa), y una proporción menor de materiales tamaño rudita (grava). En terreno se observaron solo un tipo de playa, con predominio de arenas negras en las playas de caleta Loanco, Cardonal, Monolito, entre otras.

Las arenas de estas playas se caracterizan por tener una buena selección, color negro a gris negruzco, granos subprismoidales y sub-redondeados. La proporción de sus clastos varía aproximadamente entre 80% a 70% de clastos líticos volcánicos, 15%-10% de cuarzo, 10%-8% de feldespatos, 3%-0% de bioclastos. Estas arenas presentan la particularidad de contener granos con un elevado magnetismo, por lo que se presume la posibilidad que algunos clastos volcánicos sean titanomagnetita.

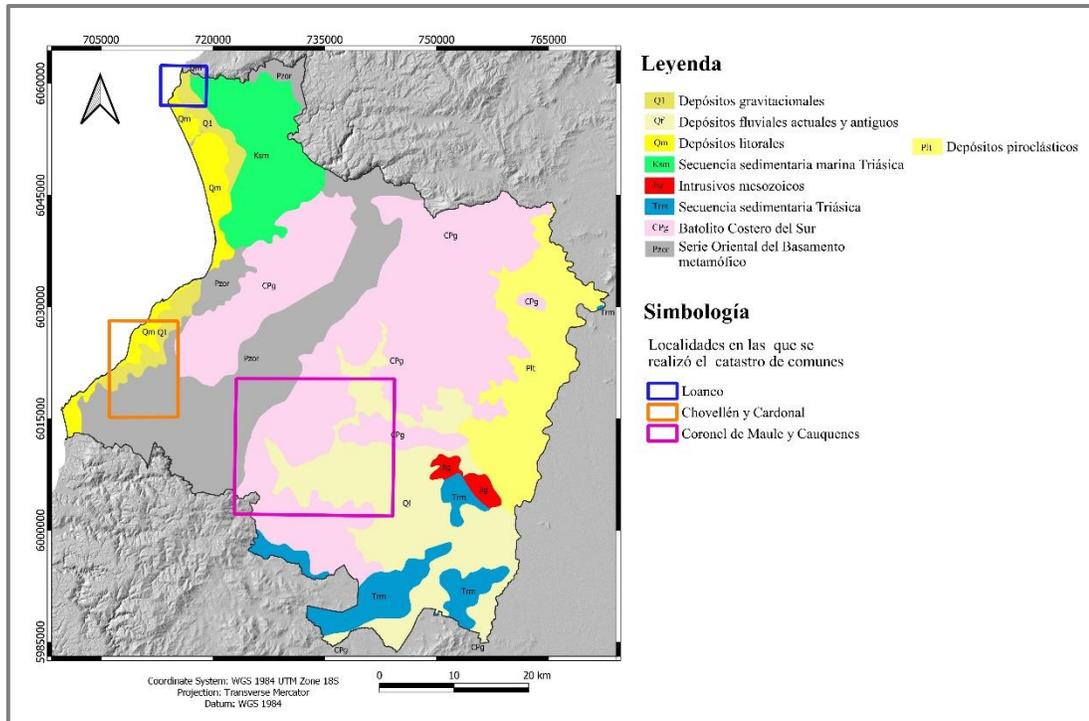


Figura 2.11: Mapa geológico de la Provincia de Cauquenes. Modificado de Jiménez (2018), Rabi (2018) y SERNAGEOMIN (2003).

2.5. EDAFOLOGÍA

2.5.1. Generalidades

Chile no cuenta con una cartografía detallada de los suelos de todo el país. Solo un 24% de la superficie tiene estudios de reconocimiento de suelo a escalas menores a 1:100.000 que permitan conocer a escala local el tipo de suelos y sus potenciales usos. Estos estudios que se han desarrollado en el país desde la década del 1950, y que han sido compilados por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) desde 1996, se concentran entre la Provincia de Petorca por el norte y la Provincia de Llanquihue por el sur. El resto del país solo cuenta con estudios de reconocimiento de suelos de gran escala, los que se basan en pocos datos de terreno y en gran parte en datos satelitales y fotointerpretación, por lo que el uso de esta información debe hacerse con cautela considerando el alto nivel de incertidumbre de los datos utilizados (Zambrano, 2019).

Entre estos estudios realizados para la Región del Maule, se encuentra el “Estudio Agroecológico de suelos” realizado por el CIREN el año 1983, 1997 y 2011, quienes agruparon los suelos en clases, subclases y unidades de capacidad de uso de suelo, con la finalidad de señalar su relativa

adaptabilidad a ciertos cultivos e indicar las dificultades y riesgos que pueden presentarse al usarlos. Estas clases para definir la capacidad de uso del suelo son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso. La Figura 2.12 muestra las clases referentes a la Región del Maule.

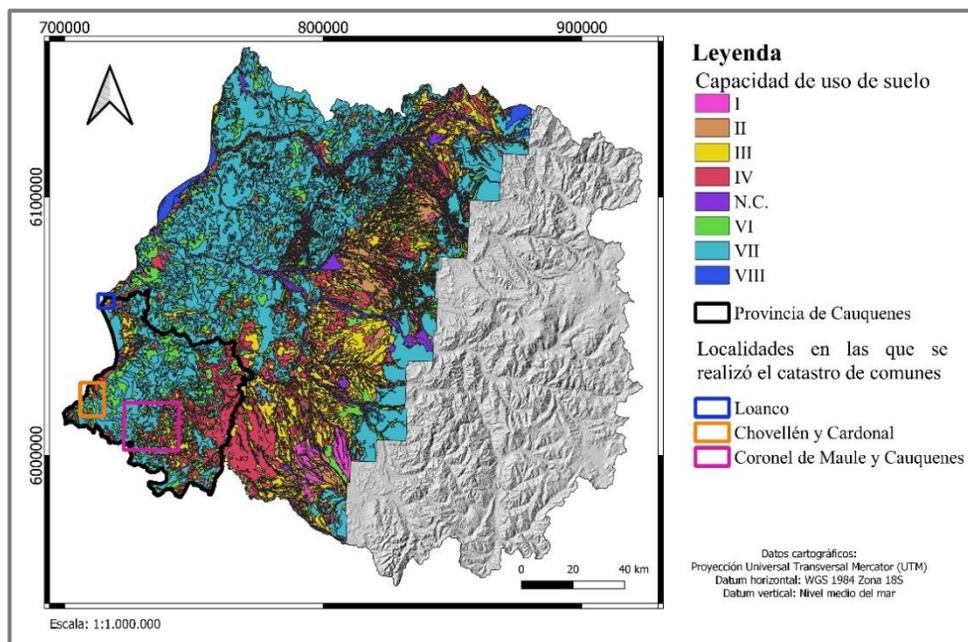


Figura 2.12: Mapa de capacidad de uso de suelo para la Región del Maule. Basado en capas vectoriales del CIREN (2011).

Por otra parte, si se considera la clasificación general de los órdenes taxonómicos actuales de los suelos en Chile, se tiene que los suelos de la Región del Maule están conformados principalmente por alfisoles, molisoles, vertisoles, inceptisoles y andisoles (CIREN, 2010), los cuales se describen en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Orden taxonómico de suelos. Extraído de CIREN 1997 y 2012.

Orden taxonómico de suelos	Descripción
Alfisoles	Son suelos cuya característica esencial es poseer un horizonte B fuertemente expresado por un incremento de arcilla en relación con el horizonte A. Son suelos que, adecuadamente manejados, pueden llegar a ser muy productivos ya que presentan un buen nivel de elementos nutrientes.
Molisoles	Son suelos profundos, con un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica, que se han formado en condiciones de estepa o de pradera. Son suelos fértiles que, con adecuado manejo, pueden producir rendimientos muy elevados.

Continúa en la página 28.

Continuación de la Tabla 2.4.

Orden taxonómico de suelos	Descripción
Vertisoles	Corresponde a un grupo de suelos muy homogéneo con alto contenido de arcilla, más de 30%, de la cual la mayor parte debe ser del tipo expandible. Por esta razón, los suelos cuando se secan muestran anchas y profundas grietas que se cierran cuando el suelo se humedece adecuadamente.
Inceptisoles	Son suelos con mayor grado de desarrollo que los Entisols, ya que presentan un horizonte B bien definido; incluso pueden tener un horizonte superficial negro con alto contenido de materia orgánica.
Andisoles	Son los suelos derivados de cenizas volcánicas; en Chile corresponden a los trumaos y los ñadis. Son suelos de excelentes condiciones físicas y morfológicas por lo cual se pueden cultivar con facilidad. Poseen grandes cantidades de fósforo, pero éste se encuentra retenido en el suelo en forma no disponible para las plantas; en consecuencia, se requieren fuertes fertilizaciones fosfatadas para obtener rendimientos altos.

2.5.2. Edafología Local

De acuerdo con el Estudio Agrológico de Suelos realizado por el CIREN el año 2011, la Provincia de Cauquenes cuenta con la totalidad de las clases de capacidad de uso de suelo, como se muestra en la Tabla 2.5. De estas clases, las de capacidad de uso I y II de riego y secano arable, poseen pocas limitaciones que restrinjan su explotación, por lo que disfrutan de buena aptitud para cultivo de cereales, viñas y frutales en la zona. Mientras que los de capacidad de uso III, de riego y secano arable, presentan moderadas limitaciones en su uso agrícola (Reyes y otros, 2011).

Tabla 2.5: Usos de suelo en la Provincia de Cauquenes según su capacidad productiva. Extraído de Conaf (2009, en Reyes y otros, 2011).

Capacidad de uso		Comuna			Territorio %	
		Cauquenes	Chanco	Pelluhue		
Riego (ha)						
	I	-	-	-	-	-
	II	-	-	83.5	83.5	0.03
	III	748.9	40.4	1.4	790.7	0.25
	IV	115.2	-	0.2	115.4	0.04
	Total	864.1	40.4	85.1	989.6	0.32
Secano (ha)						
Arable	I	-	43.5	1.3	44.8	0.01
	II	321.2	24.6	-	345.8	0.11
	III	11438.6	9116.1	1538.1	22092.8	7.12
	IV	39902	7641.4	10880.2	28423.6	26.09
	Total	51661.8	16825.6	12419.6	80907	26.09
No Arable	V	186.1	5.6	-	191.7	0.06
	VI	90217.2	3835.3	7626	101678.5	32.79
	VII	78338.2	29219.7	14249.9	121807.8	39.28
	VIII	714.2	2573.9	1218.7	4506.8	1.45
	Total	169455.7	35634.5	23094.6	228184.8	73.59
Total		221981.6	52500,5	35599.3	310081.4	100

2.5.2.1. Serie de uso de suelo

Considerando las series de uso de suelo, los suelos del secano costero provienen de terrazas marinas (Serie Curanipe y Chanco), mientras que en el secano interior de la Provincia de Cauquenes son, en su mayoría, de origen granítico y metamórfico (serie Constitución, Pocillas y Tregualemu) (Pinochet de la Barra, 1983 en Reyes y otros, 2011), y se encuentran en posición alta (serie San Esteban), intermedia (serie Cauquenes), y también en las depresiones (serie Quipato y Garzas) (Tabla 2.6). Estos suelos, presentan una descomposición avanzada de sus rocas, incluso hasta gran profundidad, lo que los hace muy sensibles a la erosión hídrica. Asimismo, los suelos se caracterizan por ser ondulados y poco profundos, con bajos contenidos de materia orgánica y de nutrientes, con poca disponibilidad de agua para riego, lo que, en su conjunto, constituye una de las principales limitantes para el desarrollo de actividades como la fruticultura. Aunque desde la mirada del *terroir* vitivinícola, el suelo en esta zona es un factor muy importante que le otorga tipicidad o, más bien, un carácter único a las uvas y a los vinos del secano de Cauquenes (Díaz y otros, 2020).

Cabe señalar, además, que los suelos de Cauquenes son ricos en arcillas plásticas, usadas ampliamente para elaborar cerámica y porcelana, constituyendo, de acuerdo a Carrasco y Gajardo (2000 en Díaz y otros, 2020), uno de los recursos minerales no metálicos más importantes de la Provincia de Cauquenes. Estas arcillas, como caolinita, sericita y montmorillonita, se encuentran en todos los suelos de la zona y, debido a que poseen carga eléctrica, permiten que el agua sea almacenada y fuertemente retenida por el suelo, constituyendo la reserva de agua de los cultivos.

Tabla 2.6: Principales series de uso de suelo en la Provincia de Cauquenes.

Serie de uso de suelo /Origen	Ubicación	Descripción	Formación vegetal
Curanipe /Sedimentario o marino	A 32 km del camino Cauquenes – Chanco, ocupando uno un área costera que se extiende desde la Provincia de Talca a la de Concepción.	Ocupa una posición intermedia a alta, constituyendo terrazas marinas, planos depositacionales o valles entre montañas con una topografía ondulada a quebrada y montañosa, según sea su posición. Está compuesto de rocas sedimentarias ricas en micas, a veces asociada directamente con micaesquistos, aunque algunas áreas se componen de areniscas. Presenta un tipo de textura media y una moderadamente gruesa; una fase de erosión fuerte y una severa (CORFO, 1964).	Varía de matorral costero mesomórfico a bosque de transición (CORFO, 1964).

Continúa de la página 30.

Continuación de la Tabla 2.6

Serie de uso de suelo /Origen	Ubicación	Descripción	Formación vegetal
Chanco/Sedimentario marino	A 4 km del camino de Chanco y Constitución, ocupando un área costera.	Ocupa una posición baja a intermedia, preferentemente en topografía ondulada a disectada, constituyendo terrazas marinas de rocas sedimentarias, algunas veces ricas en mica. Presenta una fase de erosión moderada y una fase de erosión fuerte (CORFO, 1964).	Varía de matorral costero mesomórfico a bosque de transición (CORFO, 1964).
Serie o Asociación Cauquenes /Ígneo	A 12 km al W de San Nicolás en la Provincia de Ñuble, extendiéndose por la cordillera de la Costa desde la Provincia de Curicó hasta la parte N de la Provincia de Cautín.	Miembro de la de la Familia fina caolinítica isomésica de los Ultic Palexeralfs (Alfisoles), asociada a los suelos de la serie San Esteban (CORFO, 1964). Se caracteriza por ser suelos profundos, residuales, formados a partir de la meteorización de las rocas graníticas de la cordillera de la Costa, bien evolucionados, de texturas arcillosas en todo el perfil (Corfo, 1964; Santis, 2005). Ocupa una posición topográfica de cerros y lomajes, e inclusive es posible encontrarlo en la zona de piedemonte por efecto de la meteorización. Presenta una fase moderadamente susceptible a la erosión y una severa.	Matorral costero arborescente o estepa de espino (<i>Vachellia caven</i>) (CORFO, 1964).
San Esteban /Ígneo	-----	Suelo primario proveniente de la meteorización de las rocas graníticas de la cordillera de la Costa, la cual en raras ocasiones presenta algo de rocas metamorfasadas, ocupando preferentemente una topografía alta y montañosa. Presenta un tipo de textura media y una fase moderada a altamente susceptible a la erosión (CORFO, 1964).	Varía de matorral costero arborescente a bosque de transición (CORFO, 1964).
Maule /Aluvial	A 12 km al W del puente del río Cauquenes, en el camino entre Parral-Cauquenes.	Miembro de la Familia franca fina, mixta, térmica de los Ochreptic Haploxeralfs (Alfisol), caracterizado por ser un suelo ligeramente profundo, de textura superficial franco-arcillo-arenosa de color pardo rojizo oscuro y arcillosa e igual color en profundidad. Descansa sobre un substrato aluvial antiguo, caracterizado por presentar gravas redondeadas de composición petrográfica mixta y altamente meteorizadas y con buena matriz arcillosa que permite el desarrollo de las raíces en profundidad. Ocupa una posición de terraza aluvial remanente y una topografía plana a suavemente ondulada. Presenta permeabilidad moderada y buen drenaje (CIREN, 1998).	Matorral costero arborescente a estepa de <i>Vachellia caven</i> (CORFO, 1964).
Quipato /Aluvial	-----	Ocupa una posición baja, con una topografía plana a ondulada, constituyendo planos depositacionales, terrazas actuales o valles entre montañas. Se compone de arenas o limos ricos en cuarzo sobre arcillas, ocasionalmente sobre tobas de la misma composición. Presenta una textura media; una fase de mal drenaje y una fase moderadamente susceptible a la erosión (CORFO, 1964).	Varía de estepa de <i>Vachellia caven</i> a matorral costero arborescente (CORFO, 1964).

Continúa en la página 31.

Continuación de la Tabla 2.6

Serie de uso de suelo /Origen	Ubicación	Descripción	Formación vegetal
Las Garzas /Aluvial	Al W Pocillas, por el camino a Cauquenes, distribuyéndose en algunos sectores en forma local.	Suelo proveniente de sedimentos aluviales graníticos. Ocupa una posición baja en el plano depositacional con una topografía plana uniforme a ondulada, compuesta de arena de composición mixta. Presenta un tipo de textura media, una fase de buen drenaje y una fase moderadamente profunda. Se encuentra formando un complejo con el suelo Quipato (CORFO, 1964).	Estepa de <i>Vachellia caven</i> (CORFO, 1964).
Serie o Asociación Constitución /Metamórfico	Se extiende desde la Provincia de Colchagua hasta el norte de la Provincia de Concepción, y en el camino entre Chanco y Constitución (CORFO, 1964).	Miembro de la familia fina mixta isomésica de los Typic Rhodoxeralfs (Alfisoles) (Santis, 2005), caracterizado por ser un suelo profundo, bien evolucionado, residual, formado a partir de la meteorización de rocas metamórficas, especialmente pizarras (filitas); de textura franco arcillo arenosa en superficie y arcillo limosa en profundidad, el cual ocupa preferentemente el sector más alto y la vertiente W de la cordillera de la Costa (Santis, 2005). Presenta un tipo de textura media y un tipo de textura fina; una fase moderadamente pedregosa, una fase moderadamente gravosa; una fase de erosión severa y una fase moderadamente profunda.	Matorral costero mesomórfico a bosque de transición (CORFO, 1964).
Tregualemu /Metamórfico	-----	Miembro de la Familia limosa fina mixta activa térmica de los Andic Dystrochrepts (Inceptisoles), caracterizado por ser un suelo profundo muy suelto, permeable, de buen drenaje y de estructura favorable para el desarrollo de las raíces, que ocupa la posición alta y plana en la cordillera de la Costa entre 350 y 450 m s.n.m.; de textura franca en superficie y franco limosa en profundidad. Su substrato está constituido por gravas frescas de cuarzo con matriz franco arcillo-limosa, mientras que su topografía es de lomajes suaves a moderados (Santis, 2005).	-----
Serie o Asociación Pocillas /Metamórfico	Se ubica a 3,5 km de Quirihue, ocupando un área que se extiende desde la Provincia del Itata hasta la Provincia de Curicó, con remanentes en el NE de la Región del Biobío.	Suelo miembro de la Familia fina, mixta, térmica de los Mollic Palexeralfs (Alfisol), desarrollado "in situ" a partir de rocas metamórficas, profundo, de textura franco-arcillosa, de color pardo rojizo oscuro en la superficie y de textura arcillo limosa de color rojo amarillento en la matiz en profundidad. Descansa sobre un substrato de rocas muy meteorizadas con matriz arcillosa que permite el desarrollo de las raíces en profundidad. Ocupa una posición de lomajes y cerros en la vertiente oriental de la cordillera de la Costa. Suelo bien estructurado, de texturas que permiten un buen almacenamiento de agua, de permeabilidad moderada y buen desarrollo de raíces en todo el perfil (CIREN, 1998). Se asocia a la serie Constitución y Nahuelbuta (Stolpe, 2005).	Estepa de <i>Vachellia caven</i> (CORFO, 1964).

2.5.2.2. Tipo de uso de suelo

CONAF en el año 1995, estableció el “Sistema de Clasificación de la Vegetación y Uso de la Tierra”, definiendo así 9 categorías de usos y diferentes sub-usos para la tierra y las diferentes formaciones vegetacionales presentes a lo largo del país (Tabla 2.7). Para el caso de la Provincia de Cauquenes y de las zonas de estudio propiamente tal, estas se muestran en la Figura 2.13.

Tabla 2.7: Clasificación de uso de suelo desarrollado por CONAF (1995).

Uso del suelo	Sub-uso del suelo
1. Áreas urbanas e industriales	1.1 Ciudades, pueblos y zonas industriales
	1.2 Minería industrial
2. Terrenos agrícolas	2.1 Terrenos de uso agrícola
	2.2 Rotación cultivo/ pradera
3. Praderas y matorrales	3.1 Praderas
	3.2 Matorral pradera
	3.3 Matorral
	3.4 Matorral arborescente
	3.5 Matorral con suculentas
	3.6 Formación de suculentas
	3.7 Plantación de arbustos
4. Bosques	4.1 Plantaciones forestales
	4.2 Bosque nativo
	4.3 Bosque mixto
5. Humedales	5.1 Vegetación herbácea en orillas de río
	5.2 Marismas herbáceas
	5.3 Ñadis herbáceos y arbustivos
	5.4 Turbales
	5.5 Bofedales
	5.6 Vegas
	5.7 Otros terrenos húmedos
6. Áreas desprovistas de vegetación	6.1 Playa y dunas
	6.2 Afloramientos rocosos
	6.3 Terrenos sobre el límite altitudinal de la vegetación
	6.4 Corridos de lava y escoriales
	6.5 Derrumbes sin vegetación
	6.6 Salares
	6.7 Otros sin vegetación
	6.8 Cajas de río
7. Nieves eternas y glaciares	7.1 Nieves
	7.2 Glaciares
	7.3 Campos de hielo
8. Cuerpos de agua	8.1 Mar
	8.2 Ríos
	8.3 Lagos lagunas y embalses
9. Áreas no reconocidas	9.1 Áreas de acceso restringido
	9.2 Sin cobertura aerofotográfica

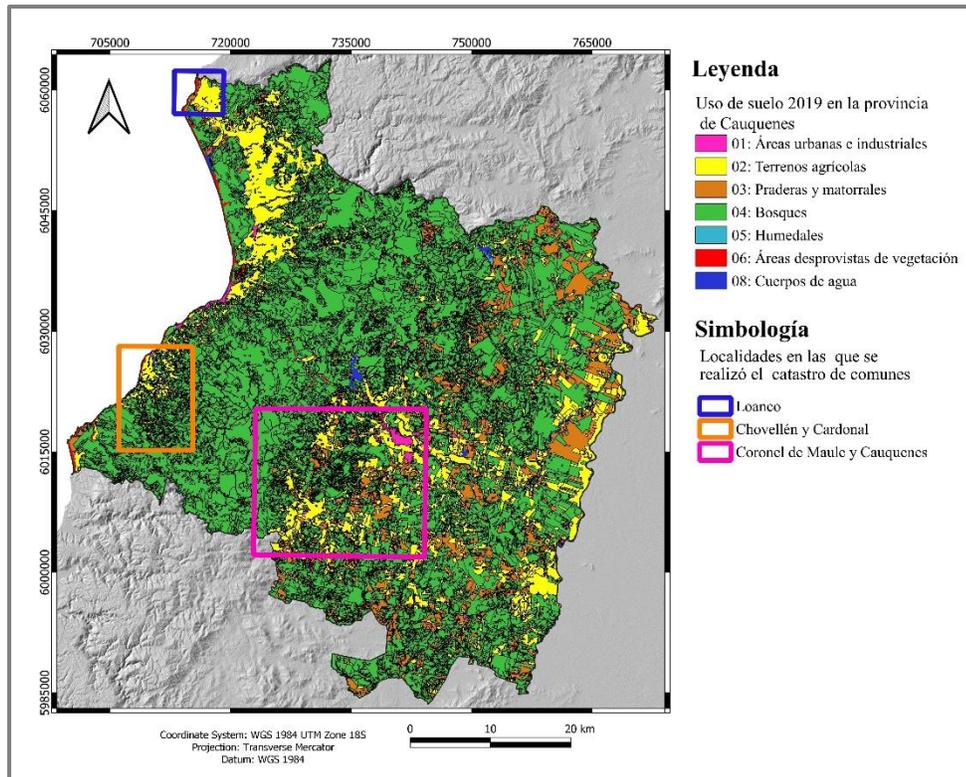


Figura 2.13: Uso de suelo 2019 en la Provincia de Cauquenes. Modificado de capas vectoriales de SIT CONAF.

2.5.3. Erosión del suelo

La erosión del suelo es un proceso natural que afecta a todas las formas del terreno, la cual puede clasificarse en dos grandes tipos: la erosión acelerada y la erosión geológica. El proceso normal de meteorización es la erosión geológica, la cual suele producirse como parte de los mecanismos naturales de formación del suelo. No se ve afectada por las actividades humanas, ya que se produce en un largo período de tiempo geológico. Los procesos en los que influye la erosión geológica lenta pero constante son el desarrollo y la desintegración de las rocas. Por el contrario, en la erosión acelerada, se supera un nivel umbral específico de la tasa de erosión, de manera que la pérdida de suelo por erosión supera la formación del suelo a través de procesos pedogénicos. Las actividades antropogénicas como la agricultura de roza y quema, el pastoreo intenso e incontrolado, la deforestación y la quema de biomasa y el arado intenso constituyen los principales factores que desencadenan la erosión acelerada del suelo. En este tipo de erosión el suelo se vuelve menos productivo tras la pérdida de la capa superior fértil inclusive aplicando los mismos insumos agrícolas (Bashir y otros, 2017).

A escala regional, los suelos de la Región del Maule se han visto afectados por distintos grados de erosión, los que se representan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8: Superficie regional por grado de erosión en hectáreas. Extraído de Pérez & Gonzales (2001 en Universidad de Chile, 2018)

Región	Sin erosión	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa	No aparente	Otras categorías
Maule	656	349	416	378	336	453	446

2.5.3.1. Erosión del agua

A nivel mundial, el tipo más grave de erosión del suelo es la erosión hídrica. Esta consiste en el desprendimiento de las partículas del suelo de su lugar de origen debido al movimiento del agua.

Existen muchos tipos de erosión hídrica: la erosión entre riachuelos, de salpicaduras, de riberas, de túneles y en cárcavas (Blanco y Lal 2008 en Bashir y otros, 2017). Debido a la importante ocurrencia de esta última forma de erosión hídrica en la zona de estudio, es que solamente será definida esta junto con sus tipos de clasificación, las que serán utilizadas en el capítulo de resultados.

2.5.3.1.1. Geoformas de erosión: cárcavas

Una cárcava es un canal natural o socavación, concentrada en forma repetida sobre el terreno, debido al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales de aguas lluvias, a través de la cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de cada evento intenso de lluvia (Carrasco y otros, 2020). Frecuentemente no contienen un flujo de agua permanente y una vez formadas, tienden a seguir creciendo, y son muy difíciles (y costosas) de erradicar (Paredes y otros, 2017).

En cuanto a dónde se producen Stocking y Murnaghan (2003, en Toledo, 2013), mencionan que son particularmente dominantes en materiales limosos o arcillosos profundos, en arcillas inestables (por ejemplo, suelos sódicos), sobre el pie de monte inmediatamente debajo de superficies rocosas y sobre pendientes muy pronunciadas sometidas a infiltración de agua y movimiento de tierra. Aunque su origen y evolución temporal no se conocen bien aún, son formas del terreno que aparecen asociadas a litologías fácilmente erosionables y a un régimen climático semiárido.

Respecto a las causas de su formación se encuentran: actividades antropogénicas y factores físicos, como son el uso inapropiado del suelo y de la vegetación, sobrepastoreo, construcción de caminos, senderos creados por animales o vehículos, intensidad y cantidad de lluvia, topografía del terreno, longitud y pendiente de las laderas, características del suelo, áreas de drenaje compactas donde se concentran en forma rápida los escurrimientos, aprovechamiento de forestales, pérdida de resistencia del suelo a la erosión, ruptura de obras aguas arriba, entre otros (Toledo, 2013).

Referente a su clasificación, las cárcavas se pueden agrupar en pequeñas, medianas y grandes de acuerdo a dos clasificaciones que se muestran en la Tabla 2.9 y 2.10.

Tabla 2.9: Forma 1 de clasificación de cárcavas en función de su profundidad y área de drenaje. Modificado de Martínez y otros (2009), Varela (1979) en Toledo (2013).

Clase	Profundidad (m)	Profundidad (m)	Área de drenaje (m ²)
Pequeñas	<1	<1	< 20000
Medianas	1-5	1-3	20000- 200000
Grandes	>5	>3	> 200000

Tabla 2.10: Forma 2 de clasificación de cárcavas en función de profundidad y área de drenaje. Modificado de San Miguel (1958).

Clase	Profundidad (m)	Área de drenaje (m ²)
Pequeñas	<2.5	<100000
Medianas	2.5-4.5	100000- 500000
Grandes	>4.5	> 500000

2.6. ECOLOGÍA TERRESTRE Y MARINA LOCAL

2.6.1. Cauquenes

La vegetación en el secano interior, y en específico en la comuna de Cauquenes, según Quintanilla (1983), está constituida principalmente por un amplio predominio de policultivos y frutales en el que se incluyen sectores de vegetación de lomas, estepa, espinales, matorral esclerófilo y/o bosque esclerófilo secundario, mientras que, en el extremo SW del territorio comunal, se tiene al bosque esclerófilo siempre verde y al bosque higrófilo caducifolio.

Por otra parte, otros estudios de caracterización del secano interior en la Región del Maule indican que la vegetación presente en esta comuna consiste en bosques de tipo caducifolio, correspondiente

al tipo forestal Roble-Hualo y Roble-Raulí-Coigüe, y en bosques de tipo esclerófilo, correspondiente a especies endémicas en vías de extinción (CIREN & SITrural, 2020), y a plantaciones exóticas o forestales, representadas por el *Pinus radiata* y el *Eucaliptus globulus*.

Por otra parte, el secano interior de la comuna de Cauquenes se encuentra ubicado en el área de distribución de los espinales (Ovalle, 1994), los cuales dominan en gran parte de la comuna de Cauquenes alcanzando una cobertura del aproximadamente el 50% del total comunal. Estos se definen como una formación vegetal compleja, dominada por el espino (*Vachellia caven*), en cuyo entorno se desarrolla una estrata herbácea, donde predominan especies anuales. En este ecosistema (espinal) se desarrollan sistemas ganaderos ovinos extensivos. Hacia el límite oriental de la cordillera de la Costa y en sectores que presentan suelos más profundos, existen matorrales esclerófilos con especies como quillay (*Quillaja saponaria*), boldo (*Peumus boldus*) y peumo (*Criptomycaria alba*). Mientras que en sectores más fríos y de mayor altitud es posible encontrar pequeñas extensiones de especies como maitén (*Maytenus boaria*), quila (*Chusquea quila*), quillay, peumo y boldo (Ovalle y otros, 2015 en Díaz y otros, 2020). Además de las especies mencionadas anteriormente, se pueden encontrar otras de bosque nativo y matorrales como el litre (*Lithraea caustica*), huíngon (*Schinus polygamus*), romerillo, (*Baccharis linearis*), rosa mosqueta (*Rosa moschata*), bollen (*Kageneckia oblonga*), entre otras (CIREN & SITrural, 2020). De estas especies nativas, 62,6 hectáreas se encuentran protegidas al interior de la Reserva Nacional Los Ruiles de Cauquenes.

A su vez, la asociación espinal – pradera natural, es de suma importancia para el secano interior de la comuna de Cauquenes, ya que constituye el principal recurso forrajero del secano (Fotografía 2.2), y dentro del cual destacan especies como la ballica (*Lolium multiflorum*), tembladera (*Briza máxima* y *minor*), bromo (*Bromus mollis*), avenilla (*Avena barbata*), cebadilla (*Hordeum murinum*), alfilerillo (*Hordeum berteroanum*), hualputra (*Medicago polymorpha*), trébol manchado (*Medicago arábica*), trébol aglomerado (*Trifolium glomeratum*), trébol amarillo (*Trifolium dubium*), chinilla (*Leontodon saxatilis*), campanita (*Hedipnois cretica*), hierba del chanco (*Hypochaeris radicata*), vinagrillo (*Rumex acetocella*) y el alfilerillo (*Erodium moschatum*) (Díaz y otros, 2020).



Fotografía 2.2. Pradera natural en el espinal. Extraído de Fernando Fernández (en Díaz y otros 2020).

La fauna corresponde principalmente a especies introducidas como conejos, liebres y jabalíes, además de especies autóctonas como quiques (*Galictis cuja*), pudúes (*Pudú puda*) y aves como el pato correntino (*Merganetta armata*), lechuza blanca (*Tyto alba*), tucúquere (*Bubo virginianus*), cernícalo (*Falco sparverius*), pitío (*Colaptes pitius*), queltehue (*Vanellus chilensis*), tórtola (*Zenaida auriculata*), loica (*Sturnella loyca*), tordo (*Curaeus curaeus*) y zorzal (*Turdus falcklandii*) (CONAF, 2014).

2.6.2. Pelluhue

La vegetación en la comuna de Pelluhue, según Quintanilla (1983) presenta de W-E, un sector de matorral esclerófilo y/o bosque esclerófilo secundario, luego existen sectores de bosque higrófilo caducifolio y bosque esclerófilo siempre verde (CIREN&SITrural, 2020).

Por otra parte, si se considera la vegetación, de acuerdo al Sistema de Clasificación de la Vegetación Nativa de Chile (Gajardo, 1994), la vegetación en la comuna pertenece a la región del Bosque Caducifolio, subregión del Bosque Caducifolio Montano, formación vegetal del Bosque Caducifolio Maulino, caracterizado por estar formado en su estrato dominante, principalmente por las especies caducifolias: hualo y roble.

En relación al bosque nativo, este se encuentra representado por especies como el hualo (*Nothofagus glauca*), roble (*Nothofagus obliqua*), litre (*Lithraea caustica*), avellano (*Gevuina avellana*), peumo (*Cryptocarya alba*), boldo (*Peumus boldus*), maitén (*Maytenus boaria*), arrayán (*Luma apiculata*), canelo (*Drimys winteri*), olivillo (*Aextoxicon punctatum*), quillay (*Quillaja*

saponaria), entre otras; las cuales abarcan un 22% del territorio comunal (CIREN&SITrural, 2020), mientras que el 60% restante, según el catastro de suelo y vegetación realizado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) el año 2016, se encuentra representado por especies exóticas como el pino y el eucalipto. De este 22% del territorio comunal ocupado por bosque nativo, 35,9 hectáreas se encuentran protegidas al interior de la Reserva Nacional Los Queules (CONAF, 2018), mientras que otras 45 hectáreas se encuentran protegidas al interior de la Reserva Nacional Los Ruiles.

La fauna silvestre presente en sus bosques se encuentra compuesta en su gran mayoría por aves como torcaza, aguilucho común, zorzal, perdiz, peuco, tiuque, el pitío, perdiz, aguilucho, cernícalo, peuco, loica, chercán, tórtola, diucón y cachudito (CIREN&SITrural, 2015), además de quiques (*Galictis cuja*), pudúes (*Galictis cuja*), zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), entre otros (CONAF, 1999).

A lo largo de la costa de esta comuna, las especies marinas presentes se resumen en la Tabla 2.11:

Tabla 2.11. Especies marinas en la costa de la comuna de Pelluhue. Modificado de SERNAPESCA.

Cefalópodos	jibia o calamar rojo (<i>Dosidicus gigas</i>)
Crustáceos	jaiba remadora (<i>Ovalipes trimaculatus</i>), jaiba reina (<i>Cancer plebejus</i>), jaiba marmola (<i>Metacarcinus edwardsii</i>), jaiba peluda o pachona (<i>Romaleon setosus</i>), jaiba mora (<i>Homalaspis plana</i>), jaiba limón (<i>Cancer porteri</i>), picoroco (<i>Austromegabalanus psittacus</i>)
Pesces	reineta (<i>Brama australis</i>), corvina (<i>Cilus gilberti</i>), lenguado de ojos chicos (<i>Paralichthys microps</i>), merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>), róbalo (<i>Eleginops maclovinus</i>), sierra (<i>Thyrsites atun</i>), bilagay (<i>Cheilodactylus variegatus</i>), jurel (<i>Trachurus murphyi</i>), pejegallo (<i>Callorhynchus callorhynchus</i>), atún, bonito (<i>Sarda chiliensis</i>), tollo (<i>Mustelus mento</i>), congrio colorado (<i>Genypterus chilensis</i>), congrio negro (<i>Genypterus maculatus</i>), rollizo (<i>Pinguipes chilensis</i>), blanquillo (<i>Prolatilus jugularis</i>), Canque (<i>Stellifer minor</i>)
Moluscos	lapa rosada (<i>Fissurella cumingi</i>), lapa negra (<i>Fissurella latimarginata</i>), chorito (<i>Mytilus chilensis</i>), choro (<i>Choromytilus chorus</i>), almeja, lapa reina (<i>Fissurella máxima</i>), cholga (<i>Aulacomya ater</i>)
Algas	chasca (<i>Gelidium</i> sp.), cochayuyo, luce (<i>Pyropia orbicularis</i>), huiro negro o chascón
Condriactios	tiburón sardinero (<i>Lamna nasus</i>), tiburón o marrajo dentado (<i>Isurus oxyrinchus</i>)
Urocordados	piure (<i>Pyura chilensis</i>)

2.6.3. Chanco

La vegetación en la comuna de Chanco, según Quintanilla 1983, presenta de W-E, un sector de dunas con vegetación, matorral esclerófilo y/o bosque esclerófilo secundario. Luego existen sectores, con predominio de policultivos o frutales, y algunos estratos de bosque puro de alerce y bosque higrófilo caducifolio.

Por otra parte, considerando la vegetación de acuerdo al Sistema de Clasificación de la Vegetación Nativa de Chile en Gajardo (1994), la zona se encuentra inserta en la región de los Bosques Caducifolios, Subregión de los Bosques Caducifolios Montanos, y en la Asociación de *Nothofagus glauca*-*Azara petiolaris*.

Su flora nativa consta de boldos, peumos, corcolén y maqui, parte de las cuales se encuentran protegidas al interior de la Reserva Federico Albert, la cual abarca 1.114,5 hectáreas de la comuna, y en donde destaca además la protección de fauna como la perdiz chilena, garza grande, lechuza blanca, pitío y coipo (CONAF, 2018; CONAF, 2022).

Otra parte de la fauna y flora nativa es protegida al interior de la Reserva Nacional Los Ruiles, la cual abarca 28,6 hectáreas del territorio comunal, y en donde destaca una fauna silvestre compuesta de pudúes (*Pudú puda*), quiques (*Galictis cuja*) y aves como el pato correntino (*Merganetta armata*), lechuza blanca (*Tyto alba*), tucúquere (*Bubo virginianus*), cernícalo (*Falco sparverius*), pitío (*Colaptes pitius*), queltehue (*Vanellus chilensis*), tórtola (*Zenaida auriculata*), loica (*Sturnella loyca*), tordo (*Curaeus curaeus*) y zorzal (*Turdus falcklandii*), entre otros. Esta reserva se encuentra dividida en dos partes, de las cuales, la ubicada al interior de la comuna de Chanco, es la que posee un mayor número de especies como el tineo (*Weinmannia trichosperma*) y el ciruelillo (*Embothrium coccineum*) (CONAF, 2014).

Pese a que esta comuna constituye, dado su ubicación geográfica, un importante territorio para la conservación de la flora característica del bosque maulino, restringe la localización de varias especies endémicas, generalmente monotípicas y muy raras, con estrecho rango distribucional y poblaciones discontinuas (CIREN&SITrural, 2015).

Las especies marinas presentes lo largo de la costa de esta comuna se resumen en la Tabla 2.12:

Tabla 2.12. Especies marinas en la costa de la comuna de Chanco. Modificado de SERNAPESCA.

Cefalópodos	jibia o calamar rojo (<i>Dosidicus gigas</i>)
Crustáceos	jaiba remadora (<i>Ovalipes trimaculatus</i>)
Pesces	sierra, pejegallo, blanquillo, congrio negro, lenguado, canque, torro, corvina, merluza, reineta sierra (<i>Thyrstites atun</i>), pejegallo (<i>Callorhynchus callorhynchus</i>), blanquillo (<i>Prolatilus jugularis</i>), congrio negro (<i>Genypterus maculatus</i>), reineta (<i>Brama australis</i>), lenguado de ojos chicos (<i>Paralichthys microps</i>), Canque (<i>Stellifer minor</i>), corvina (<i>Cilus gilberti</i>), merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>), tolo (<i>Mustelus mento</i>)
Moluscos	lapa negra (<i>Fissurella latimarginata</i>)
Algas	huido negro o chascón, cochayuyo, luce (<i>Pyropia orbicularis</i>)
Urocordados	piure (<i>Pyura chilensis</i>)

2.7. CONTEXTO DEMOGRÁFICO Y ASENTAMIENTOS HUMANOS

2.7.1. Cauquenes

Corresponde a la comuna más extensa al interior de la Provincia de Cauquenes, ubicada en el extremo NW de la provincia del mismo nombre, contando con una superficie de 2.127,7 km². Está conformada por dos zonas: una zona urbana compuesta por la ciudad de Cauquenes y una zona rural compuesta por las localidades de Coronel de Maule, Sauzal, Pilen, Quella y Pocillas (Municipalidad de Cauquenes, 2014).

Limita al N con la provincia de Linares, al S con una serie de esteros como el estero la Raya Norte, Pichamávida y Virquinco; al E por los ríos Ñiquén, Perquilauquén, y Purapel; y al W por las comunas de Pelluhue y Chanco.

Por otra parte, en función de los datos del Censo de Población y Vivienda realizados los años 2002 y 2017, y de las proyecciones para la población generados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), es que se presentan en la Tabla 2.13, datos respecto a la cantidad de habitantes y su variación en el tiempo (BCN, 2022).

Tabla 2.13: Población de la comuna de Cauquenes, Censo 2002, 2017 y sus proyecciones. Elaboración propia a partir de la BCN (2022).

Unidad territorial	Censo 2002	Censo 2017	Proyección 2021	Variación (%) 2017-2021
Cauquenes	41.217	40.441	44.253	9,43

2.7.1.1. Coronel de Maule

Localidad perteneciente a la zona rural de la comuna de Cauquenes, cuya superficie estimada es de 179 km² (INE, 2019). En relación a su cantidad de habitantes y viviendas, estas se presentan en las tablas 2.14 y 2.15.

Tabla 2.14: Población de Coronel de Maule, Censo 2017. Elaboración propia a partir del INE (2019).

Unidad territorial	Población		Total
	Urbana	Rural	
Distrito Censal Coronel de Maule	0	714	714

Tabla 2.15: Cantidad de viviendas en Coronel de Maule, Censo 2017. Elaboración propia a partir del INE (2019).

Unidad territorial	Viviendas		Total
	Urbana	Rural	
Distrito Censal Coronel de Maule	0	389	389

No se representa en las tablas 2.14 y 2.15 las proyecciones a futuro tanto para la población como para el número de viviendas, dado que el INE solo hace proyecciones a nivel comunal y no nivel de aldea o localidad.

2.7.2. Pelluhue

La comuna de Pelluhue se ubica en la costa de la Provincia de Cauquenes, entre la cordillera de la Costa y el Océano Pacífico. Posee una superficie es de 371 km², lo que corresponde aproximadamente al 1,2% del territorio regional.

Está conformada por dos localidades urbanas: Pelluhue y Curanipe, y varias localidades rurales: La Vega, Junquillar, El Corte, Pueblo Hundido, Mariscadero, El Manzano, El Molino, Las Conejas, Las Lomas, Las Petacas, Las Trancas, Cerro Verde, Cerros Pelados, El Avellano, Quinta Chile, Las Pocillas, Las Canchas, Peño, Cardonal, Tres Esquinas, Mata de Boldo, Chovellén, El Risco, Quilicura, Salto de Agua, Canelillo, Copiulemu, Quile, Ramadilla y Tregualemu (Municipalidad de Pelluhue, 2016).

Por otra parte, en función de los datos del Censo de Población y Vivienda realizados los 2002 y 2017, y de las proyecciones para la población generados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), es que se presentan en la Tabla 2.16, datos respecto a la cantidad de habitantes y su variación en el tiempo (BCN).

Tabla 2.16: Población de la comuna de Pelluhue, Censo 2002, 2017 y sus proyecciones. Elaboración propia a partir de BCN.

Unidad territorial	Censo 2002	Censo 2017	Proyección 2021	Variación (%) 2017-2021
Pelluhue	6.414	7.571	8.187	8,14

2.7.2.1. Chovellén y Cardonal

Localidades pertenecientes a la zona rural de la comuna de Pelluhue. Estas forman parte del distrito censal Chovellén cuya superficie estimada es de 138,7 km² (INE, 2019). En relación a su cantidad de habitantes y viviendas, estas se presentan en las tablas 2.17 y 2.18.

Tabla 2.17: Población del distrito censal Chovellén, Censo 2002 y 2017. Elaboración propia a partir del INE (2019) e INE (2017).

Unidad territorial	Población Censo 2002		Población Censo 2017	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Distrito Censal Chovellén	0	819	0	2.066

Tabla 2.18: Cantidad de viviendas en el distrito censal Chovellén, Censo 2002 y 2017. Elaboración propia a partir del INE (2017) e INE (2017).

Unidad territorial	Viviendas Censo 2002		Viviendas Censo 2017	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Distrito Censal Chovellén	0	280	0	1.297

No se representa en las tablas 2.17 y 2.18 las proyecciones a futuro tanto para la población como para el número de viviendas, dado que el INE solo hace proyecciones a nivel comunal y no nivel de aldea o localidad.

2.7.3. Chanco

Comuna ubicada al sur de la Región del Maule y perteneciente a la Provincia de Cauquenes, la cual consta de una superficie de 530 km². Limita al N con las comunas de Constitución y de Empedrado (provincia de Talca), al E con la comuna de Cauquenes y al S con la comuna de Pelluhue. Entre sus límites naturales está el río Loanco o Pinotalca por el N, el río Rahue por el S, al E la Cordillera de la Costa y al W las formaciones dunarias y el Océano Pacífico (Municipalidad de Chanco, 2015). Por otra parte, en función de los datos del censo de Población y Vivienda realizados los 2002 y 2017, y de las proyecciones para la población generados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), es que se presentan en la Tabla 2.19, datos respecto a la cantidad de habitantes y su variación en el tiempo (BCN, 2022).

Tabla 2.19: Población de la comuna de Chanco, Censo 2002, 2017 y sus proyecciones. Elaboración propia a partir de la BCN (2022).

Unidad territorial	Censo 2002	Censo 2017	Proyección 2021	Variación (%) 2017-2021
Chanco	9457	8928	9319	4,38

2.7.3.1. Loanco

Localidad perteneciente a la zona rural de la comuna de Chanco, y al distrito censal 03 Pinotalca, cuya superficie estimada es de 131,5 km² (INE, 2019). En relación a su cantidad de habitantes y viviendas, estas se presentan en las tablas 2.20 y 2.21.

Tabla 2.20: Población del distrito censal Pinotalca, Censo 2017. Elaboración propia a partir del INE (2019).

Unidad territorial	Población		Total
	Urbana	Rural	
Distrito censal Pinotalca	0	1.569	1.569

Tabla 2.21: Cantidad de viviendas en el distrito censal Pinotalca, Censo 2017. Elaboración propia a partir del INE (2019).

Unidad territorial	Viviendas		Total
	Urbana	Rural	
Distrito Censal Pinotalca	0	724	724

No se representa en las tablas 2.20 y 2.21 las proyecciones a futuro tanto para la población como para el número de viviendas, dado que el INE solo hace proyecciones a nivel comunal y no nivel de aldea o localidad.

2.8. CONTEXTO BIOCULTURAL

2.8.1. Generalidades

Los rasgos bioculturales que se distinguen en los territorios son diversos. Estos se definen como: “los saberes, creencias y prácticas de las comunidades locales sobre sus relaciones con los demás organismos vivos y sus componentes ambientales. Dichos conocimientos son transmitidos de una generación a otra y dan cuenta de la capacidad de adaptación de grupos humanos a condiciones ecológicas cambiantes” (Nemogá, 2016).

Esta interacción entre el entorno natural y el ser humano, considerando el paisaje, la flora la fauna y el clima, permite generar expresiones que dan forma a los diversos modos de vida de los territorios, así como sus costumbres, prácticas, expresiones artísticas y culturales, las maneras de alimentarse y el desarrollo económico y productivo.

A continuación, se describen los principales aspectos bioculturales de cada territorio, gran parte de los cuales fueron identificados posteriormente como bienes comunes e incorporados por ende en el capítulos de resultados.

2.8.2. Cauquenes

Fue fundada en 1742, bajo el nombre de Villa de Nuestra Señora de las Mercedes de José de Manso del Tutuvén, para posteriormente recibir el actual nombre de comuna de Cauquenes en 1826.

Entre sus atractivos turísticos, destacan para estos efectos el río Cauquenes, del cual depende gran parte del abastecimiento de agua para la comunidad de la zona; laguna Ciénaga del Name, que destaca por un ecosistema acuático en donde nidifican aves migratorias con problemas de conservación, y en cuyos alrededores se observan praderas naturales con espinos (*Vachellia caven*), matorrales y plantaciones de *Pino insigne*; localidad de Sauzal, importante desde el punto de vista arquitectónico, ya que gran parte de las casas de esta localidad conservan la tradicional arquitectura rural chilena; ruta los Conquistadores, la cual data de la época de la Colonia, y en cuyo recorrido se puede observar la belleza paisajística de la comuna con sus valles, cerros y casas patrimoniales aun en pie desde el terremoto del año 2010; pradera con espinos y sus suelos altamente erosionados, cuya arcilla es moldeada a mano por las loceras de la zona, dando formas a utensilios domésticos muy tradicionales como pailas pasteleras y ollas ; feria libre y Mercado Municipal de Cauquenes, en el cual se ofrecen diversos productos naturales de la zona, como hierbas medicinales, semillas tradicionales, vino, miel, hongos comestibles (digüeños, callampas y changle), entre otros, además de artesanías en lana, pita y arcilla; y la Reserva Nacional Los Ruiles, la cual destaca por conservar a la especie amenazada *Nothofagus alessandrii* o también denominado Ruil, considerado monumento natural en la Región del Maule, y de suma importancia para la comunidad de la zona, tanto en el ámbito de la conservación y la restauración (Servicio Nacional de Turismo, 2012 en CIREN&SITrural, 2020).

2.8.2.1. Coronel de Maule

Perteneciente a la comuna de Cauquenes, se emplaza esta localidad rural fundada en 1890 en un principio como Villa Coronel de Maule.

Esta localidad se caracteriza por contar con fiestas tradicionales como: la procesión de San Francisco y fiesta de las Cármenes, y mantener tradiciones culturales como: chacras de porotos, zapallo y choclos, las mingas y los mingakos.

Además, cuenta con una gran cantidad de viñas patrimoniales de cepa país que datan de la época de la colonia, alimentadas solo de la pluviométrica del sector, denominado riego de secano o de rulo; y grandes viñas como santa Teresa y Santa Carolina, alimentadas por medio de mangueras y tubos, los cuales extraen directamente agua desde el río San Juan.

Existen a su vez balnearios aledaños al río San Juan, y se mantienen casas patrimoniales como Molino de Agua y los Contreras, de gran importancia arquitectónica para la localidad, ya que, tras el terremoto del año 2010, gran parte del patrimonio arquitectónico que caracterizaba al pueblo se perdió.

2.8.2.1.1. Contexto económico local

Sus actividades económicas se centran en la producción vitivinícola a pequeña y gran escala, de la mano de viñas patrimoniales y de grandes viñas como Santa Carolina y Santa Teresa, donde estos últimos, dado su gran ocupación areal en la zona, representan una amenaza para los viñateros de menor escala y para el abastecimiento de agua en la zona; y en el rubro forestal de la mano de Forestal Arauco y privados, quienes de igual manera representan un punto de conflicto, desde el punto de vista tanto hídrico, como edafológico, debido al gran desgaste que se observa en los suelos de la zona y a la poca disponibilidad de agua. En menor proporción, en esta localidad tiene lugar la actividad apícola, en la cual se produce miel del arbusto endémico de Chile *Escallonia pulverulenta*, también denominado Corontillo o Mardón; cultivo de frutillas, recolección de RFNM, ganadería y la confección de artesanías en arcilla, mimbre, pita y lana, los que forman parte de la cultura campesina de Coronel de Maule y de sus alrededores.

2.8.3. Pelluhue

Comuna cuyo nombre en mapudungun significa “Lugar de Choros”, y cuyos principales asentamientos humanos corresponden a los pueblos costeros de Pelluhue y Curanipe.

Esta comuna se caracteriza por poseer una costa en forma de entrantes que permiten la existencia de atractivas playas con oleajes relativamente suaves, aguas sin contaminación y arenas finas y

grises, además de una abundante variedad de pescados y mariscos, destacando principalmente la merluza, como también hermosos roqueríos como “La Piedra Rota”. Además, cuenta con infraestructura hotelera, comercial y gastronómica; permanente exposición de artesanías y variados divertimentos para atender al visitante. Destacan en este balneario la caleta de pescadores artesanales “Los Botes”, y hacia el sur las Playas de Lovelvan y Tres Peñas, donde es posible practicar la pesca deportiva de escollera y orilla, capturándose especies como robalos, corvinas, lenguados y pejerreyes.

Por otra parte, entre sus atractivos turísticos se encuentran: Arcos de Calán, sector de Cardonal, localidad de Curanipe, playa La Sirena, estuario del río Chovellén, Tregualemu, mirador natural “Viaducto”, Salto de Quilicura, reserva Nacional Los Queules y los Ruiles (CIREN&SITrural, 2020). De estos atractivos turísticos mencionados, es importante destacar para este trabajo el sector del estuario del río Chovellén y las reservas Los Queules y los Ruiles, dado que estos constituyen elementos importantes de preservar para la comunidad del sector, según el catastro de comunes realizado en la zona.

2.8.3.1. Chovellén y Cardonal

Pertenecientes a la comuna de Pelluhue, se emplazan estas localidades costeras ubicadas a 5 km de Curanipe y aledañas al estuario del río Chovellén, que en mapudungun significa “Tierra de Brujos”.

Este estuario cuenta con una diversidad de especies de aves, además de ser apto para la natación, pesca deportiva en la modalidad de lanzamiento o “soinning”, pesca de trucha salmónida, y para la práctica de deportes náuticos como kayak y Stand Up Puddle, lo cual convierte a este sector en un gran atractivo turístico.

Su entorno corresponde a lomajes suaves destinados a cultivos tradicionales como papas, y a la extracción de camarones de río, para consumo personal. Mientras que, cercano a su desembocadura, cuenta con cuevas profundas y extensas, y la caleta de cardonal, cuya gente se caracteriza por conservar la identidad campesina que los caracteriza (Municipalidad de Pelluhue, 2022).

2.8.3.1.1. Contexto económico local

Las actividades económicas en la zona de Cardonal, la cual cuenta con dos áreas de manejo, se centran en la extracción recursos marinos como mariscos y algas, en el desarrollo de la acuicultura a pequeña escala y en la producción forestal.

Entre otras actividades económicas se encuentra el rubro turístico, debido a la gran cantidad de infraestructura hotelera en la zona, y de variados divertimentos para atender a los visitantes ofrecidos por parte de las mismas cabañas aledañas al estuario del río Chovellén, como SUP (Stand Up paddle), kayaks, entre otros.

Por otro lado, en el sector se realiza en forma irregular la extracción de piedra laja, para la confección de artesanías y como material de construcción. Este último, resulta ser un foco de conflicto, dado la nula regulación de los permisos de cantera, para la extracción de este recurso.

2.8.4. Chanco

Declarado zona típica según el decreto 255 el 18 de marzo del año 2000, se encuentra esta comuna costera que en lengua indígena significa “brazo de río”, dado que fue cuna de un asentamiento de indígenas pescadores, quienes eligieron este lugar debido a sus privilegiadas condiciones climáticas y de acceso. Este lugar se caracteriza por una trama de calles en damero tradicional y su arquitectura presenta fachadas continuas y corredores en un piso. Lo anterior conforma un estilo de construcción típico de los poblados coloniales y entrega una sólida imagen de continuidad urbana. Dicha comuna tras el terremoto del año 2010 perdió gran parte de su arquitectura colonial, dejando solo vestigios de la zona típica que fue, y entre cuyos emblemas se encontraba la iglesia de San Ambrosio.

Esta comuna cuenta con una gran cantidad de eventos culturales y atractivos turísticos como el museo de la reconstrucción o museo Guadalupe del Carmen de Chanco, único museo del país reconstruido a partir de adobe tras el terremoto del año 2010. A su vez, esta comuna cuenta con una gran diversidad de productos de tierra y mar como: frutillas, queso, miel, legumbres, pescados, mariscos, harina tostada, verduras, huevos de campo y tortillas de rescoldo; además de emprendedores de lana, cuero, maderas nativas y otros materiales.

Desde Cauquenes, llegando a la comuna de Chanco se emplaza en la cordillera de la Costa la Reserva Nacional los Ruiles, administrada por CONAF. Ya en la comuna de se encuentra la Reserva Nacional Federico Albert, también administrada por CONAF, la cual es prueba del trabajo realizado por el alemán Federico Albert Faupp, en su misión de contención de las dunas, dado que estaban cubriendo extensos terrenos agrícolas y amenazaban con sepultar el pueblo (Servicio Nacional de Turismo, 2012 en CIREN & SIT rural, 2020).

Luego a 17 km al norte, se localizan las vegas de Reloca, declarado santuario de la naturaleza según el decreto 1613 el 26 de octubre 10 del año 2005, las cuales nacen del río del mismo nombre, y del cual se extraen camarones de vega durante los meses de invierno (Guía turística “Turismo Chanco”, 2022; CIREN & SIT rural, 2020).

Finalmente, en el límite Constitución – Chanco, en la localidad de Loanco, se ubica el río Santa Ana, famoso por la gran diversidad de aves que alberga en su desembocadura (Municipalidad de Chanco, 2022).

2.8.4.1. Loanco

Perteneciente a la comuna de Chanco, se emplaza esta caleta de pescadores ubicada a 22 km de la ciudad principal. Cuenta con diversos restaurantes y puntos atractivos, como los Santos del Mar, una maciza formación rocosa de origen sedimentario, muy importante de preservar desde el punto de vista: geológico, debido a una serie de componentes patrimoniales como estructuras sedimentarias (estratificación plana y cruzada), concreciones calcáreas, basculamiento de estratos, fracturas, afloramiento de la napa freática, etc; paleontológico, ya que cuenta con restos fósiles de plantas (fragmentos de madera carbonizados), invertebrados (anélidos tubiformes; braquiópodos; bivalvos; cefalópodos; crustáceos y equinodermos), vertebrados (dientes de mosasaurios y de varias especies de tiburón; huesos de tortugas y plesiosaurios) y trazas fósiles (tipo excavaciones; coprolitos o restos fecales fósiles); natural y cultural, puesto que es una zona rica en avifauna, única con loberías en la Región del Maule, y por ser un sitio arqueológico de 5000 AC. Debido a lo anterior, es que se constituyó esta zona como el geositio “Acantilados de Loanco” (Ficha, Acantilados de Loanco). Por otra parte, los mismos lugareños, atribuyeron, a esta formación rocosa debido a su devoción religiosa, una semejanza con los rostros de Jesús, San Pedro y la Virgen

María, los cuales se divisan al fondo de la hendidura de las rocas por efecto de la luz del sol durante ciertas horas del día.

En esta caleta se distinguen además rocas loberas, humedales y roqueríos como el denominado pato lile o cormorán. Sumado a lo anterior, se encuentra la desembocadura del río Pinotalca, también denominado Loanco y Santa Ana, en donde se puede visualizar el faro Carranza, además de la nidificación de aves como cisnes de cuello negro, gaviotas y taguas, dado que este río en su desembocadura forma una laguna natural que permite el albergue de esta fauna (Guía turística “Turismo Chanco”,2022).

Aledaños al curso del río Pinotalca, frente a caleta Loanco y ya en la comuna de Constitución, se encuentran las minas el Toro y el Faro, donde esta última realiza sus labores de extracción de áridos en la localidad de Loanco, por lo que, debido a su ubicación en la provincia vecina, constituye un foco de conflicto, dado que no se sabe a qué jurisdicción atribuirle la regulación de sus operaciones.

2.8.4.1.1. Contexto económico local

Sus actividades económicas consisten principalmente en el cultivo de frutillas y en la extracción de pescados como merluza, corvina, reineta y sierra; mariscos como la lapa negra, y algas como el cochayuyo. En este sector tiene lugar además el desarrollo de la actividad gastronómica ofrecida por los diversos restaurantes con los que cuenta la caleta: restaurante Santos del Mar, restaurante Las Rocas de Loanco y restaurante Bora Bora, y en menor proporción emprendimientos turísticos, por medio de cabañas en el borde del río Loanco, las cuales a su vez ofrecen a los turistas: kayaks, botes e hidropedales para disfrutar de las aguas del mismo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. CO-DISEÑO Y CO-CONSTRUCCIÓN

El co-diseño o diseño colaborativo se refiere a la aplicación de la creatividad colectiva a través de toda la duración de un proceso de diseño. El concepto ha surgido tanto como un efecto de la globalización como también gracias a que se considera una potencial herramienta con la cual enfocar el desarrollo de productos de diversa índole (educativos, físicos, sociales, etc), en un mundo que requiere nuevas tecnologías y procesos para abordar el diseño de aspectos cada vez más complejos y satisfacer de esta manera las altas expectativas de las personas (Weiming y otros, 2006 en Huerta, 2014).

En definitiva, el co-diseño es definido por el hecho de que la creatividad de los diseñadores se une a la de personas que tienen otros perfiles y trabajan juntas en el proceso de elaboración del diseño (Sanders y otros, 2008, en Huerta, 2014). El precedente o, si se quiere, el concepto paraguas para el diseño colaborativo es lo que se conoce como creación colaborativa o co-creación.

Sanders en el año 2006, propone que avanzar hacia un proceso co-creativo es un gran cambio para los diseñadores que han sido entrenados en el espacio del diseño tradicional, porque la co-creación requiere de nuevas herramientas, métodos y un nuevo lenguaje de diseño. El diseñador debe aceptar la participación de nuevos socios en el proceso de diseño y adoptar una nueva actitud sobre la creatividad inherente de la gente común.

En resumen, la co-creación pone las herramientas para la comunicación y la creatividad en manos de las personas que se beneficiarán directamente de los resultados (Huerta, 2014), de manera que estos asuman un mayor responsabilidad y protagonismo, a través de la creación de escenarios más atractivos, auténticos y por lo tanto empoderadores para ellos.

Un ejemplo de la aplicación de esta herramienta consiste en una investigación realizada por Morales y otros (2019), en la que se ha tomado como referencia este proceso como apoyo en el diseño de agentes pedagógicos conversacionales para la enseñanza de programación en niños, mediante el análisis morfológico de los rasgos y características detectadas en diferentes textos escritos por estudiante de enseñanza básica. Otros ejemplos consisten en estudios realizados por Acuña & García (2019), quienes implementan el proceso de co-diseño a través de la participación

de profesoras, estudiantes e investigadores, a fin de facilitar el diseño curricular de prácticas educativas abiertas, que favorecieran el desarrollo de competencias transversales por parte de los estudiantes.

En el marco de esta memoria, se hizo imprescindible la aplicación de esta herramienta con el propósito de diseñar a futuro estrategias de gobernanza y construir propuestas en el manejo del cuidado del estado de los bienes comunes, por medio del trabajo en conjunto de variadas ramas del ámbito científico y de saberes locales.

3.2. GOBERNANZA

La etimología de la palabra gobernanza señala que su origen se encuentra en la expresión del latín *gubernare* que significa pilotear una nave, aunque también este concepto denota el manejo desde el ámbito público (Launay, 2005 en Montoya & Rojas, 2016).

Dado que este concepto de gobernanza puede ser abordado e implementado por diferentes actores sociales tales como organismos multilaterales, pensadores de las ciencias sociales, de movimientos sociales y de organizaciones no gubernamentales es que puede ser abordada a partir de orientaciones disímiles. Es en este sentido, que Hufty en el año 2009 agrupó en tres categorías estas conceptualizaciones. En primera lugar se encuentra la conceptualización que considera el término gobernanza como sinónimo de gobierno; en segundo lugar se tiene aquella que asume este concepto como un marco normativo o conjunto de criterios que deben satisfacer los sistemas políticos para el logro de los objetivos propuestos, y finalmente, puede ser entendida también como la coordinación que tiene lugar en espacios no jerárquicos (redes), que promueven la participación de la sociedad civil en la deliberación de los asuntos públicos y ambientales, mediante sistemas de gobierno gestados por las propias comunidades, mostrando una nueva visión de la democracia que han ido edificando, con logros en la creación de nuevas normas para la gestión de los bienes comunes y de su territorio.

En función de lo anterior, y en el marco de esta memoria es que el término gobernanza se encuentra orientada hacia el tercer enfoque antes descrito, puesto que el propósito esta memoria es permitir a las mismas comunidades ser parte del diseño a futuro de estrategias de gobernanza sobre el cuidado y manejo del estado de sus bienes comunes, gracias al trabajo en conjunto de variadas ramas del ámbito científico y de saberes locales.

3.3. COMUNES

El concepto de bienes comunes (o solo “comunes”) y su creciente interés viene de la mano de los trabajos desarrollados por años por la politóloga estadounidense Elinor Ostrom (1933-2012), cuya clasificación general de los bienes atiende a dos características simultáneas: exclusividad y rivalidad (Olivos, 2013).

La exclusividad corresponde a aquella que describe la posibilidad de apartar del uso o consumo de un bien a quien no paga por acceder a ellos, de esta manera un bien es “no excluible” cuando técnicamente, o por razones de costo, no se puede impedir que quienes no contribuyan dejen de acceder a él (Musgrave, 1959 en Olivos, 2013). Este concepto, a su vez depende del nivel tecnológico alcanzado por la sociedad y de las modalidades institucionales que definen la aplicabilidad (D'alisa, 2013).

Por otra parte, la rivalidad se refiere a aquellos bienes que solo pueden ser consumidos por un número acotado de personas al mismo tiempo. La utilización por parte de una persona o actor económico resta los bienes disponibles para los demás, debido a que todos los bienes tienen un “número óptimo” de usuarios que pueden compartirlos (Olivos, 2013).

Estos dos conceptos fueron vinculados por Ostrom, quien propuso un esquema que vincula la “rivalidad” como un determinante de igual importancia que la “exclusividad” en la naturaleza de los bienes. De esta manera, creó una clasificación bidimensional de los bienes basada simultáneamente en estos dos ejes, y cuyo resultado se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Tipología de los bienes. Modificado de V. Ostrom y E. Ostrom (1977 en Hess & Ostrom, 2016)

		Rivalidad	
		Baja	Alta
Exclusividad	Difícil	Bienes públicos	Bienes comunes
	Fácil	Bienes de club	Bienes privados

En esta tabla, que permite visualizar los 4 tipos de bienes y específicamente a los bienes comunes, consigue lo que se no se logró en otros esquemas de tipos de bienes como los de Samuelson (1954), y de Buchanan (1959), quienes clasificaron los bienes en privados puros o públicos puros; y en

privados puros, públicos puros y públicos impuros también denominados bienes de club, respectivamente.

Considerando la Tabla 3.1 y la definición otorgada por Ostrom, en trabajos como el del año 2011, es que el término recurso de uso común (RUC) o bien común, se define como un excluible, un sistema de recursos naturales o recursos creados por el hombre, lo suficientemente grandes como para volver costoso excluir a beneficiarios potenciales. Para comprender este concepto es necesario entender “grande” en el marco de la escala en la que esté situado el recurso, ya que un bien común puede ser pequeño y servir a un grupo reducido, puede tener una escala comunitaria o se puede extender a nivel internacional. A su vez, estos bienes también pueden estar muy acotados y delimitados, pueden ser transfronterizos o sencillamente no tener límites claros (Hess & Ostrom, 2007).

Otras definiciones para este concepto vienen de la mano de D'alisa (2013), quien propone una nueva definición para los bienes comunes considerándolos como estructuras que se conectan a la comunidad, y las comunidades entre sí y con su entorno (ambiente) a través de instituciones integradas. De esta manera, los bienes comunes se caracterizan por ser relacionales y dinámicos, ya que se fundan en la capacidad de adaptación del sistema al que se refieren. Lo anterior es afirmado por Perna (2005 en D'alisa, 2013), quien considera que el bien común es, ante todo, un bien reconocido como tal por la comunidad, por lo que expresa, ante todo, un proceso de identidad.

Ahora, cuando estos recursos de uso común tienen un alto valor y los actores que se benefician de su apropiación para el consumo, intercambio o como un factor en un proceso de producción son numerosos, las apropiaciones que hace un individuo probablemente crearán externalidades negativas a los demás. De esta manera un bien común no regulado y de acceso abierto que genera unidades del recurso con un alto valor, probablemente será sobreusado e incluso podría ser destruido si el sobreuso acaba con el *stock* o los servicios que genera el flujo de unidades del recurso (Ostrom, 2002). De esta problemática, deriva la metáfora económica “Tragedia de los bienes comunes” creada en el trabajo del autor Hardin (1968), quien infiere que cuando las personas no están sujetas a ningún tipo de regulación estatal, o sin una definición clara de los derechos de propiedad, agotarán los recursos comunes (D'alisa, 2013).

3.4. CAMBIO CLIMÁTICO

3.4.1. Generalidades

El término cambio climático, se refiere al cambio estadístico significativo en periodos de tiempo dilatados, decadales o superiores, de los indicadores estadísticos de posición (media, mediana, moda) y/o dispersión (varianza, coeficiente de variación) de al menos una variable climática (temperatura, precipitación, etc.) en el conjunto del planeta o que sea claramente visible a nivel continental, hemisférico o de mayor escala.

En este sentido, al comparar dichos parámetros estadísticos, cuyos cambios sean elocuentes en al menos una variable o elemento climático, puede darse en algunos casos que, si bien la media se mantenga constante sea otro el parámetro estadístico el que varíe indicando de igual manera la acción del cambio climático. Un ejemplo de lo anterior, constituye el hecho de que, si se tiene una temperatura media anual próxima a 15°C, invariable durante todo el año y constante en décadas pasadas, y se procediera a realizar contrastes desde el punto de vista térmico respecto a periodos muy fríos o cálidos, constituyendo una muestra estadística con mayor varianza, de igual manera se tendería a referir a estos eventos como causados por el cambio climático, ya que tales contrastes de temperatura afectarían a los seres vivos, sus ecosistemas y a nuestro sistema socioeconómico (Vide, 2009).

Por su parte el IPCC en el glosario de su informe del año 2018, indica que el cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos.

Otras definiciones para este concepto vienen dadas de la mano de las Naciones Unidas, quienes, en el año 1992, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se refieren a este como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC,2007).

3.4.2. Causas del cambio climático

En cuanto a las causas del cambio climático, este se atribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases se encuentran presentes en forma natural en el planeta y permiten que la temperatura sea lo suficientemente cálida para el desarrollo de la vida. No obstante, este se ha visto intensificado en el último tiempo, por un factor nunca antes considerado: la acción antrópica (SINIA, 2020).

Dado el perfeccionamiento de los modelos climáticos actuales, los cuales constituyen la herramienta más potente para la comprensión del clima y su evolución, es que se ha dado en los últimos años una prueba robusta para la mayor parte de la comunidad internacional de climatólogos sobre la nueva naturaleza del cambio climático actual. Estos modelos climáticos utilizados para prever el aumento de temperatura o de algún otro componente climático de aquí a, 20, 50 o más años, o también para ver lo que sucedió tiempo atrás (de manera de verificar si los valores pronosticados coinciden efectivamente con los medidos en el último siglo) ya no son capaces de reproducir bien las variables climáticas realmente medidas considerando solo los factores que causan la variabilidad natural. De esta manera, se hizo necesario considerar la variabilidad de origen antrópico, es decir, la derivada de los GEI y de los aerosoles o partículas contaminantes en suspensión, ya que solo si se añade a los modelos climáticos dicho origen estos se ajustarían de mejor manera a los valores observados (Vide, 2009). Por lo tanto, hoy es claro para la mayoría de la comunidad de climatólogos la huella humana o de las actividades que aportan contaminación atmosférica en el clima a escala planetaria (Vide y otros, 2007; Vide, 2008 en Vide 2009).

En el caso de nuestro país, los principales causantes de esta tendencia de aumento de los GEI provienen de los sectores del ámbito energético, uso de la tierra, y cambio de uso de la tierra y Silvicultura (UTCUTS) (SINIA, 2020).

Ahora, si bien las emisiones de GEI en Chile tienen una baja participación a nivel mundial, se ha registrado un aumento de estos desde el año 1990. Esta tendencia de crecimiento se ha ido desacelerando en los últimos años gracias al reemplazo de los combustibles fósiles por energías renovables (SINIA, 2021).

3.4.3. Riesgos y amenazas asociados al cambio climático

El cambio climático conlleva riesgos, los cuales surgen como consecuencia de la interacción de tres componentes: amenaza o peligro, exposición y vulnerabilidad. En cuanto a la amenaza o peligro esta se define como el acaecimiento potencial de un suceso o tendencia física de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar la pérdida de vidas humanas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales. Por otro lado, el término exposición hace referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente, mientras que el concepto de vulnerabilidad se define como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. Esta comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (Aldunce y otros, 2020).

En cuanto a la materialización del riesgo esta se manifiesta en forma de impactos, los cuales a su vez pueden afectar las trayectorias del desarrollo y la gobernanza o las amenazas mismas por vía directa o indirecta a través del cambio climático.

En función de lo anterior, a escala macrorregional, la zona de estudio se encuentra inserta en la zona Andino-Pacífico Centro (APC) según la división geográfica utilizada por el Informe RIOCCADAPT: “Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos” del año 2020. Los principales riesgos identificados para este sector, en conjunto con los factores climáticos que lo determinan, y su urgencia se presentan en la Tabla 3.2.

Respecto al nivel de urgencia, este ha sido subdividido en tres niveles: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), mediano plazo (se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), y a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento) (Aldunce, 2020).

Tabla 3.2: Principales riesgos identificados asociados al cambio climático. Modificado de Aldunce y otros (2020).

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Urgencia
Pérdida de vidas humanas y aumento de refugiados Climáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Inundación - Aumento del nivel del mar - Tormentas intensas - Aumento de la precipitación - Cambios en la estacionalidad 	Inminente
Daños económicos, destrucción de viviendas e infraestructuras y pérdida de vidas por deslizamientos de laderas	<ul style="list-style-type: none"> - Tormentas intensas - Aumento de la precipitación 	Inminente
Inundaciones en asentamientos urbanos con un deficiente planeamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la precipitación 	A largo plazo
Incremento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Aumento de la precipitación - Disminución de la precipitación - Sequía 	A largo plazo
Disminución de las capturas pesqueras por cambios en la productividad marina	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Acidificación del océano - Temperaturas extremas 	A largo plazo
Malnutrición de la población, especialmente de niñas y mujeres	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Aumento de la precipitación - Disminución de la precipitación - Inundación - Sequía - Cambios en la estacionalidad 	A largo plazo
Pérdida de producción primaria de los ecosistemas Terrestres	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturas extremas - Tormentas intensas - Inundación - Sequía 	A mediano plazo
Cambios en la biodiversidad por desplazamiento de Especies	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Disminución de la precipitación - Inundación 	A mediano plazo
Cambios en la composición, estructura y función de los ecosistemas debidos al aumento en la frecuencia o intensidad de incendios forestales	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Disminución de la precipitación - Temperaturas extremas - Sequía 	Inminente
Pérdida de turismo basado en la naturaleza por la degradación de los ecosistemas que lo sustentan	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la temperatura - Disminución de la precipitación - Aumento de la precipitación - Tormentas intensas - Aumento del nivel del mar - Acidificación del océano 	A largo plazo

Respecto al informe del IPCC del año 2022, este al igual que en el Informe RIOCCADAPT, subdivide Sudamérica en 7 regiones, de las cuales la zona de estudio se encuentra inserta en la Región Suroccidental de América del Sur (SWS), en donde entre las principales amenazas o peligros destacan: aumento de las temperaturas promedio, aumento en la duración y frecuencia de las olas de calor, aumento del nivel del mar, aumento significativo del número de incendios forestales y de las áreas quemadas, sequía, desecación, disminución de las precipitaciones totales

anuales y extremas, disminución significativa en la intensidad y frecuencia de los extremos fríos y pérdida de la superficie glaciar.

3.4.4. Impactos regionales y locales asociados al cambio climático

Chile es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, dado que cumple con siete de los nueve criterios de vulnerabilidad establecidos por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a saber: áreas costeras de baja altura, zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal, zonas propensas a los desastres naturales, zonas expuestas a la sequía y a la desertificación, zonas de alta contaminación atmosférica urbana y zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos (MMA, 2017).

En función de lo anterior, los impactos del cambio climático han sido divididos en distintas categorías y se representan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Impactos a nivel nacional asociados al cambio climático. Modificado de Ministerio del Medio Ambiente (2020).

TEMA	IMPACTOS
Recursos hídricos	- Sequía. Esto trae asociado la disminución de la disponibilidad de agua y de caudal de los cursos de agua.
Eventos extremos y desastres naturales	- Aumento de frecuencia e intensidad de eventos extremos de tipo hidrológicos (inundaciones, remociones en masa), climatológicos (incendios forestales) y meteorológicos (olas de calor, aumento de la T°, disminución de las precipitaciones), incluido sistema frontal y de baja presión.
Biodiversidad	- Pérdida importante del patrimonio genético nacional, debido a la desconfiguración de los microclimas. - Disminución de la distribución actual de especies. - Migración de los ecosistemas terrestres de Chile continental desde la costa a las montañas y desde los ecosistemas del norte hacia el sur, en busca de áreas más húmedas.
Salud	- Pérdida de vidas humanas atribuidas a malas condiciones del medio ambiente, como, por ejemplo, producto de la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor. - Aumento de algunas enfermedades ya existentes, condiciones para el ingreso de nuevas enfermedades y agravamiento del efecto de ciertas variables ambientales en la salud de la población. - Reducción de la calidad y de la disponibilidad de agua y de alimentos, lo cual podría tener impactos en la nutrición y en la calidad de vida de la población, así como en la incidencia de algunas enfermedades no transmisibles.
Infraestructura	- Impactos físicos, asociados a la falta de adecuación de la infraestructura para que sea resiliente con el cambio climático.

Continúa en la página 59.

Continuación de la Tabla 3.3.

TEMA	IMPACTOS
Energético	<ul style="list-style-type: none"> - Los principales impactos proyectados en esta área tienen relación con la generación de energía hidroeléctrica, ya que depende de la disponibilidad de los caudales de ríos, los cuales se verían disminuidos.
Sector silvoagropecuario	<ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento de los cultivos agrícolas hacia el sur, debido a una menor disponibilidad de aguas para riego en la zona central. Lo anterior generaría cambios en la producción y en los ingresos netos, que serían negativos en las zonas norte y centro, y positivos en las zonas sur y austral dependiendo del tipo de cultivo. La población más vulnerable frente a este impacto sería la dedicada a la agricultura del secano interior y secano costero, entre las regiones de Valparaíso y del Biobío, los agricultores de los valles transversales y los ganaderos del secano.
Ciudades	<ul style="list-style-type: none"> - Alza de las temperaturas y de las precipitaciones provocarían una mayor demanda por el recurso hídrico.
Zonas costeras	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la frecuencia e intensidad de marejadas por año; ascenso del nivel medio del mar. Esto afectaría asentamientos costeros, la pesca, la acuicultura y la infraestructura crítica, como puertos o centrales de generación energética. - Cambio de posición de la línea litoral, asociado a aumento de la erosión costera producto de cambios en el oleaje y en nivel del mar, lo cual provocaría el retroceso de las playas entre 3 y 23 metros en el periodo 2016-2045. - Aumento de la exposición de los sistemas humanos y naturales localizados bajo los 10 m s.n.m. a sufrir inundaciones. - Pérdida de disponibilidad de sitios de atraque debido a oleaje. - Aumento de la temperatura superficial del mar (TSM). Esto podría afectar la captura de pesca nacional. - Acidificación de los océanos.

Ahora si se observan los impactos como macrorregión Sur (conformada por las regiones de Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía y Los Ríos.), las principales amenazas son de tipo hidrometeorológicos, provocadas por las inundaciones fluviales producto de regímenes de lluvia con vientos intensos, las cuales a su vez ocasionan anegamientos y procesos de remoción en masa. Por otra parte, a pesar de su clima frío y generalmente lluvioso, al igual que gran parte del país, esta zona ha experimentado un fenómeno de sequía en la última década, donde la Región del Maule es la que se ha visto más afectada, impactando de manera importante su producción agrícola y generando a su vez condiciones propicias para la propagación de incendios forestales. En la última década, destaca el megaincendio del año 2017, considerado uno de los 5 más grandes de la historia a nivel mundial (Galilea, 2020).

A nivel local, los impactos más importantes del cambio climático en la zona de estudio se evidencian en la disponibilidad hídrica en la subcuenca río Cauquenes, asociada a la megasequía, aumento de las temperaturas y menores precipitaciones que azotan el sector. Lo anterior ha provocado diversos impactos en el ciclo hídrico de la zona, como una mayor evaporación desde

sus cuerpos de agua, el incremento de la evapotranspiración de cultivos y vegetación natural, y una importante disminución de los caudales, cambios que podrían ser aún más severos en el futuro cercano (Galleguillos y otros, 2021).

Junto con los efectos del clima, la cobertura del suelo también juega un papel de importancia en la disponibilidad del agua. Diferentes estudios han determinado que un suelo con plantaciones exóticas tendería a disminuir el recurso hídrico, contrario a lo que sucedería en un suelo con vegetación nativa. Esto ha sido ratificado por investigaciones recientes realizada por *Journal of Hydrology*, quienes realizaron un análisis de los cambios que habría en la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cauquenes, Región del Maule, ante 4 escenarios distintos. Entre los resultados obtenido en este estudio, bajo el contexto de clima presente, los escenarios de la actual política forestal y considerando el escenario extremo donde matorrales nativos son reemplazados por plantaciones forestales exóticas, se tendría que los caudales disminuirían entre un 2,5 y un 17,3%, lo que se acentuaría en el mes junio, bajando entre un 4,5 y un 31,8%. Caso contrario ocurriría en el escenario de reemplazo de la cabecera de las cuencas por especies nativas, donde los caudales podrían aumentar en un 2,3%; mientras que en el escenario de restauración masiva con bosques o matorrales nativos podría aumentar en un 10,9%, con un mayor incremento en diciembre de un 15,2%. Lo anterior denota la importancia del uso urgente de vegetación nativa, dado que favorece el aumento de la disponibilidad de agua, por sobre el uso de plantaciones forestales (Galleguillos y otros, 2021) ante el contexto de cambio climático, el cual ha tendido a acentuar la crisis hídrica en el país y con ello la megasequía.

En cuanto al resto de las subcuencas de estudio no se cuenta con datos concretos a nivel local, y solo a nivel de macrorregión.

3.4.5. Acciones y medidas adoptadas en Chile frente al cambio climático

Chile ha realizado importantes avances y acciones en la lucha contra el cambio climático, entre los cuales se encuentran: la presentación de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC); ser el primer país en vías de desarrollo en proponer por ley la meta de ser carbono neutral 2050; asumir la presidencia de la COP25; realizar avances en la implementación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y sus ocho planes sectoriales; implementación de la Política Forestal 2015-2035 y Política Energética (Energía 2050); implementación del segundo

Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2017-2022); aplicación del impuesto verde a la emisión de dióxido de carbono de fuentes fijas; aprobación de las compensaciones al impuesto verde y creación del primer mercado nacional de carbono; desarrollo de diversas iniciativas financieras, tales como la emisión de Bonos Verdes Soberanos; aprobación de proyectos del Fondo Verde del Clima; Declaración de la Autoridad Financiera sobre los riesgos climáticos; firma del Acuerdo Verde del sector financiero; conformación de la Mesa Público Privada de Finanzas Verdes; presentación de la Estrategia Financiera frente al Cambio Climático; lanzamiento de la Coalición de Ministros de Finanzas por la Acción Climática copresidida por Chile y la Estrategia para Enfrentar el Cambio Climático en los Mercados Financieros (CMF); presentación de la 4ª Comunicación Nacional y del 4º Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC.

A lo anterior se debe agregar que al inicio en 2018 se llevó a cabo el proceso de elaboración de la Ley Marco de Cambio Climático, que incluyó la participación ciudadana a nivel nacional y regional a través de una consulta pública, ingresando en enero del 2020 a tramitación legislativa en el Congreso Nacional siendo aprobado por el Senado, y actualmente se encuentra en segundo trámite legislativo en la Cámara de Diputado/as. También es un avance importante la elaboración de la plataforma del Atlas de Riesgos Climáticos (ARCLIM), que pone a disposición pública información del clima actual y proyectado, además de los riesgos asociados para los distintos sectores que se están viendo afectados por el cambio climático (SINIA,2021).

3.5 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

El concepto de variabilidad climática es definido por el IPCC como aquel que denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. Esta variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa) (IPCC, 2018).

En relación a la variabilidad natural del sistema climático, particularmente en escalas de tiempo estacionales y más prolongadas, se tiene que esta está predominantemente asociada a pautas espaciales y escalas de tiempo preferentes, en función de las características dinámicas de la

circulación atmosférica y de la interacción con las superficies terrestres y oceánicas. Tales pautas suelen denominarse regímenes, modos o teleconexiones. Responden a esta definición la Oscilación Noratlántica (ONA), la pauta Pacífico-Noramericana (PNA), El Niño-Oscilación Austral (ENOA), el Modo Anular Septentrional (MAS; anteriormente llamado Oscilación Ártica, OA), el Modo Anular Austral (MAA; anteriormente llamado Oscilación Antártica, OAA) (IPCC, 2007), La oscilación Decadal del Pacífico (PDO), La oscilación multidecadal del Atlántico (AMO), entre otros.

Este concepto puede ser confundido con el término cambio climático, el cual es definido por el IPCC como una variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante periodos prolongados, generalmente décadas o periodos más largos (IPCC, 2018). Dado que esta definición no especifica un límite mínimo de décadas, y conociendo que la variabilidad climática puede tener variaciones del orden de 50 años o más, con base en los períodos de las oscilaciones atmosféricas multidecadales como la AMO, es importante entender que el cambio climático está en una escala temporal mayor, cuyo análisis debería implicar estudios de más de 80 o 90 años (Poleo, 2016).

En este sentido, tanto la variabilidad climática como el cambio climático son conceptos que no son excluyentes, puesto que la suma de todos los fenómenos de variabilidad climática, como un conjunto, en un periodo de lapso de muchos años y sus variaciones, pueden traducirse finalmente en un proceso atribuido al cambio climático.

Debido a lo anterior, es que, en el marco de esta memoria, es más correcto referirse a los cambios experimentados a nivel local como fenómenos atribuidos a la variabilidad climática, dado el rango acotado de datos del que se dispone y de la escala de tiempo a analizar. Lo anterior, no quita el hecho de que dichos fenómenos puedan estar ligados al cambio climático si se dispusiera de datos a una mayor escala de tiempo, se comparara con patrones a escala global o si se dispusiera de modelos climáticos a una menor escala espacial, de manera de inducir un menor sesgo al momento de su comparación.

4. METODOLOGÍA

Esta memoria de título se ha realizado en el marco del Proyecto Anillo ACT210037 "Codesign Labs for climate change: commons governance and care in coastal areas in south-central Chile", a cargo de los investigadores Beatriz Cid, Noelia Carrasco, Verónica Oliveros, Julien Vanhulst, Francisco Ther y Eduardo Letelier.

La investigación ha contado con una etapa preliminar de planificación de la investigación y varias etapas de terreno y gabinete, para llegar finalmente a elaborar conclusiones acerca del tema estudiado.

4.1. ETAPA GABINETE 1

Se realizó durante principios del año 2022. Comprendió la planificación preliminar de la investigación y del trabajo en terreno en conjunto con la recopilación de información bibliográfica acerca de los posibles parámetros bio-geofísicos determinantes en el estado de los comunes a nivel local.

4.2. ETAPA TERRENO 1

Realizada durante los meses de marzo, abril y mayo, principalmente, y complementándose con salidas de terreno esporádicas durante el mes de junio del año 2022. Comprendió el levantamiento de datos, a partir de entrevistas con actores clave y la observación del ambiente, para la identificación de los comunes costeros en las localidades de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y Loanco, en conjunto con la aplicación de técnicas de diálogo intercultural.

Durante las entrevistas con los actores clave se utilizó una ficha de catastro como guía (Anexo A: Ficha para el catastro de comunes y de las variables claves para el codiseño de la gobernanza), la cual fue moderada por el agrónomo Eduardo Meza, coordinador territorial en el Maule, quién hizo hincapié en la recopilación de información referente a la identificación de los comunes (materiales e inmateriales), sus amenazas, cambios históricos que han sido percibidos sobre estos por parte de la comunidad, y fenómenos y/o cambios observados en el ambiente en el contexto de cambio climático, que podrían eventualmente haber afectado el estado del conjunto comunes a nivel local tanto en el presente como en el pasado. A su vez, en el transcurso de las entrevistas se intentaron generar relaciones de confianza mutua y alianzas que faciliten la investigación a futuro y el

fortalecimiento de las relaciones entre investigadores y comunidades, de tal manera de contribuir ya sea a la preservación de los bienes comunes identificados por la comunidad (materiales e inmateriales), prácticas culturales, resolución de conflictos, entre otros.

Entre los actores que participaron del catastro se encuentran agrupaciones ambientales como: Defensores del río Coronel de Maule, Colectivo Maleza, Vivero Regeneración, CAC (Comité Ambiental Comunal de Pelluhue), ONG Vigilante Costero Maule-Itata, ; entidades gubernamentales como la municipalidad de Cauquenes, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y Servicio País de Chanco; además de miembros de la Casa de la Cultura de Cauquenes, apicultoras de Coronel de Maule, emprendimientos familiares como casa Rume y en el estuario del río Chovellén, representantes del sindicato de pescadores en caleta Loanco, artesanos, junta de vecinos, entre otros habitantes locales.

Referente a la información recopilada durante las entrevistas, esta fue registrada por medio de apuntes, audios y fotografías, para lo cual previamente se les hizo entrega a los participantes del catastro de un consentimiento informado.

4.3. ETAPA GABINETE 2

En función de los apuntes, fotografías, grabaciones y observaciones del ambiente recopilados durante el catastro, se procedió a realizar un vaciado de toda la información en una planilla Excel sistematizada por Eduardo Meza.

Posteriormente, a partir de dicha planilla Excel se creó una nueva en donde se sistematizó el listado de los comunes identificados, sus amenazas, y las potenciales consecuencias que dichas amenazas habrían provocado sobre el estado de los bienes comunes.

Luego, a partir de los comunes identificados y de sus amenazas, se llevó a cabo una recopilación de información bibliográfica enfocada en la determinación de los parámetros bio-geofísicos que pudieran afectar el estado del conjunto de comunes a nivel local tanto en el presente como en el pasado, y para cuya representación sería necesario la utilización de mapas y/o gráficos.

Luego de ser identificadas dichas variables, estas son comparadas, clasificadas y categorizadas según su orden de relevancia, efectos, y si tienen relación o no con la variabilidad climática.

En paralelo a lo anterior, se construyó un banco de información en una nueva planilla Excel en donde se ordenó la información recopilada, se identificó aquellos datos que solo pudieron ser obtenidos en terreno, y se agregó las fuentes de los datos que solo pudieron ser extraídos de la literatura o de mapas vectoriales disponibles en las plataformas web de los diversos organismos del estado, tales como: DGA, MOP, Minagri, Conaf, Indap, INIA, CIREN, etc.

A continuación, se integró toda la información recopilada tanto en terreno como bibliográficamente en una base SIG.

4.4. ETAPA TERRENO 2

Levantamiento de datos en terreno por medio de instrumentación (equipo multiparámetro HI 9126, papeles de pH, termómetro digital) o con dispositivos móviles mediante aplicaciones como Qfield del software QGIS, y ArcGIS Field Maps del software ArcGIS Pro, de aquellas variables que afectan el estado de los comunes y cuya información no pudo ser extraída, tanto de la literatura como de bases de información existentes (pH del suelo, pH del agua, temperatura del agua, muestras de suelo, entre otros), además del refinamiento de la ubicación actual e histórica de los comunes por medio del diálogo con la gente local.

4.4.1. Monitoreo ciudadano del agua

Realizada a fines de julio del 2022. Esta actividad se efectuó a cargo de Juan Pablo Hernández, coordinador del campus sustentable de la UCM y de Felipe Vázquez, profesional de la ONG “Territorio a Escala Humana”, quienes además facilitaron la instrumentación necesaria para el taller, en conjunto con las delegaciones de la comuna de Pelluhue y de las localidades de Coronel de Maule y Loanco. La instrumentación consta de una mochila limnológica, a través de la cual se pueden medir parámetros fisicoquímicos que indican el estado del agua y su calidad, 3 cartillas bioindicadoras: plantas bioindicadoras de la calidad del agua, avifauna lacustre y bioindicadores del agua (macroinvertebrados bentónicos); papeles de medición de pH, un termómetro digital y un aguascopeo con un disco Secchi para medir la turbidez del agua (Fotografía 4.1).



Fotografía 4.1: Instrumentos para medir la turbidez del agua.
A la derecha aguascopeo casero, y a la izquierda disco Secchi.

La actividad consistió en una caminata por el borde del río Loanco, al interior del cual se procedió por medio del aguascopeo a medir la profundidad a la que se deja de observar el disco Secchi en el interior del río y a anotar el código de color del agua observado con el aguascopeo que mejor coincida con la tabla proporcionada (Fotografía 4.2). En paralelo se tomaron mediciones en la orilla del río de T° y de pH. Los puntos de monitoreo a lo largo del río Loanco se muestran en la Figura 4.1. Dicha actividad de monitoreo se espera replicar en las otras dos localidades de estudio a futuro en fechas a convenir una vez que todas las zonas cuenten con su mochila de monitoreo.



Fotografía 4.2: Tabla con índice de colores para determinación de turbidez del agua.

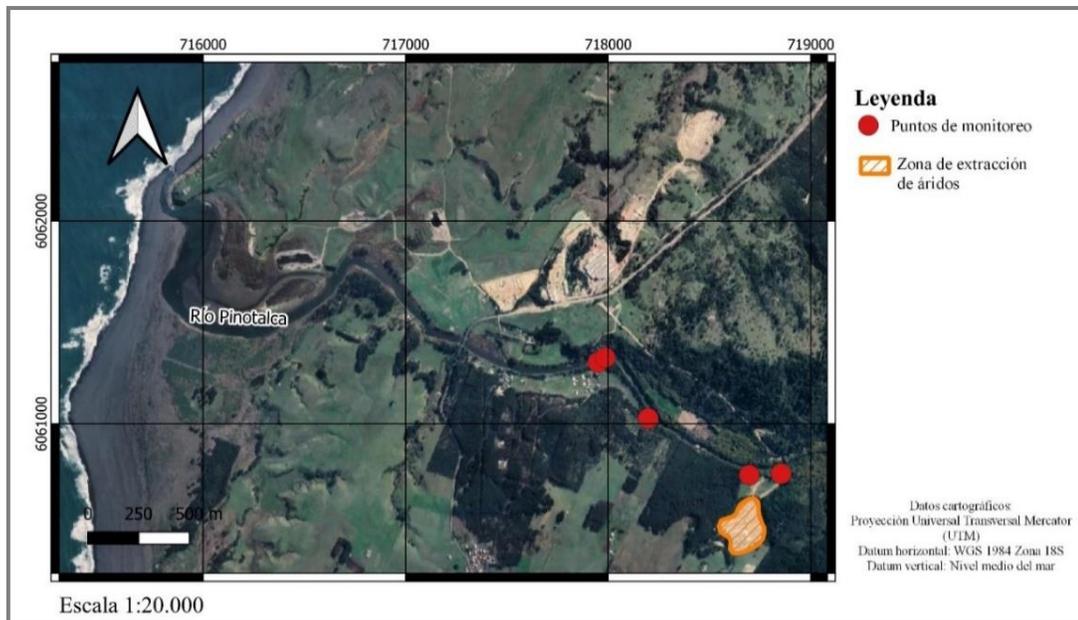


Figura 4.1: Mapa con los puntos en donde se realizó el monitoreo ciudadano del estado del agua en el río Pinotalca. Elaboración propia.

4.4.2. Taller de mapa de actores locales, cartografía social participativa y caminata de transecto a través de microcuenca

Actividad realizada el día 26 de agosto del año 2022. Esta constó de la participación de representantes de todas las localidades de estudio, en particular de miembros de la agrupación Defensores del río Coronel de Maule, Servicio País Chanco, Centro de Desarrollo Crecer, Nativa Esperanza; entre otros dirigentes sociales, ambientales y gremiales, junto a funcionarios municipales e investigadores universitarios. Dicha actividad fue llevada a cabo en la escuela Clorindo Alvear de la localidad de Coronel de Maule, donde se analizaron las intervenciones en las aguas del secano costero maulino.

Durante este encuentro se desarrollaron algunas técnicas de diagnóstico participativo como: una matriz de actores en donde se identificaron a las personas y organizaciones que intervienen en el manejo y cuidado del agua, principal bien común identificado en las cuencas de estudio.

Este ejercicio fue posteriormente traspasado a un mapa, en forma de cartografía social, permitiendo así dar espacialidad y localización a los principales actores identificados. A su vez, se intercambiaron experiencias en relación a los problemáticas identificadas entre las cuencas,

permitiendo así ampliar la perspectiva de los participantes al conocer similitudes y diferencias con los otros territorios.

Al día siguiente se realizó un transecto de cuatro paradas a través de la microcuenca del río San Juan. Dicho ejercicio, constituyó una herramienta eficaz para identificar, mediante una caminata unidireccional los distintos usos del suelo y el agua, junto al reconocimiento de los bienes comunes en la zona, que los afecta dentro de la comunidad y dando cuenta de los actores antes identificados.

4.4.3. Muestreo de suelo para determinación de pH

Realizada los días 5 y 6 de noviembre del año 2022, en la localidad de Coronel de Maule. Durante la realización de este muestreo de suelo en terreno, se consideraron las siguientes etapas:

1. Ambientación de la pala con la que se realizó el muestreo.
2. Eliminación de la cobertura vegetal y confección de hoyo de 15-20 cm de profundidad (a) de Fotografía 4.3).
3. Extracción de 70 gr de suelo hasta la profundidad ya señalada, y su colecta en bolsa de muestra (b) de Fotografía 4.3).
4. En paralelo, colocar 10 gramos de suelo en un vaso graduado de 50 ml, y agregar 25 ml de agua desionizada, para la toma de pH in situ (c) y d) de Fotografía 4.3).
5. Revolver con una cuchara hasta formar una solución homogénea, entre el agua desionizada y la muestra de suelo (e) de Fotografía 4.3).
6. Colocar el papel de pH por 2 segundos en la solución.
7. Extraer el papel de pH y comparar su color con escala de pH ((f) de Fotografía 4.3).
8. Anotación de resultados.



Fotografía 4.3: Etapas del muestreo de suelo en terreno. a) Etapa 2; b) Etapa 3; c) Etapa 4-A; d) Etapa 4-B; e) Etapa 5; f) Etapa 7.

Cabe mencionar que la finalidad de la utilización de esta metodología de medición de pH en terreno se hace con el propósito de ser comparada y evaluada con la metodología que fue posteriormente utilizada en laboratorio.

Posterior al muestreo, las muestras fueron refrigeradas hasta su posterior medición de pH en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción. Durante la medición se utilizaron los siguientes materiales:

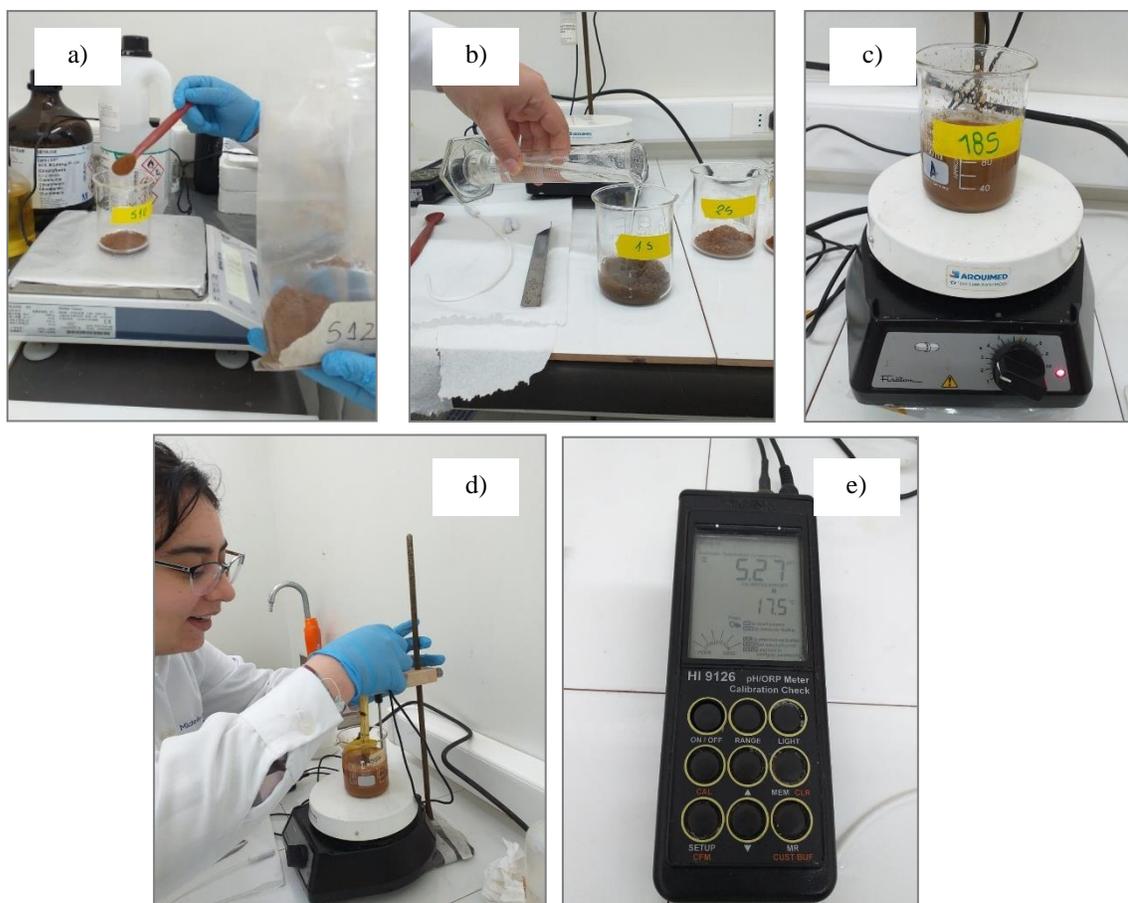
- Balanza.
- pH-metro Hanna HI 9126 de precisión adecuada, con rango de pH 0-14 y termómetro.
- Vaso precipitado graduado de 150 ml aproximadamente.

- Probeta graduada de 90 ml.
- Agua desionizada.
- Agitador magnético con barras o pastillas magnéticas.
- Pipeta.
- Espátula.

A su vez, para la determinación del pH en laboratorio se utilizaron dos modalidades de muestra: determinación de pH en muestra manteniendo su nivel de humedad, y determinación de pH en muestra secada al aire por alrededor de 2 días. En ambos casos, se siguió el mismo procedimiento en laboratorio, solo que, en el caso de la muestra secada al aire, esta consta de una etapa de preparación de la muestra en que se homogeniza la muestra de suelo para poder ser usada posteriormente en análisis químicos y físicos, puesto que estos análisis generalmente se determinan en la fracción fina del suelo (<2 mm), que se ha secado a una temperatura no superior a 40°C, hasta masa constante, constituyendo lo que se denomina “suelo seco al aire”. Las ventajas de usar el suelo seco al aire consisten en que generalmente poseen un contenido de humedad óptimo para manipularlo y procesarlo, de tal manera que su masa permanezca relativamente constante y su actividad bio-lógica sea baja durante su almacenaje (Sadzawka y otros 2004).

Ya en laboratorio, el procedimiento constó de las siguientes etapas (Fotografía 4.4):

1. Masar 25 gr de suelo (contenido en el vaso precipitado) en la balanza.
2. Agregar 62,5 ml de agua desionizada desde la probeta al vaso precipitado con la muestra de suelo, de manera de preparar una solución 1:2,5 (Sadzawka, 2004; Zagal y otros, 2008).
3. Colocar el vaso precipitado con la solución en el agitador magnético, para agitar la muestra por un mínimo 5 minutos, procurando incorporar previamente una pastilla magnética.
4. Pasado los 5 minutos, introducir el electrodo del pH-metro y el termómetro, sin dejar de agitar la muestra con el agitador magnético.
5. Realizar la lectura en el pH-metro cuando la medición se encuentra estabilizada.



Fotografía 4.4: Etapas de la medición de pH en laboratorio. a) Etapa 1; b) Etapa 2; c) etapa 3; d) etapa 4; d) Etapa 5.

4.4.4. Catastro de cárcavas

Actividad realizada en paralelo al muestreo de suelo en la localidad de Coronel de Maule. Para su realización se llevó a cabo previamente un mapa preliminar en el cual se identificaron por medio de imágenes satelitales, posibles geformas de erosión, con la finalidad de ser constatadas en terreno.

Ya en terreno, se procedió a corroborar los puntos previamente identificados, y a tomar medidas de profundidad, ancho de cabecera, ancho de base y longitud de la cárcava, con el objetivo de determinar el volumen total de pérdida de suelo.

Para el cálculo del volumen de pérdida de suelo, se tomó como supuesto que la forma de las cárcavas corresponde a la de un trapecio escaleno. De esta manera, se consideró la siguiente fórmula:

$$Volumen (m^3) = \left(\frac{\text{ancho cabecera} + \text{ancho base}}{2} \right) * longitud * profundidad \quad (4.1)$$

Cabe mencionar que, junto al registro de estas medidas en las cárcavas, se tomó nota de las especies vegetales presentes en la ubicación de las cárcavas, del tipo de uso de suelo de la última cartografía de cambio de uso de suelo realizado por CONAF el año 2019, y del tipo de uso de suelo observado en terreno.

4.5. ETAPA GABINETE 3

Esta etapa consta del procesamiento de los datos obtenidos durante la segunda etapa de terreno, procesamiento de imágenes satelitales para el cálculo de índices espectrales que sean de interés para las comunidades, elaboración de mapas digitales a través de una herramienta SIG y de gráficos que registren la evolución espacio-temporal de los parámetros bio-geofísicos más importantes que inciden en el estado de los bienes comunes, en el contexto de cambio climático.

Posteriormente, se procedió a contrastar los resultados obtenidos mediante mapas y/o gráficos con los datos recabados por medio de relatos durante el catastro y los talleres desarrollados durante la escuela itinerante sobre cambio climático y bienes comunes, con el propósito de validar la información compilada.

Finalmente, se hace preciso explicar la metodología abordada para el cálculo de los 3 índices espectrales que resultaron de importancia a abordar en el marco de esta memoria. Estos corresponden a: NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), LST (Temperatura de Superficial de Suelo) y NDMI (Índice de Humedad de Diferencia Normalizada).

4.5.1. Cálculo de índices espectrales

Los índices espectrales corresponden a aquellos calculados a partir de operaciones matemáticas sobre los valores de los píxeles existentes en un ráster o en las bandas de interés de determinado satélite, que en este caso corresponde a los satelitales Landsat 4-5, 7 y 8.

Los índices calculados como ya se mencionó anteriormente corresponden a: NDVI, LST y NDMI, para cuyo cálculo se utilizaron las bandas ya previamente corregidas, tanto atmosférica como radiométricamente, excepto para el cálculo del LST, dado que la corrección de las bandas conducía al error en el cálculo de este índice (valores decimales entre 0 y 1). Pese a lo anterior, los resultados obtenidos de este último serán comparados con otros estudios de cálculo de LST, realizados en la Región del Maule en el capítulo de discusión.

4.5.1.1. NDVI

El NDVI corresponde a un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, que registra la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Verdin y otros, 2003 en Heredia y otros, 2016).

El NDVI se calcula utilizando la reflectancia de las longitudes de onda roja e infrarrojo cercano de las bandas 4 y 3, respectivamente, en imágenes Landsat 4-7; o de las bandas 5 y 4, respectivamente, en imágenes Landsat 8-9 a partir de la siguiente fórmula:

$$NDVI \text{ (en Landsat 4 - 7)} = \frac{\text{banda 4} - \text{banda 3}}{\text{banda 4} + \text{banda 3}} \quad (4.2)$$

$$NDVI \text{ (en Landsat 8 - 9)} = \frac{\text{banda 5} - \text{banda 4}}{\text{banda 5} + \text{banda 4}} \quad (4.3)$$

Este índice, toma valores entre -1 y 1, donde valores cercanos a 1 indican una vegetación frondosa, con mayor biomasa y producción de clorofila, además de estar más saludable; mientras que valores cercanos a 0, son indicativos de un suelo sin cobertura o con una escasa vegetación (Mejía y otros, 2021).

4.5.1.2. LST

Corresponde a una medida del calentamiento directo de la superficie terrestre, donde los rayos del sol son absorbidos y reemitidos.

Para el cálculo de este índice, se utilizaron las bandas térmicas de los satelitales Landsat 4-5, y 7, en particular la banda 6; y la banda 10 del satélite Landsat 8, además de las bandas SWIR Y NIR, mencionadas en el subcapítulo anterior.

En concreto, para el cálculo de este índice se requiere de un proceso de teledetección con imágenes satelitales por medio del cálculo de subíndices.

Las operaciones realizadas son las siguientes:

1. NDVI
2. Cálculo de TOA (Top of Atmosferic) o de la radianza espectral de la atmósfera:

$$TOA = M_l * banda\ 10 + A_l \quad (4.4)$$

Donde M_l , corresponde al factor de reescalamiento multiplicativo específico de banda (valor disponible en el archivo de metadatos MTL), mientras que A_l corresponde al factor de reescalamiento aditivo específico de la banda (valor disponible en el archivo de metadatos MTL).

3. Cálculo de BT (Brightness Temperature) o temperatura de brillo:

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{TOA + 1}\right)} - 273,15 \quad (4.5)$$

Donde K_1 y K_2 corresponden a constantes de conversión térmica específicas de la banda (valor disponible en el archivo de metadatos MTL).

4. Proporción de vegetación (P_v):

$$P_v = Square\left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right) \quad (4.6)$$

5. Emisividad (ϵ):

$$\epsilon = 0,004 * P_v + 0,986 \quad (4.7)$$

6. Temperatura de la superficie de la tierra (LST)

$$LST = BT / \left(1 + (TOA * \left(\frac{BT}{14388}\right) * \ln(\epsilon))\right) \quad (4.8)$$

4.5.1.3. NDMI

El NDMI corresponde a un índice utilizado para determinar el contenido de humedad en la vegetación (Brom y otros, 2012).

El NDMI se calcula a partir de la banda infrarrojo cercano (NIR) y de la banda infrarrojo de onda corta (SWIR), a partir de la siguiente fórmula:

$$NDMI\ (en\ Landsat\ 4 - 7) = \frac{(banda\ 4 - banda\ 5)}{(banda\ 4 + banda\ 5)} \quad (4.9)$$

$$(4.10)$$

$$NDMI \text{ (en Landsat 8 - 9)} = \frac{(\text{banda 5} - \text{banda 6})}{(\text{banda 5} + \text{banda 6})}$$

Este índice, al igual que el NDVI, toma valores entre -1 y 1, donde valores cercanos a 1 indican una gran cantidad de biomasa y contenido de agua, mientras que valores cercanos a 0 son indicativos de un bajo contenido de agua o de humedad en la vegetación. De esta manera, el NDMI constituye un gran indicador de estrés hídrico en la vegetación, considerando las condiciones de sequía que imperan actualmente a lo largo de país.

5. RESULTADOS

5.1. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES

En función de las conversaciones con actores clave llevadas a cabo entre los meses de marzo y junio del año 2022, es que se identificaron una serie de bienes comunes en las localidades de estudio, las cuales se resumen y agrupan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Comunes materiales e inmateriales reconocidos en las zonas de estudio. Elaboración propia.

	Coronel de Maule y Cauquenes	Chovellén-Cardonal	Loanco
Comunes materiales	Cursos de agua/ Borde de río, vegas y humedales	Estuario del río Chovellén-Cardonal, cursos de agua menores y APR	Río Loanco/ Pinotalca/ Santa Ana, humedales, cursos de agua menores y APR, además de su biodiversidad asociada
	Apicultura	Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal Cardonal/ cultivo de ostras/ peces algas y mariscos/Dunas	
	Bosque nativo y recolección asociada /Espino/ Suelo		
	Viñas patrimoniales y vitivinicultura tradicional	Bosque nativo costero y recursos forestales no madereros (RFNM)	Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal (AMERB)
	Casas patrimoniales de adobe, plaza y centros comunitarios (Figura 5.2)		
	Cultivos como chicharos, chuchoca	Piedra laja	
Comunes inmateriales	Loceras, artesanías (os) en mimbre, pita y lana (Figura 5.2)	Tradiciones (mingacos), saberes culturales y semillas criollas	Mitos y leyendas
	Saberes campesinos locales		
	Iniciativas de restauración ambiental		
	Fiestas tradicionales y tradiciones campesinas como mingas, mingacos	Tejedoras y tejedores de Cardonal	Comunidad
	Semillas, oficios de parteras, cantoras	Saber campesino agroecológico	Tranquilidad

De estos comunes identificados solo serán analizados aquellos cuyas casillas en la Tabla 5.1 se encuentren destacadas en celeste dado su interés para las comunidades, mientras que respecto a su representación en mapas se ilustrarán la mayor parte de estos.

En los siguientes subcapítulos serán descritos los comunes a analizar, juntos a sus amenazas con base en las conversaciones con actores clave y el laboratorio de co-diseño, con la finalidad de distinguir en el capítulo 5 y 6 si:

- Efectivamente las amenazas descritas constituyen o no un daño real al estado de los bienes comunes.
- Existen amenazas que hayan sido determinados en forma equívoca.
- Existen factores que no fueron identificados por la comunidades y que puedan constituir una amenaza al estado de los bienes comunes.

5.1.1. Coronel de Maule y Cauquenes

5.1.1.1. Cursos de agua, borde de río, vegas y humedales

Referente al río San Juan y a sus cursos de agua menores, estos constituyen un recurso vital no solo para las personas, sino para la mantención de los ecosistemas y para la economía de subsistencia, ya que en la localidad de Coronel de Maule, el cual es un territorio rural, muchas familias campesinas usan el agua para sus animales, cultivos y chacras.

Aledaños al río San Juan, se encuentra el borde del río, las vegas y los humedales, los cuales constituyen una zona muy importante, utilizada para la recolección de camarones y el cultivo en primavera de chacras (maíz para chuchoca, porotos, chicharos y zapallos) sin riego y con semillas criollas, produciendo alimento para la feria local, autoconsumo familiar y para los animales (Figura 5.1).

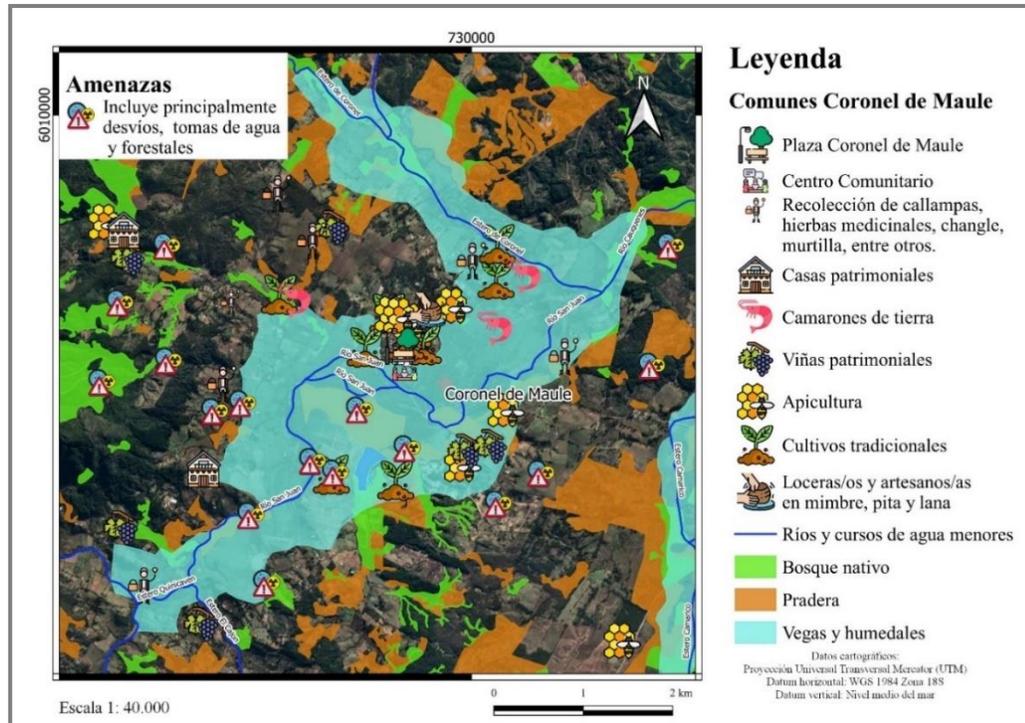


Figura 5.1: Comunes y amenazas identificadas en la localidad de Coronel de Maule.

Actualmente estos comunes están en estado crítico, dada la disminución del caudal de río San Juan, y de sus afluentes, especialmente en los meses de verano, posiblemente asociada a las bajas precipitaciones y la extracción legal e ilegal de agua por parte de viñas industriales, además de su utilización en cultivos de frutillas (Figura 5.1).

Respecto a los efectos de la variabilidad climática sobre este común, destaca la sequía asociada tanto a la disminución de las precipitaciones como a las altas temperaturas, lo cual habría traído consigo, como se mencionó anteriormente, la disminución de los caudales y con ello que estos comunes se encuentren en estado crítico. A su vez, los lugareños han observado el desplazamiento de las precipitaciones hacia la estación de primavera y el aumento de eventos pluviométricos intensos en un menor periodo de tiempo.

En relación a las amenazas, estos comunes se han visto afectados por: la falta de cuidado por parte de los mismos lugareños, lo cual se ha visto replicado por medio de la construcción sobre las mismas vegas; la disminución o nulo interés por parte de las nuevas generaciones para hacer chacras, chuchoca y mingacos en las vegas; contaminación de las aguas del río San Juan con basura por parte de visitantes; acaparamiento de las aguas por parte de viñas industriales, comités de agua

y cultivos de frutos rojos e intervención de la DOH (Figura 5.1); aumento de pozos profundos, debido al incremento de casas por la parcelación de la localidad tras incendio del año 2017; disminución del bosque nativo y degradación del suelo. Todo lo anterior habría provocado la disminución de las avenidas de los ríos, la pérdida de fertilidad de los suelos, decrecimiento de la cantidad de cultivos, y el retraso del tiempo de siembras dado la baja disponibilidad de agua.

5.1.1.2. Apicultura

La apicultura forma parte de la identidad del territorio de Coronel de Maule, la cual se calcula que desde el año 1900 ya se practicaba en la zona de forma rústica por medio de cajas y troncos, y con barriles de raulí que almacenaban la miel para la temporada y la venta. En la actualidad se desarrolla como actividad económica clave para la economía familiar en el territorio, desarrollándose en diferentes escalas: grande, mediana y pequeña apicultura (Figura 5.1).

Actualmente esta actividad es percibida como escasamente cuidada, observándose una disminución del semblante de las abejas, de su estado de salud y de la producción.

En la práctica se está viendo amenazada por el despojo de las aguas (“saqueo”), el aumento de las temperaturas, la no regulación de la tala de bosque nativo, los agrotóxicos utilizados en los monocultivos de frutillas y por los herbicidas o insecticidas utilizados por las viñas industriales. Por otra parte, destaca como amenaza la falta de conciencia y de solidaridad entre apicultores y la competencia entre ellos, lo cual limita el traspaso de su conocimiento (Jerez, 2022)

Cabe mencionar que esta actividad en el pasado fue sumamente afectada por el megaincendio del año 2017, en el cual hubo grandes pérdidas de bosque nativo y con ello del corontillo o mardón, del cual las abejas polinizan sus flores para la producción de miel en la zona.

En relación a la variabilidad climática, las abejas habrían disminuido por muerte, disminución del semblante de las abejas y de su salud, afectando con ello la producción de miel, lo cual se debería al aumento de las temperaturas, de los incendios forestales y la sequía. Otros efectos que se han observado y que podrían afectar a este común, son la disminución de las precipitaciones y las floraciones más cortas, lo cual dificultaría la labor de la abeja.

5.1.1.3. Bosque nativo, espino y suelo

En relación al bosque nativo este es valorado ampliamente como un común, puesto que se considera que permite la existencia y preservación de otros comunes, tales como el abastecimiento de agua de vertientes y cursos de agua menores en la localidad, las que son usadas en actividades como la apicultura, recolección de frutos silvestres (murtilla, avellanas), hongos (digüeños, callampas), hierbas medicinales, elaboración de carbón y en la preservación de la biodiversidad del territorio (Figura 5.1 y 5.2).

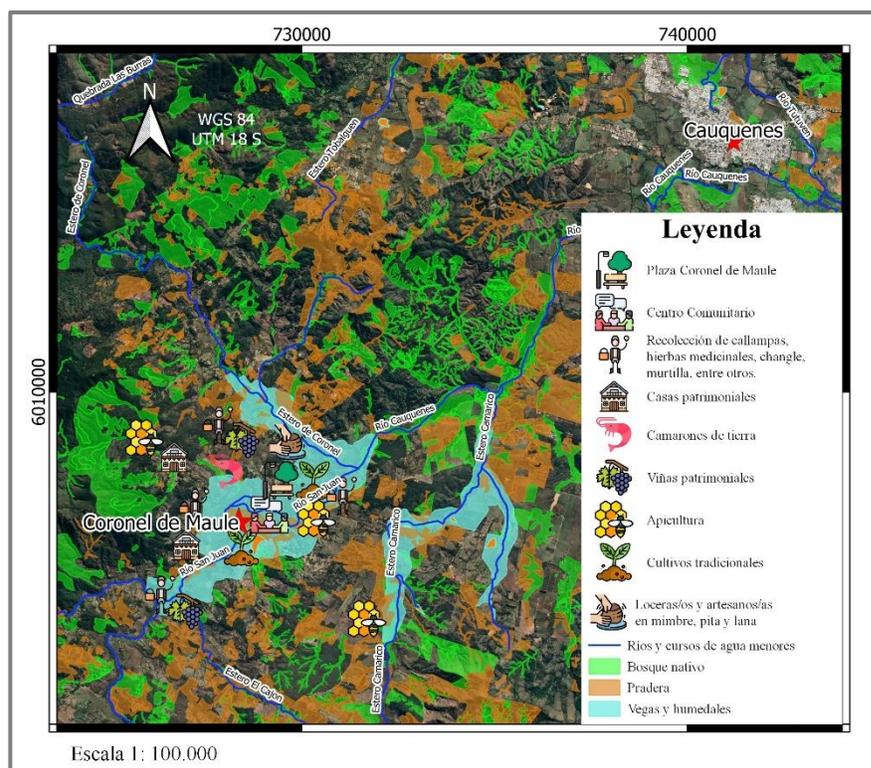


Figura 5.2: Comunes identificados en las localidades de Coronel de Maule y Cauquenes.

Su estado actual consta de una disminución producto del aumento de los incendios forestales, de la proliferación de plantaciones de pino, eucalipto y aramo; y del mal manejo y fiscalización de los bosques, lo cual impide que se controlen prácticas como la tala ilegal, extracción de tierra de hoja, carbón y leña de roble.

Respecto a los efectos de la variabilidad climática sobre este común, estos constarían del aumento de las temperaturas, disminución drástica de las lluvias y sequía, lo que provocaría el aumento de la probabilidad de riesgo de incendios forestales.

Actualmente este común cuenta con una serie de amenazas dadas por el avance de las plantaciones forestales, el acaparamiento de tierras y agua, la falta de fiscalización de la tala del bosque nativo, la falta de planes de manejo y su desvalorización, lo que ha provocado el riesgo de extinción de algunas especies (queule, monito del monte, pitao, ranita de Darwin) y la disminución de la superficie de bosque nativo, lo cual favorece la degradación del suelo desnudo expuesto a la erosión.

En cuanto a prácticas o estrategias de gobernanza en torno al cuidado del bosque nativo, se han llevado a cabo en el territorio proyectos de restauración ecológica, monitoreos y educación ambiental (Jerez, 2022).

El espino (*Vachellia caven*) corresponde a un árbol o arbusto que caracteriza el paisaje del secano mediterráneo chileno (Figura 5.1). Se adapta bien a las condiciones extremas del medio como inundaciones y anegamientos, ya que es una especie altamente resiliente. Además, cuenta con un gran valor maderero ya que su tronco leñoso es muy firme.

Actualmente este se encuentra en disminución, asociado a la venta de parcelas de agrado y a la incorporación en sus territorios de plantaciones exóticas, frutales y viñas o algún otro tipo de monocultivo.

No se habría visto afectando en gran medida por la variabilidad climática, dado que corresponde a una especie que se adapta a las condiciones del medio frente a condiciones extremas, tales como inundaciones. No así frente a incendios forestales, donde la única forma de restaurarse es en forma de semillas.

El gran conflicto en torno al espino es el valor económico, ya que la gente cuyo sustento económico depende de la venta de parcelas de agrado, no puede dejarlo de lado en pos de la protección del espino.

Finalmente, el suelo forma parte del patrimonio cultural, dado el conocimiento, tradiciones y prácticas ancestrales ligadas a este. Se utiliza como materia prima en la fabricación de ladrillos, tejas y por parte de las mismas alfareras y agricultores en la producción de alimentos.

Actualmente se encuentra bajo amenaza, debido a problemáticas asociadas al modelo extractivista, mal manejo, despreocupación y pérdida de vida en la comunidad.

Las amenazas o conflictos en torno a este común provienen de la mano del modelo extractivista, el modelo educativo actual, la contaminación, la escasa o nula fiscalización, la mala administración de los usuarios y la variabilidad climática.

Referente a la variabilidad climática, este habría provocado que este común se haya visto muy afectado por la degradación asociado a la falta de agua en la zona. Lo anterior provocaría la pérdida de productividad del suelo y que este quede sin vida.

5.1.1.4. Viñas patrimoniales y vitivinicultura tradicional

Estas actividades tienen una amplia tradición registrada hace más de doscientos años en el territorio, y constituyen un emblema identitario central del mismo junto al río, el trigo y la apicultura (Figura 5.1).

Actualmente esta actividad es definida como escasamente cuidada y afectada por diversos factores. Entre ellos, la disminución de la producción de uva resultando no ser rentable para los agricultores, la disminución de la mano de obra para realizar las faenas necesarias de mantención de las viñas, la falta de interés de las nuevas generaciones en trabajar y mantener este oficio, la falta de apoyo a esta actividad por parte de instituciones gubernamentales, y la presión de las grandes viñas que se han instalado en la localidad. Sumado a lo anterior, se han registrado problemas por la aplicación de herbicidas para erradicar el pasto de éstas, y el aumento de plagas y enfermedades introducidas en las viñas por parte de cultivos de frutillas, como la polilla de racimo y otros organismos patógenos.

En resumen, las amenazas o conflictos en torno a este común se centran en la falta de organización, incentivo y promoción de la vitivinicultura tradicional como una actividad patrimonial de carácter material e inmaterial que es parte de la identidad de Coronel de Maule (Jerez, 2022).

Respecto a los efectos de la variabilidad climática sobre este común, estos constarían de la disminución de la productividad de las viñas tradicionales por el aumento de la sequía, asociado a la disminución de las precipitaciones y al aumento de la temperatura, lo cual su vez contribuiría a la maduración temprana de la uva y a la extracción de racimos más pequeños.

5.1.2. Chovellén-Cardonal

5.1.2.1. Estuario del río Chovellén-Cardonal, cursos de agua menores y APR

El estuario del río Chovellén, constituye un ecosistema muy importante para la diversidad de aves (Figura 5.3), nutrición de las vegas, terrenos cultivables, cultivo de ostras por parte del sindicato de Cardonal, turismo deportivo de kayak, Stand Up Paddle (SUP), natación, pesca recreativa de río, recreación, entre otros. De aquí la importancia no solo de este río y su régimen de estuario, sino también de los cursos de agua menores y del APR (Figura 5.3).

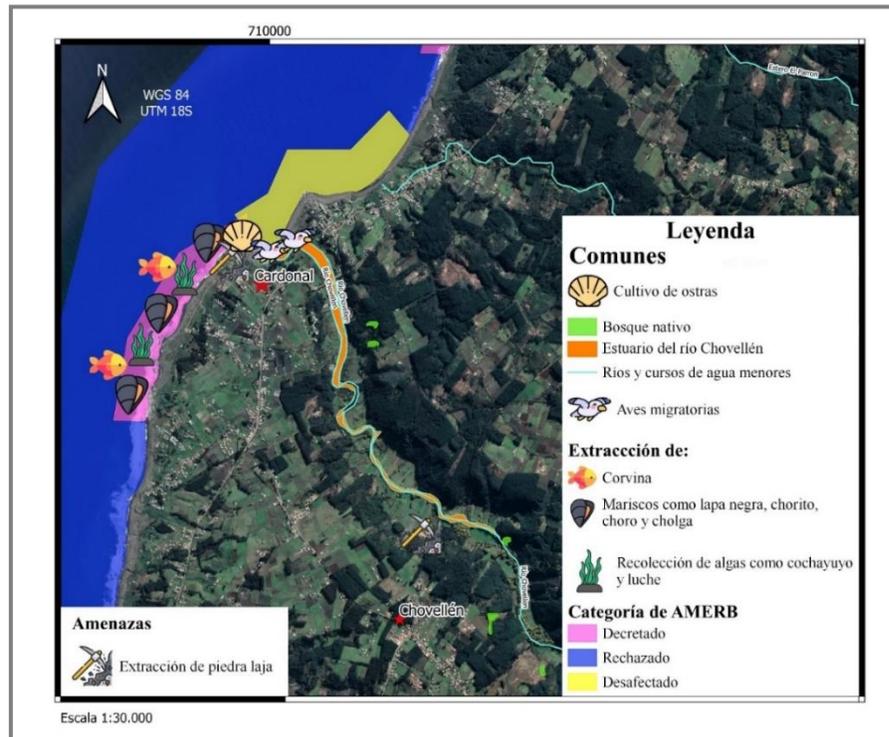


Figura 5.3: Comunes y amenazas identificadas en las localidades de Cardonal y Chovellén.

Actualmente este común se ha visto amenazado por prácticas como la extracción de áridos y de piedra laja (Figura 5.3), lo cual provoca el desborde de su cauce; contaminación con aguas servidas provenientes de cabañas de turismo; contaminación por parte de turistas; crecimiento inmobiliario, lo cual ha conllevado a la construcción de casas sobre las mismas vegas aledañas al estuario; intervención con retroexcavadora en su salida al mar; y por la falta de valoración del patrimonio natural escénico.

En relación a la variabilidad climática, esta zona se habría visto afectada por el aumento de la frecuencia e intensidad de las marejadas en la salida del estuario al mar, lo cual habría provocado el aumento del nivel del río, la inundación de las vegas por un periodo de tiempo más largo, y a que este se tape con arena en su salida. Otros efectos, consistirían en el aumento de eventos pluviométricos intensos. Ejemplo de lo anterior, constituye el evento pluviométrico del año 2019, el cual causó la inundación y el desborde de estuario del río Chovellén, la erosión de su borde, y el acarreo de animales y de ostras del sindicato de Cardonal.

5.1.2.2. Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal Cardonal, cultivo de ostras, pesces, algas y mariscos.

Estos comunes forman parte del sistema de vida de las personas de la localidad que viven de la pesca y la recolección de algas y mariscos (Figura 5.3). Son muy importantes para el turismo y el desarrollo económico de emprendimientos que se sustentan en la belleza de sus playas, para los deportistas que gustan de las olas, y para quienes disfrutan de la belleza y contemplación de la costa.

Se han avisto afectados por malas prácticas como: falta de fiscalización y regulación de las cuotas de extracción; extracción desregulada de piedra laja junto a cuarzo de los roqueríos de la rompiente de la ola, lo cual produce que se deba realizar la actividad de recolección de recursos bentónicos mar adentro; contaminación y falta de aprecio por parte de los lugareños en cuanto a su cuidado.

En relación a la variabilidad climática, estos comunes se habrían visto perjudicados por el aumento de la frecuencia e intensidad de las marejadas, lo cual a su vez provocaría el desplazamiento de las arenas y dunas de la costa.

5.1.2.3. Bosque nativo costero y recursos forestales no madereros (RFNM)

Desde aquí se extraen hongos de pino, tierra de hoja, semillas, avellanas, moras, maqui, rosa mosqueta, chaguar (ya no se extrae para consumo ni para tejer) (Figura 5.4). Otra de sus importancias radica en que permite el resguardo de la biodiversidad, la conservación de especies vulnerables, la conservación del suelo, el agua, alimentos y medicina, para el sustento de familias que tienen planes de manejo sostenible, para la educación en restauración ecológica y para la búsqueda de semillas para la viverización y la restauración.



Figura 5.4: Comunes identificados a macroescala en el sector o distrito de Chovellén.

Estos comunes se han visto afectados por: la tala indiscriminada por acción humana dado la falta de fiscalización por parte de entidades gubernamentales; la falta de vínculo por parte de algunos lugareños que no valoran la importancia del bosque; y por el cambio de uso de suelo por el modelo forestal extractivista el cual produce el reemplazo de nativos por plantaciones forestales de pino y eucaliptus.

En cuanto a la variabilidad climática, debido al aumento de las temperaturas en la zona, podría existir una mayor susceptibilidad a sufrir incendios forestales. A su vez se habría observado un cambio en el régimen pluviométrico, lo cual podría provocar estrés hídrico en las especies.

5.1.3. Loanco

5.1.3.1. Cursos de agua, humedales y APR

La importancia de este común radica en que alimenta a los cultivos que sustentan la agricultura artesanal y las nalcas, además de que alberga una gran cantidad de biodiversidad, entre las que se encuentran aves migratorias, que llegan todo el tiempo a la zona, y peces (Figura 5.5).

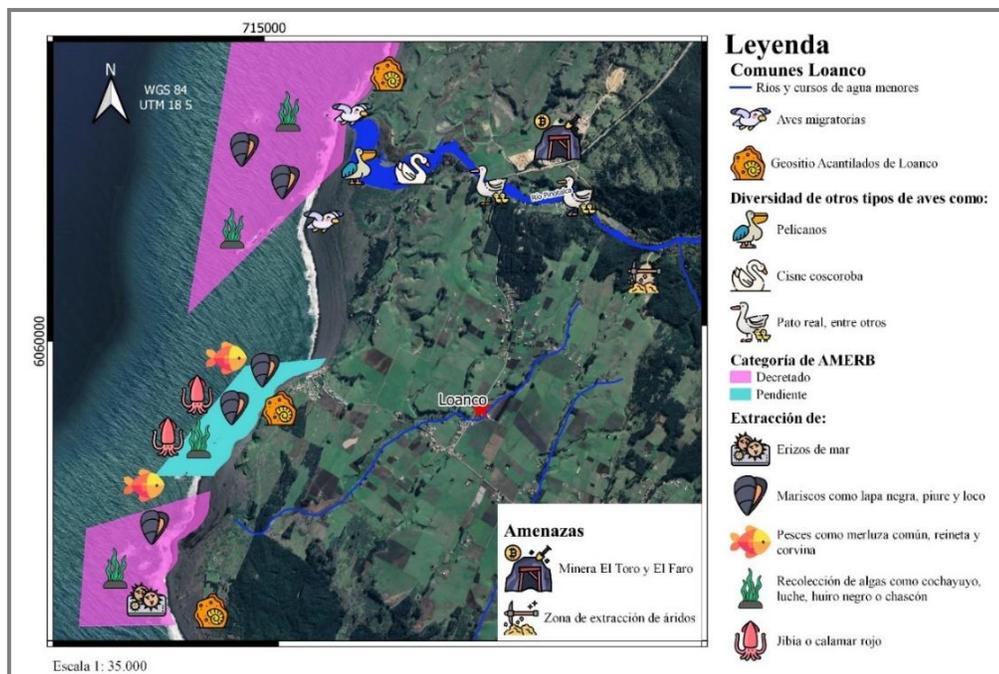


Figura 5.5.: Comunes y amenazas reconocidas en la localidad de Loanco.

Este común se ha visto amenazado por las minas El Toro y Faro Carranza (Figura 5.5), quienes estarían aportando una importante cantidad de sedimentos al río Pinotalca, lo cual tendría repercusiones a futuro en su desembocadura, en donde se alberga una gran cantidad de flora y fauna. Estos también se encontrarían desviando parte de su cauce, lo cual estaría disminuyendo notablemente su caudal en su desembocadura (Figura 5.5). A su vez, este se vería perjudicado por los turistas, quienes contaminarían las aguas en el borde de río con agua negras, debido a la falta de alcantarillado, y saturarían la disponibilidad de agua durante los meses de verano. Por otra parte, debido al aumento de loteos de terreno, aumentaría la cantidad de pozos. Dicho aumento de parcelas se ha visto intensificado tras la pandemia, debido a la migración de gente desde la ciudad hacia la zona rural. Finalmente, este recurso se vería perjudicado por las forestales, por medio del uso de pesticidas luego de la fumigación de los monocultivos, y por los cultivos de frutillas.

En cuanto a la variabilidad climática, esta zona se habría visto afectada por incendios forestales en cadena, asociados a la sequía, producto del aumento de las temperaturas y de la disminución de las precipitaciones.

5.1.3.2. Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal (AMERB)

Su importancia radica en que provee recursos para la recolección en el mar, otorga trabajo a pescadores, además de que alberga una gran cantidad de biodiversidad, entre las que se encuentran aves migratorias (Figura 5.5).

Estos comunes se han visto afectados por el terremoto y tsunami del año 2010, el cual, al levantar la zona costera, provocó la muerte de la biota intermareal. Por otra parte, estos comunes habrían sido víctimas de la sobreexplotación y mal manejo por parte de los usuarios de algunas especies (algas como el cochayuyo y huiro negro chascón), y de la pesca industrial. A su vez, en la zona costera se ha visto como las dunas han sido afectadas producto del paso de motos y camionetas.

En cuanto a la variabilidad climática, el mayor impacto constaría del aumento de las marejadas en la zona, lo cual no permitiría que se cultivaran ciertas especies en las áreas de manejo.

5.2. PARÁMETROS BIO-GEOFÍSICOS

Con parámetros bio-geofísicos, se engloba a un conjunto de variables que influyen sobre el estado presente y pasado de los bienes comunes reconocidos en las zonas de estudio, y que pueden ser evaluadas para los fines de este trabajo. Dichas variables fueron agrupadas en las siguientes categorías:

- **Hidrológicos:** derechos de agua y APR, caudal relativo, calidad de agua.
- **Climatológicos:** T° máxima promedio, T° promedio mensual, precipitación promedio anual, humedad relativa del aire, Índice de Precipitación Estandarizado (IPE).
- **Edafológicos:** tipo de uso de suelo, temperatura superficial del suelo (LST), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI), pH, erosión.
- **Marino-costeros (reflejan los cambios tanto del comportamiento del océano como de la zona intermareal):** nivel del mar, pH, T° superficial del mar, salinidad, nutrientes, presión parcial superficial del dióxido de carbono, oxígeno disuelto, marejadas y productividad.
- **Geomorfológicos:** variación de la geomorfología costera.
- **Sociológicos:** actores locales en el manejo y cuidado del agua.

- **Otros:** riesgo de incendio, reconocimiento preliminar del estado de la biodiversidad.

El posterior análisis y discusión de los resultados, se realiza con base en las subcuencas contenidas en las localidades de estudio (ríos Cauquenes, Chovellén y Pinotalca), dado el interés por parte de las comunidades en la gestión integral de las mismas, y en la gobernanza de los comunes a nivel local.

5.2.1. Hidrológicos

5.2.1.1. Caudal

Teniendo en cuenta que la megasequía y el aumento de las temperaturas han provocado diversos impactos en el ciclo hídrico de la zona central de Chile, como una mayor evaporación de sus cuerpos de agua, el incremento de la evapotranspiración de cultivos y vegetación natural, y una importante disminución de los caudales, cambios que podrían ser aún más severos en el futuro cercano (Galleguillos, 2021), es que se procedió a evaluar la evolución espacio-temporal de los caudales de los principales ríos contenidos en las subcuencas de estudio, por medio de la selección de los datos del explorador de cuencas CAMELS y de las estaciones fluviométricas de la DGA: río Loanco en Desembocadura y río Chovellén en el Risco.

En relación al explorador de cuencas CAMELS, este dispone de datos entre 1986-2017, y entre 1979-2020, para la cabecera y desembocadura del río Cauquenes ((a) y b) de la Figura 5.6), respectivamente; mientras que las estaciones río Loanco en Desembocadura y río Chovellén en el Risco, ubicadas en la desembocadura del río Pinotalca y en el tramo medio del cauce del río Chovellén, disponen de datos entre 1987-2022 ((c) de la Figura 5.6); y entre el 2018-2022 ((d) de la Figura 5.6), correlativamente.

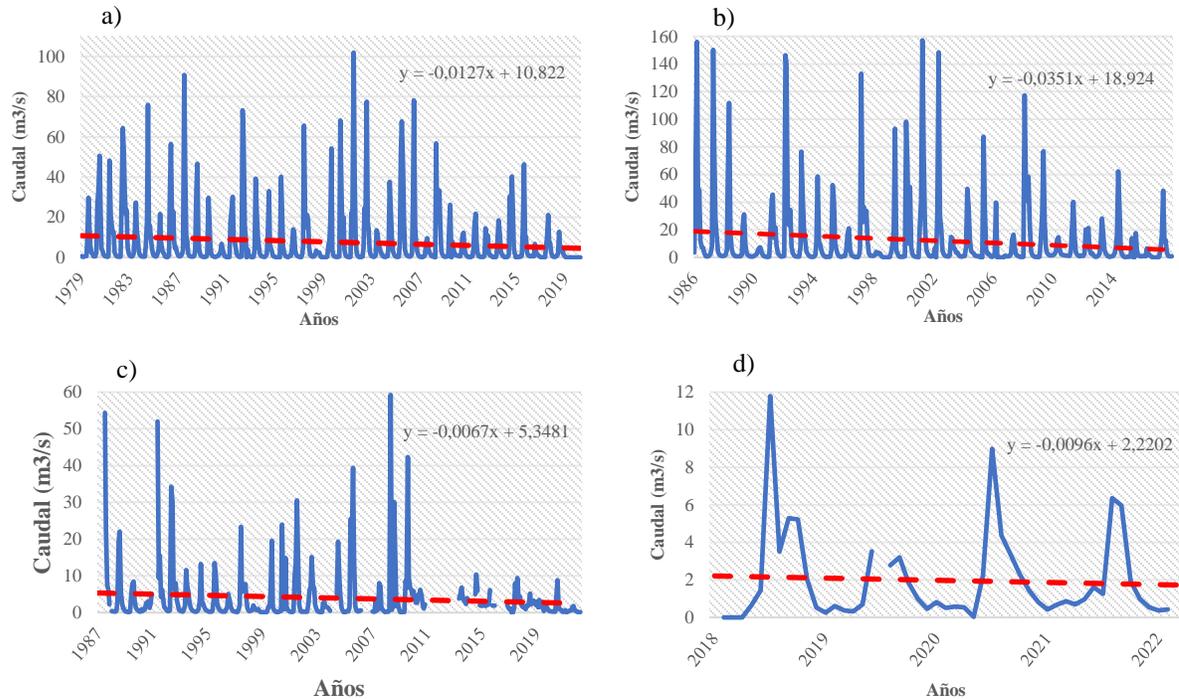


Figura 5.6: Gráficos de caudal promedio mensual (m³/s) vs. tiempo. a) Gráfico caudal promedio mensual para el periodo 1987-2017 en la cabecera del río Cauquenes, extraído desde el explorador de cuencas CAMELS; b) Gráfico caudal promedio mensual para el periodo 1979-2020 en la desembocadura del río Cauquenes, extraído desde el explorador de cuencas CAMELS; c) Gráfico caudal promedio mensual para el periodo 1987-2022, cuyos datos fueron extraídos desde la estación fluviométrica río Loanco en Desembocadura, de la DGA; d) Gráfico caudal promedio mensual, para el periodo 2018-2022, cuyos datos fueron extraídos desde la estación fluviométrica río Chovellén en el Risco, de la DGA.

A partir de lo observado en la Figura 5.6, se observa como el comportamiento de los caudales en los 3 ríos de interés tiende a la baja, según la línea de tendencia de pendiente negativa. No obstante, en relación al río Chovellén, dado que el rango de valores disponibles es acotado, es muy apresurado realizar una interpretación.

Respecto al porcentaje de disminución promedio, este es de un 50,4% en la cabecera del río Cauquenes si se compara el caudal del año 1979 con respecto al año 2017; 54,35 % en la desembocadura del río Cauquenes, si se compara el caudal del año 1987 con respecto al año 2017; y de un 86% en la desembocadura del río Loanco, si se compara el caudal del año 1988 con respecto al del año 2021.

5.2.1.2. Derechos de agua y APR

Si bien se han registrado variaciones de caudal en los principales ríos contenidos en las subcuencas de estudio, es preciso determinar las causas atribuidas a dichas fluctuaciones, ya sean de origen natural o antrópico. Con base a lo anterior, es que se ha decidido analizar los derechos de aprovechamiento de agua (DAA), tanto superficiales como subterráneos, registrados en la Dirección General de Aguas (DGA), con la finalidad de constatar el caudal extraído por particulares, y su relación con el caudal mínimo ecológico.

El análisis de estos DAA requirió el pre-procesamiento de los datos disponibles de todas aquellas comunas que cubrieran al menos una parte de las subcuencas de estudio. De esta manera, se utilizaron los datos de las comunas de Constitución, Empedrado, Chanco, Pelluhue y Cauquenes, de la Región del Maule; y de las comunas de Quirihue y Cobquecura, de la Región del Ñuble, puesto que no se sabe qué DAA forman parte de cada subcuenca y en qué cantidad.

A su vez, fue necesario re proyectar todos los datos a un sistema de referencia en común, dado que la base de antecedentes disponible abarcaba sistemas de referencia como PSAD 56, SAD 69, WGS 84, y en coordenadas geográficas latitud y longitud.

Por otra parte, se hace preciso mencionar, que solo se utilizaron aquellos datos que contaban con información respecto a su ubicación, pudiendo quedar fuera del análisis valores anómalos que pudiesen estar contenidos en las subcuencas de estudio.

De esta forma, de un total de 2090 datos aproximadamente, se descartaron 230 y se procesaron 1.860, de los cuales 1.150 corresponden a DAA subterráneos y 710 a DDA superficiales.

Luego de los 1.860 datos tratados, al ser tras pasados a un software como QGIS, se observó que solo 446 se encontraban comprendidos dentro de las subcuencas de interés. La representación de estos se observa en las figuras 5.7, 5.11 y 5.13.

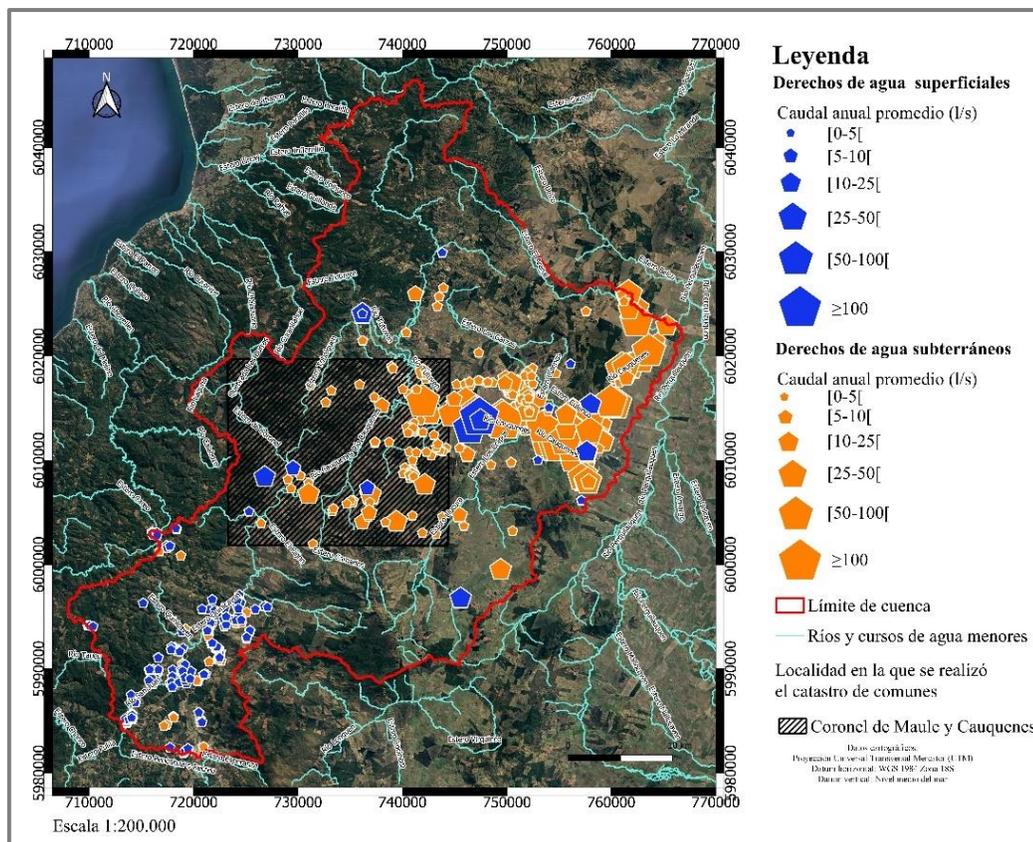


Figura 5.7: DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA, y contenidos en la subcuenca río Cauquenes. Elaboración propia.

Referente a la subcuenca río Cauquenes, es posible notar como el mayor caudal extraído tanto de naturaleza superficial como subterránea, se concentra hacia la desembocadura del río Cauquenes, superando inclusive los 100 l/s en promedio al año.

Por otro lado, hacia la cabecera de la subcuenca, solo se ha reportado la extracción de caudales, independiente de la naturaleza del agua, por debajo de los 5 l/s en promedio al año.

En cuanto a los propietarios de DAA que extraen los mayores caudales, independiente de su naturaleza, estos se representan en la Figura 5.8 y 5.9.

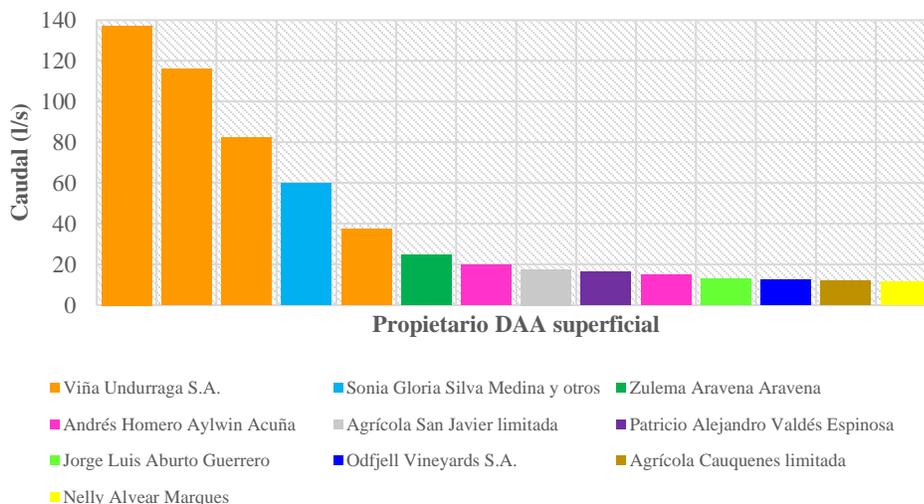


Figura 5.8: Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA superficiales, cuyo consumo es por sobre los 10 l/s en la subcuenca río Cauquenes.

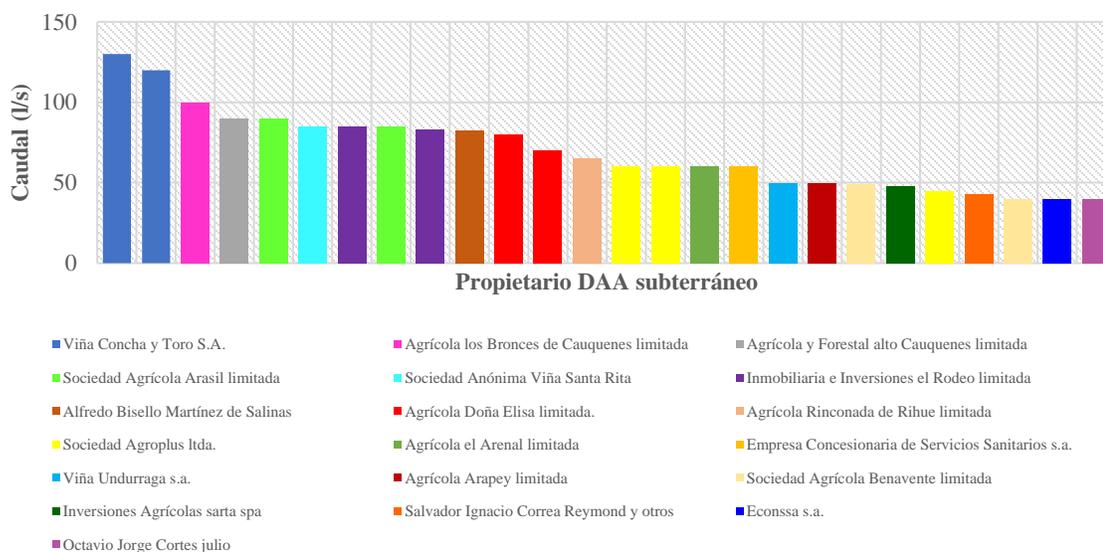


Figura 5.9: Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA subterráneos, cuyo consumo es por sobre los 40 l/s en la subcuenca río Cauquenes.

De la Figura 5.8, es posible constatar como las mayores extracciones de agua de naturaleza superficial provienen de la viña industrial Undurruga con 137, 115 y 82 l/s en promedio al año, mientras que, en el caso de las mayores extracciones de agua de naturaleza subterránea (Figura 5.9), estas provienen de viñas industriales como Concha y Toro, agrícolas como los Bronces de Cauquenes ltda; y de la agrícola y forestal alto Cauquenes ltda., con 130, 120 y 100 l/s en promedio al año, respectivamente.

Dado que, estas viñas y sociedades agrícolas se localizan hacia la desembocadura de la subcuenca río Cauquenes y más cercanas a la localidad homónima, es que se hace preciso mencionar los mayores extractores de agua en la zona de Coronel de Maule. Estos se representan en la Tabla 5.2, por tipo de naturaleza del agua.

Tabla 5.2: DAA registrados en DGA y comprendidos dentro del área y en los alrededores de la localidad de Coronel de Maule.

Nombre propietario DAA	Caudal promedio anual (l/s)	Naturaleza del agua
Rodrigo Hernán de toro alexander	18	Subterránea
Nelly Alvear Marques	11,25	Superficial y Corriente
Juan Carlos Castro Cofre	6,25	Superficial y Corriente
Juan Carlos Castro Cofre	5	Superficial y Corriente
Luis Vicente Urrutia Concha	4,83	Superficial
Coop. servicio agua potable Luis h. Ceroni Ltda.	2,7	Subterránea
Juan Antonio Henríquez Pérez	1,2	Subterránea
Héctor Manuel Suazo Pérez	1,1	Subterránea
Fernando Orellana Ramirez	1,08	Subterránea
Nelly Alvear Marques	0,2	Subterránea

A partir de esta tabla, se observa como los máximos caudales extraídos, de naturaleza superficial y subterránea respectivamente, corresponden a 11,25 y 18 l/s en promedio al año, mientras que muy por debajo se encuentra el agua extraída para el abastecimiento de la población en la zona de Coronel de Maule por parte del APR Luis Humberto Ceroni, el cual consiste en 2,7 l/s en promedio al año.

Por otro lado, se advierte que viñas del sector como Santa Carolina, no figuran en el registro de DDA en la zona, mientras que sí disponen de al menos 14 DAA a lo largo de la Región del Maule.

En relación al uso del agua, independiente de la naturaleza de este, y considerando solo los datos contenidos en la subcuenca, se tiene que: un 32% es utilizado para riego, un 4% se utiliza para consumo, uso doméstico o saneamiento, un 1% para otros usos, mientras que del 62% restante no se dispone de información (Figura 5.10).

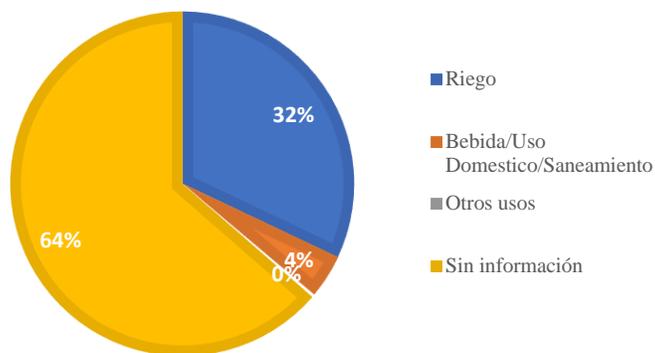


Figura 5.10: Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Cauquenes.

En cuanto a la subcuenca río Chovellén, se dispone de una baja cantidad de DAA registrados en la DGA (Figura 5.11), contando inclusive con un dato por sobre los 1.000 l/s en promedio al año. Este valor podría tener errores en su unidad de medida, dada su comparación con el resto de la información disponible para las demás subcuencas, de manera que podría estar en l/hr o ser 32 l/s.

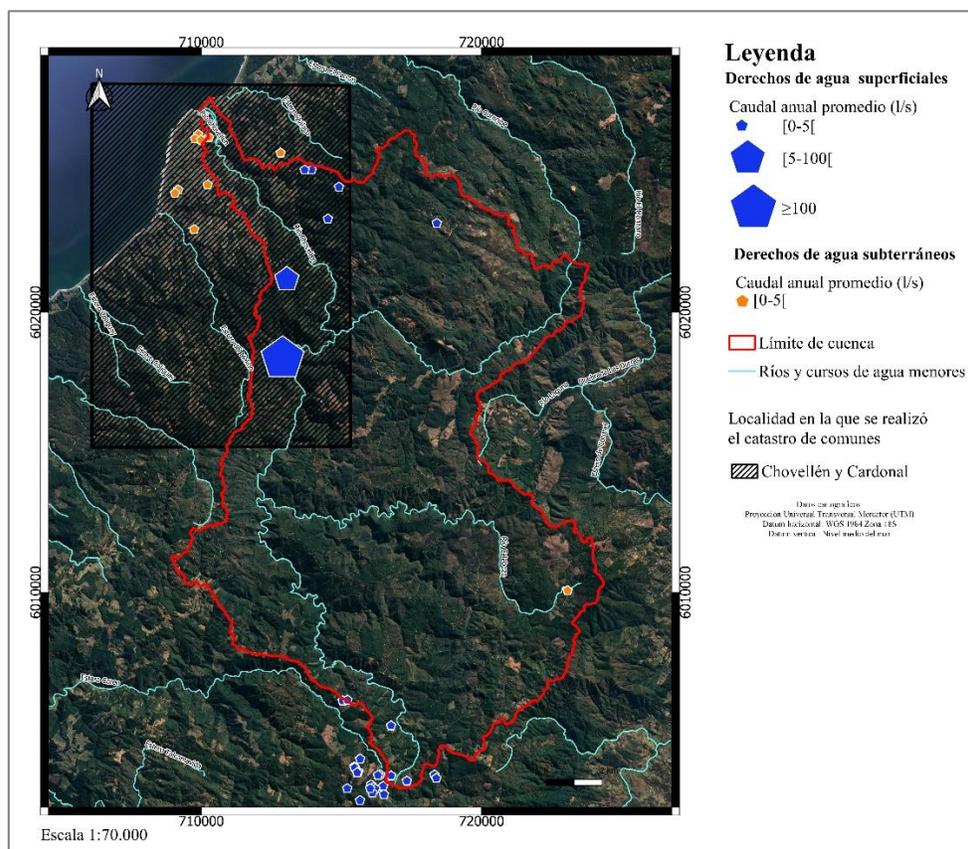


Figura 5.11: DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA y contenidos en la subcuenca río Chovellén.
Elaboración propia.

En relación a los propietarios del DAA que extraen los mayores caudales, independiente de su naturaleza, tanto en la subcuenca río Chovellén, como en las localidades de Chovellén y Cardonal, estos se representan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: DAA registrados en DGA y comprendidos dentro de la subcuenca y en los alrededores de la localidad de Chovellén y Cardonal.

Nombre propietario DAA	Caudal promedio anual (l/s)	Naturaleza
Comité de Aguas las Vertientes Quinta Chile	2,6767	Superficial y Corriente
Comité de Aguas las Vertientes Quinta Chile	3,0533	Superficial y Corriente
Empresa eléctrica el Pinar SPA	318,58	Superficial y Corriente
Empresa eléctrica el Pinar SPA	3200,83	Superficial y Corriente
Pedro Antonio Godoy Suazo	2	Superficial y Corriente
José Nicanor Vásquez Leal	2	Superficial y Corriente
Ramiro Antonio Leal Suazo	1,5	Superficial y Corriente
Ilustre municipalidad de Pelluhue	0,3	Superficial y Corriente
José Orrego Leal y otros	7,4	Superficial y Corriente
Hildo del Carmen Torres Cifuentes	0,0242	Superficial y Corriente
Eliana de las Merced Salgado Torres	0,1	Superficial y Corriente
Gerónimo Bustos Sanhueza	0,01	Superficial y Corriente
Simón Bustos Sanhueza	0,01	Superficial y Corriente
Daniel Arnaldo Torres Agurto	0,01	Superficial y Corriente
Daniel Arnaldo Torres Agurto	0,006	Superficial y Corriente
Forestal Arauco s.a.	0,5	Subterránea
Sociedad Comercial e Industrial Solmoy limitada	0,25	Subterránea
Álvaro Antonio Torres Lepe	2	Subterránea
María Elena Torres Fernández	1	Subterránea
Pedro Manuel lepe torres	1,8	Subterránea
Wilson Alejandro Benavente canales	1,5	Subterránea
María Isabel Muñoz Suazo	1	Subterránea
José Ismael Muñoz Suazo	1,1	Subterránea
José Daniel Vega Suazo	1	Subterránea

A partir de esta tabla, se observa como el máximo caudal extraído de naturaleza superficial, corresponde a 318,58 l/s en promedio al año, y proviene de la mano de la empresa eléctrica el Pinar SPA. Este último, a su vez cuenta con una extracción anómala de 3200 l/s, que como ya se explicó anteriormente, puede que posea errores en su unidad de medida.

En relación a la extracción de aguas de naturaleza subterránea, estas se encuentran comprendidas entre 0,25-2 l/s en promedio al año, ubicándose la gran mayoría de estos pozos de extracción en las localidades de Chovellén y Cardonal.

Referente al uso del agua, independiente de la naturaleza de este, y utilizando solo los datos contenidos en la subcuenca o cercanas a este, se tiene que: un 41% es usado para riego, un 14% es utilizado para consumo, uso doméstico o saneamiento, un 4% para otros usos, mientras que del 41% restante no se dispone de información (Figura 5.12).

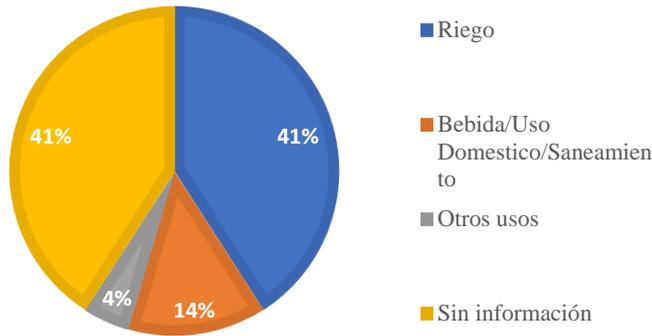


Figura 5.12: Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Chovellén.

Por último, respecto a la subcuenca río Pinotalca, al igual que para la subcuenca río Chovellén, se registran escasos DAA en la DGA (Figura 5.13). En cuanto a los datos que se disponen, se advierte que el máximo caudal extraído, de naturaleza superficial y de corriente, se encuentra por sobre los 25 l/s en promedio al año y se registra en la cabecera de la subcuenca, en uno de los cursos de agua menores que alimentan el río Pinotalca.

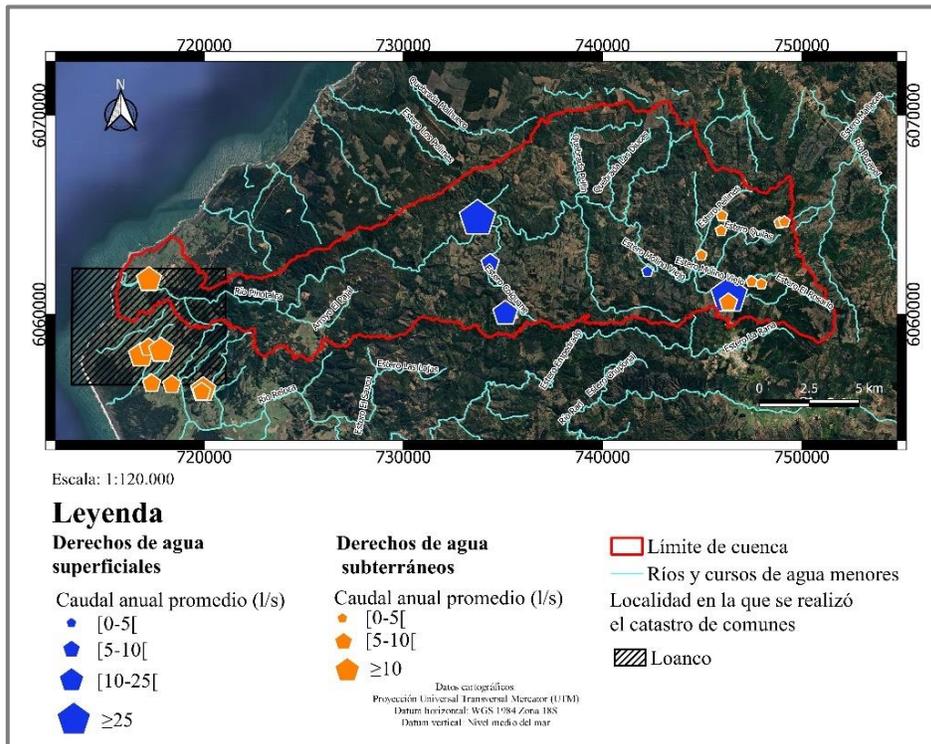


Figura 5.13: DAA superficiales y subterráneos registrados en la DGA y contenidos en la subcuenca río Pinotalca. Elaboración propia.

Respecto a la extracción desde fuentes de naturaleza subterránea, solo se han registrado valores por sobre los 10 l/s en promedio al año y con un máximo de 20 l/s, hacia la desembocadura de la subcuenca río Pinotalca y en la localidad misma de Loanco.

Referente a los propietarios de DAA que extraen los mayores caudales, independiente de su naturaleza, estos se representan en la Figura 5.14 y 5.15.

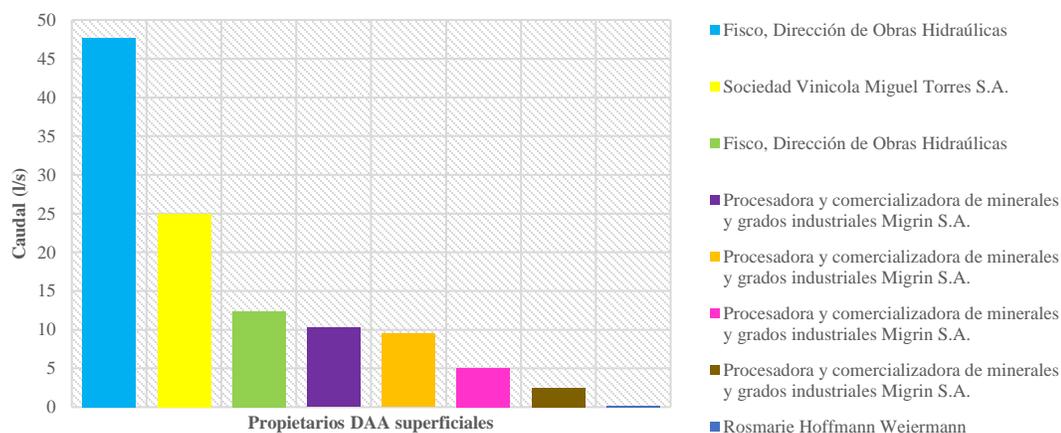


Figura 5.14: Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA superficiales contenidos en la subcuenca río Pinotalca.

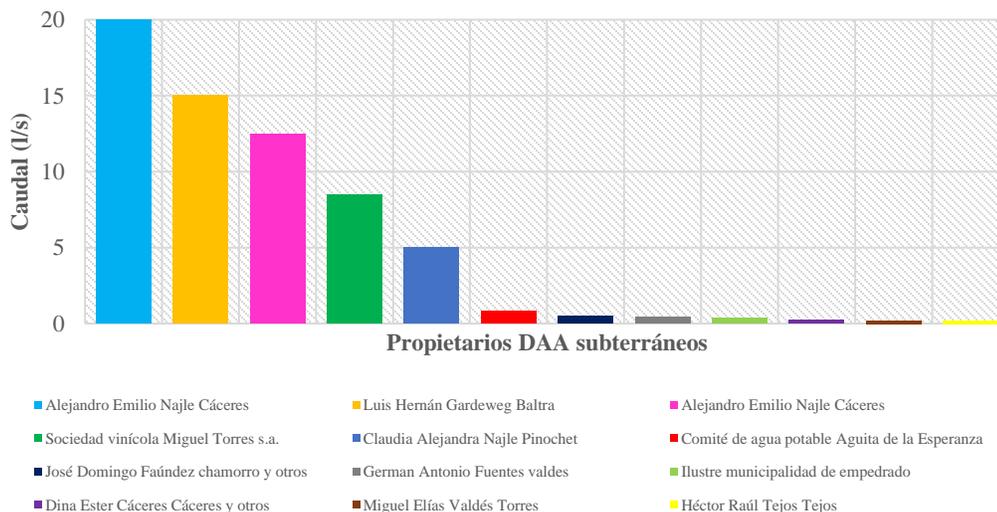


Figura 5.15: Caudal anual promedio (l/s) y propietarios de DAA subterráneos contenidos en la subcuenca río Pinotalca.

En cuanto a las aguas de naturaleza superficial, los máximos caudales extraídos recaen en la Dirección de Obras Hidráulicas, con 47,6 l/s en promedio al año, seguido de la Sociedad Vinícola Miguel Torres (Figura 5.14).

En tanto a las aguas de naturaleza subterránea (Figura 5.15), los mayores caudales extraídos recaen en Alejandro Emilio Najle Cáceres y en la Sociedad Vinícola Miguel Torres, con 20 y 15 l/s en promedio al año, respectivamente.

En relación al uso del agua, independiente de su naturaleza, y considerando solo los datos contenidos en la subcuenca, se tiene que: un 12 % corresponde a riego, un 12% se utiliza para consumo, uso doméstico o saneamiento, mientras que del 76% restante no se dispone de información (Figura 5.16).

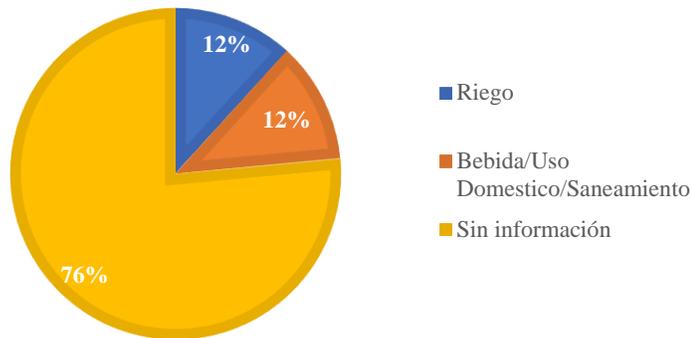


Figura 5.16: Porcentaje por tipo de uso del agua en la subcuenca río Pinotalca.

Finalmente, del total 187 DAA superficial disponibles, solo 33 cuentan con información referente al caudal ecológico necesario para preservar los valores ecológicos de los principales cauces de los ríos contenidos en las subcuencas de estudio u de otros cauces de agua superficial.

Este concepto de caudal ecológico, según el método hidrológico, corresponde al 20% del caudal medio mensual, con límite máximo en el 20% del caudal medio anual, utilizando la estadística hidrológica de los últimos 25 años (MMA, 2012 en Toledo & Muñoz, 2018).

Ahora, que haya una baja cantidad de datos con información referente al caudal ecológico se debe a que el cumplimiento de este recae en solo en los nuevos derechos de aprovechamiento de aguas que se constituyan en cada fuente superficial, según lo establecido en la ley 20.017 del año 2005 y en el “Reglamento para la determinación del caudal Ecológico Mínimo” del Decreto 14 del Ministerio de Medio Ambiente (promulgado el 22 de mayo del año 2012).

Finalmente, de los 154 datos restantes, aproximadamente el 78% no cuenta con información referente al caudal ecológico, pese a que sus derechos de aprovechamiento se constituyeron posterior a la Ley 20.017 del año 2005.

5.2.1.3 Calidad de agua

Con el objetivo de determinar la actual condición fisicoquímica de las aguas subterráneas de las subcuencas río Cauquenes y Pinotalca, además de la actual condición fisicoquímica de las aguas superficiales del río Cauquenes, es que se seleccionaron 4 estaciones de la DGA que miden calidad de aguas: APR Loanco, APR Coronel de Maule, Estación Río Cauquenes en el Arrayán y Estación Río Cauquenes en Desembocadura. A su vez en cada una de estas se eligieron 3 conjuntos de parámetros a medir: fisicoquímicos, elementos mayoritarios y concentración total de elementos traza (Tabla 5.4 y 5.5).

Tabla 5.4: Listado de parámetros para determinar la actual condición fisicoquímica de las aguas subterráneas de las cuencas de los ríos Cauquenes y Pinotalca. Datos extraídos desde los APR Loanco y Coronel de Maule.

Categoría	N° de parámetros	Parámetros
Físicoquímico	4	Temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial REDOX
Componentes mayoritarios	12	Alcalinidad Total (CaCO ₃), Bicarbonato (HCO ₃ ⁻), Calcio (Ca ²⁺), Cloruro (Cl ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻), Magnesio (Mg ²⁺), Nitrato (NO ₃), Nitrógeno Amoniacal (NH ₄ ⁺), Potasio (K ⁺), Sodio (Na ⁺), Solidos disueltos totales (SDT) y Sulfato (SO ₄ ²⁻).
Elementos traza	12	Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn).

Tabla 5.5: Listado de parámetros para determinar la actual condición fisicoquímica del río Cauquenes en su cabecera y desembocadura. Datos extraídos desde las estaciones de calidad de aguas “Río Cauquenes en Desembocadura” y “Río Cauquenes en el Arrayán”.

Categoría	N° de parámetros	Parámetros
Físicoquímico	3	Temperatura, pH, conductividad eléctrica
Componentes mayoritarios	9	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻), Calcio (Ca ²⁺), Cloruro (Cl ⁻), Magnesio (Mg ²⁺), Nitrato (NO ₃), Potasio (K ⁺), Sodio (Na ⁺), Solidos disueltos totales (SDT) y Sulfato (SO ₄ ²⁻)
Elementos traza	14	Plata (Ag), Aluminio (Al), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn).

En relación al río Chovellén, solo se dispone del Informe de Monitoreo “Valorización y Protección de la Desembocadura del Río Chovellén como Sitio Prioritario de Conservación en la comuna de Pelluhue”, realizado el año 2018, en el que solo se midieron parámetros fisicoquímicos como: T°, pH, conductividad eléctrica, potencial REDOX, SDT y oxígeno disuelto, demostrando la presencia de 2 capas de agua en el río Chovellén (salobre en el fondo y de agua dulce en superficie), persistente durante ambos periodos de muestreo.

Por otra parte, se detectaron índices negativos de potencial REDOX para todos los puntos de muestreo durante el periodo de otoño de 2018, hecho que no se había detectado anteriormente.

5.2.1.3.1. Concentraciones específicas y comparación con norma chilena

Para la caracterización de la calidad de agua, tanto superficial como subterránea, se utilizaron como referencia las normas Chilenas NCh N°409/1 para agua potable y NCh N°1333 para agua de riego.

Es preciso mencionar que la comparación con estas normas es de carácter referencial, pues en el caso de la NCh N°1333 sólo otorga recomendaciones (no es fiscalizable) y la NCh N°409/1 debe verificarse posterior a la potabilización del agua.

I. Parámetros fisicoquímicos

A continuación, se presentan en la Tabla 5.6 los valores de pH, temperatura y conductividad eléctrica, obtenidos en los APR Loanco y Coronel de Maule, que solo corresponden a una medición puntual. De estos, solo el pH y la conductividad eléctrica se encuentran normados para agua potable y para agua de riego.

Tabla 5.6: Parámetros fisicoquímicos de los pozos APR.

Nombre del pozo	T° (°C)	pH	Conductividad eléctrica (mhos/cm)	Potencial REDOX (mV)
APR Loanco	17,86	7,11	302	234
APR Coronel de Maule	20,2	6,9	232	190,2

Pese a que solo se cuenta con una medición efectuada el año 2017 en cada APR, la calidad del agua en ese momento en particular no presentó valores superiores ni para la Norma Chilena N°409/1, para agua potable, ni para la Norma Chilena N°1333, para de agua para riego.

Por otra parte, los parámetros fisicoquímicos medidos por las estaciones de calidad de aguas río Cauquenes en el Arrayán y río Cauquenes en Desembocadura, son representados por medio de los gráficos a), b), c) y d) en la Figura 5.17, debido a la gran densidad de datos con los que se cuenta.

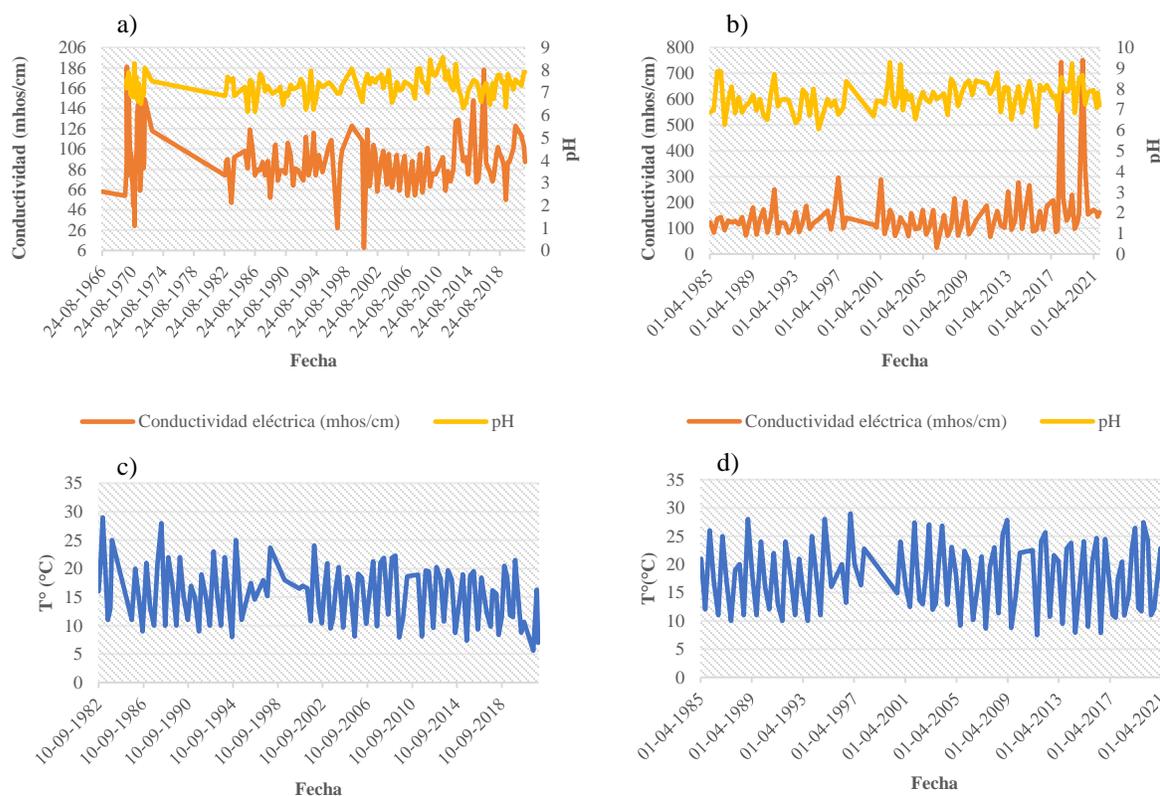


Figura 5.17: Gráficos de pH, conductividad eléctrica y T° vs. tiempo. a) Gráfico combinado conductividad eléctrica y pH vs. tiempo, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en el Arrayán, para el periodo 1966-2021; b) Gráfico combinado conductividad eléctrica y pH vs. tiempo, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en la Desembocadura para el periodo 1985-2021; c) Gráfico T° vs. tiempo, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en el Arrayán, para el periodo 1982-2018; d) Gráfico T° vs. tiempo, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en la Desembocadura, para el periodo 1985-2021.

En relación a la conductividad, esta toma valores entre 9 y 187 mhos/cm en la cabecera del río Cauquenes, y entre 24 y sobre los 750 mhos/cm en su desembocadura. Respecto a este último, como se observa en b) de la Figura 5.17, se distinguen dos *peaks* por sobre este valor, el cual según la NCh N°1333, puede resultar en efectos perjudiciales en cultivos sensibles. Dado que solo corresponden a medidas puntuales del año 2018 y 2020, es necesario seguir realizando monitoreos a futuro, para ver si se repite este fenómeno.

Referente al pH, la NCh N°409/1 establece como requisito que el agua potable debe estar entre 6,5-8,5; y entre 5,5-9 en el caso de que el agua sea destinada para otros usos, según la NCh N°1333. Al observar a) y b) de la Figura 5.17, se puede notar como en ambos gráficos el pH se encuentra dentro del rango establecido por ambas normas.

Con respecto a la temperatura, esta se encuentra normada por la NCh N°1333, en el apartado que indica los requisitos que debe cumplir el agua para recreación con contacto directo, y los requisitos que debe cumplir el agua dulce destinada a la vida acuática. En el caso del primer apartado, este indica que la T° máxima no debe superar los 30°C, lo cual se cumple tanto en la cabecera como en la desembocadura del río Cauquenes (c) y d) de la Figura 5.17); mientras que, con respecto al segundo apartado, solo se debe tener en consideración que, en presencia de flujos de agua corriente, este no debe aumentar su temperatura natural en más de 3°C.

Por otro lado, es preciso mencionar que durante la jornada de monitoreo ciudadano del agua en la localidad de Loanco realizada el día 30 de julio del año 2022, se tomaron algunas medidas a lo largo del curso del río Pinotalca, entregando valores de pH entre 6 y 7 hacia su desembocadura y entre 5 y 6 río arriba, además de temperaturas de alrededor de 10,2 °C. Dado que esta toma de datos solo contó de una transecta de 4 puntos, es que se requiere, para una mejor estimación de la calidad de las aguas de este río, de un monitoreo continuo durante las diferentes estaciones del año y con ello de una mayor toma de datos.

II. Componentes mayoritarios

Corresponden a aquellos elementos que están usualmente en mayor concentración en las aguas naturales. Los cationes mayoritarios son el Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y en algunos casos se incluye el NH₄⁺ (amonio), mientras que los aniones mayoritarios son el Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻ aunque algunas veces se considera el NO₃⁻ (nitrato). De los componentes antes mencionados, sólo el magnesio, amonio, cloro, sulfato, y el nitrato están normados según la NCh N°409/1 para agua potable, mientras que el sodio, cloro y el sulfato lo están para la NCh N°1333 para agua de riego. Las concentraciones de elementos mayoritarios para los pozos APR se muestran en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7: Concentraciones de elementos mayoritarios (mg/L) en pozos APR contenidos en las subcuencas de estudio.

Nombre del pozo	Fecha	Cationes						Aniones			
		Sodio	Sodio porcentual (%)	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloro	Sulfato	Bicarbonato	Nitrato
APR Loanco	10-11-2017	29,74	62,73	2,81	11,9	2,96	0,016	28,34	3,9	113,7	1,8
APR Coronel de Maule	09-11-2017	13,54	36,8	0,41	19	3,84	0,016	65,55	57	106,8	0,44

Pese a que solo se cuenta con una medición efectuada el año 2017 en cada APR, la calidad de agua de ese momento en particular presentó solo dos concentraciones de sodio porcentual superiores a la NCh N°1333 de agua de riego (>35%), cuyas casillas se destacan en color rojo.

En relación a la concentración de elementos mayoritarios medidos por las estaciones de calidad de aguas: río Cauquenes en el Arrayán y río Cauquenes en Desembocadura, su representación se muestra por medio de gráficos como los de las figuras 5.18 y 5.19.

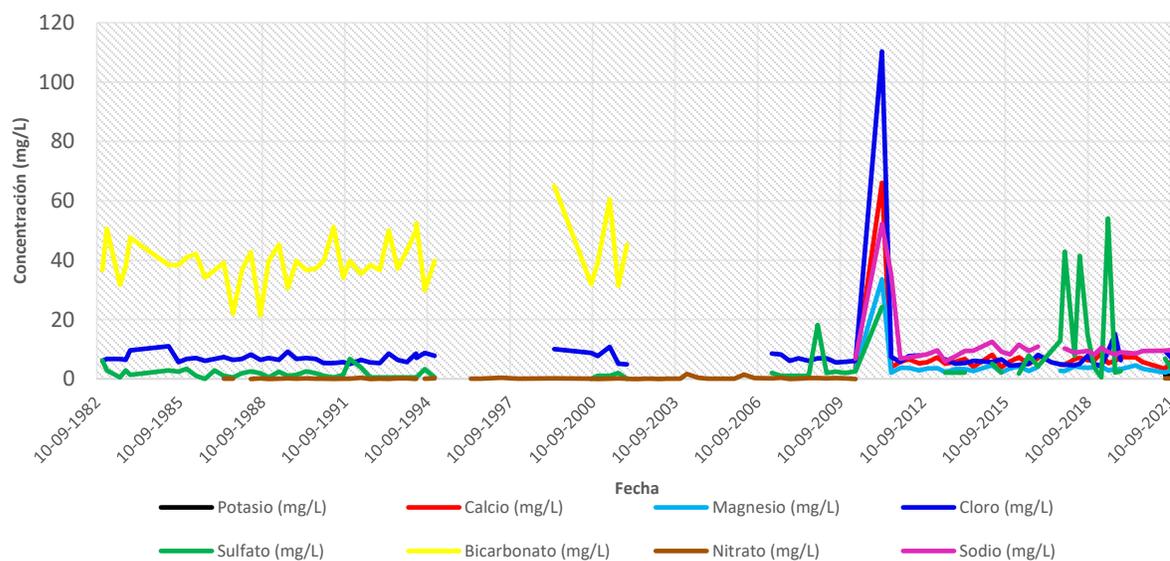


Figura 5.18: Gráfico concentración (mg/L) de elementos mayores vs. tiempo, medidos por la estación río Cauquenes en el Arrayán para el periodo 1982-2021.

De los elementos graficados en la Figura 5.18, destacan con una alta concentración el cloro, sodio, bicarbonato, magnesio y sulfato, mientras que en menor concentración se encuentran el nitrato,

calcio, potasio. De estos componentes mayoritarios solo el magnesio, cloro, sulfato y nitrato se encuentran normados según la NCh N°409/1, mientras que el cloro y sulfato lo están por la NCh N°1333. Todos estos elementos normados se encuentran por debajo de los límites máximos de concentración que se requieren tanto en el agua potable como en el agua de riego.

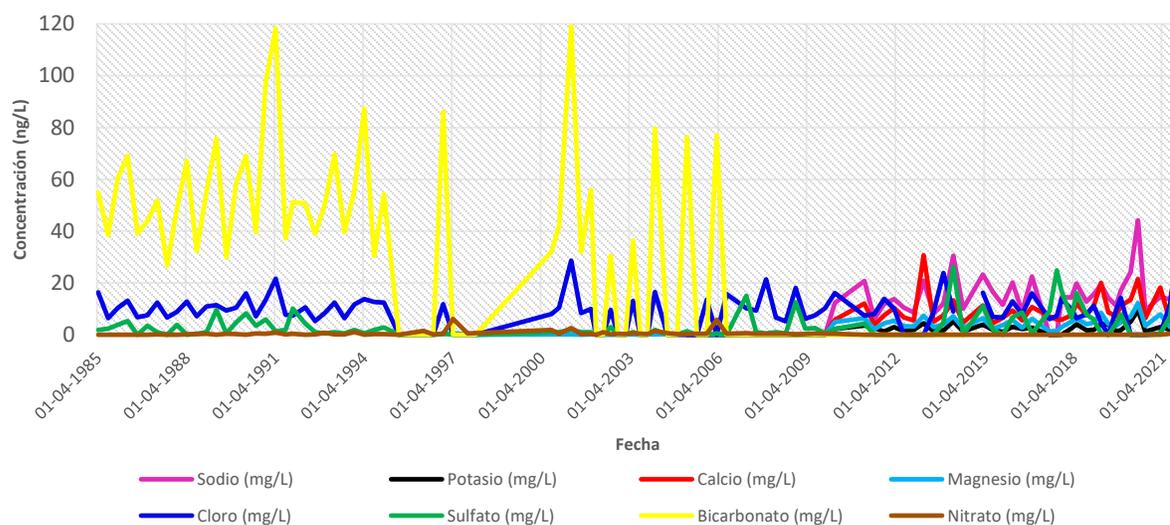


Figura 5.19: Gráfico concentración (mg/L) de elementos mayores vs. tiempo, medidos por la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 1985-2021.

De los elementos graficados en la Figura 5.19, destacan por su alta concentración el bicarbonato, sodio, calcio y cloro, mientras que en menor concentración se encuentran el nitrato, magnesio, potasio y el sulfato. De estos componentes mayoritarios solo el magnesio, cloro, sulfato y nitrato se encuentran normados según la NCh N°409/1, mientras que el cloro y sulfato lo están por la NCh N°1333. Todos estos elementos normados se encuentran por debajo de los límites máximos de concentración que se requieren tanto en el agua potable como en el agua de riego.

Otro componente mayoritario para considerar es el sodio porcentual, normado por la NCh N°1333 y cuyo valor no debe superar el 35%. Este indica la relación entre la concentración del ion sodio en meq/L y la suma de las concentraciones de los iones calcio, magnesio, potasio y sodio, todos ellos graficados en la Figura 5.19, y no normados en forma independiente. Los porcentajes calculados para ambas estaciones se muestran en la Tabla 5.8 y 5.9.

Tabla 5.8: Sodio porcentual calculado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 2010-2021.

Fecha	Sodio porcentual (%)						
30-03-2010	10,71	14-11-2013	14,05	16-06-2017	-----	02-09-2019	15,09
16-03-2011	12,02	20-03-2014	12,69	07-09-2017	-----	20-11-2019	18,75
18-07-2011	4,67	10-07-2014	14,72	07-11-2017	-----	03-03-2020	10,42
17-11-2011	16,93	17-03-2015	12,24	15-03-2018	11,27	03-06-2020	11,87
06-03-2012	9,29	20-07-2015	16,80	29-05-2018	10,28	04-09-2020	13,19
24-07-2012	14,40	11-11-2015	18,97	06-09-2018	14,15	03-03-2021	10,44
12-11-2012	8,59	07-03-2016	13,05	04-12-2018	15,91	02-07-2021	12,45
28-03-2013	10,93	18-07-2016	7,79	07-03-2019	10,76	12-08-2021	12,10
19-07-2013	10,66	15-11-2016	15,89	04-06-2019	7,53	29-10-2021	17,93

Fecha	Sodio porcentual (%)
30-03-2010	38,25
30-06-2021	13,61
26-10-2021	21,68
08-12-2021	14,41

Tabla 5.9: Sodio porcentual calculado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en el Arrayán para el año 2021.

En ambas tablas, se puede notar como el sodio porcentual no sobrepasa el 20-22%, exceptuando el 38,25% del 30 de marzo del año 2010. Salvo este último, el resto se encuentra dentro de la normativa de agua para riego.

III. Otros componentes normados

Además de determinar la concentración de los elementos mayores, también se analizó la concentración de los sólidos disueltos totales y de 12 elementos traza totales en los APR; y de 14 elementos traza totales en las estaciones de calidad de aguas río Cauquenes en Desembocadura y en el Arrayán: aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio y zinc, todos ellos normados, ya sea por la norma NCh N°409/1, NCh N°1333 o ambas. Las concentraciones de todos estos parámetros se detallan en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10: Concentraciones de SDT, Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, Se y Zn en mg/L, en los pozos APR muestreados. En color rojo se destacan las casillas en el límite de las NCh 409/1 y 1333.

Nombre del pozo	SDT	Arsénico	Cadmio	Cobalto	Cobre	Hierro	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc
APR Loanco	213	0,003	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,001	0,03	0,02	0,001	0,01
APR Coronel de Maule	132	0,001	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,001	0,03	0,02	0,001	0,03

A pesar de que solo se cuenta con una medición efectuada el año 2017 en cada APR, y que gran parte de los datos son menores a la sensibilidad del instrumento, es preciso mencionar que la calidad de agua de ese momento en particular presentó algunos valores en el límite de la Norma Chilena N°409/1 y N°1333, como el cadmio y el mercurio, pero dado que corresponden a medidas por debajo de la sensibilidad del instrumento, no se sabe con certeza qué tan bajo es este dato, pero sí que sería inferior al de las normas de agua potable y de riego.

Tanto el APR Loanco como el APR de Coronel de Maule en el informe “Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de la Región del Maule”, realizado por la DGA el año 2018, fueron catalogados con un índice de calidad de aguas excepcional, lo cual quiere decir que su calidad permite asegurar que, ninguno de los parámetros considerados afecta a la salud humana o su percepción de las características organolépticas. Por lo tanto, el agua es apta para el consumo humano. Estas aguas cumplen, en general, con la normativa de calidad de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que en general es más estricta que la Norma Chilena de Agua Potable NCh N°409 (DGA, 2009).

En relación al APR Chovellén, ubicado en la comuna de Pelluhue, dado que no cuenta con datos respecto a la calidad de sus aguas subterráneas, es que es recomendable realizar un muestreo, análisis y posterior estudio de las aguas de este pozo APR a fin de complementar y comparar los resultados con el estudio de calidad de aguas realizado por la DGA el año 2018.

Ahora, dado que gran parte de las concentraciones totales de elementos traza disponibles para la estación río Cauquenes en el Arrayán se encontraban bajo el límite de sensibilidad del instrumento, es que se utilizó el consenso de multiplicar cada concentración por 0,5 para poder utilizar así dichos datos (V. Oliveros, comunicación personal, 20 de septiembre de 2021).

Así al realizar este arreglo y graficar las concentraciones, se puede notar como en a) y b) de la Figura 5.20 destacan con una alta concentración elementos como el hierro y el aluminio, seguido del manganeso. De estos elementos, tanto el hierro como el manganeso presentan una gran cantidad de valores anómalos que sobrepasan la NCh N°409/1 y en menor medida la NCh N°1333.

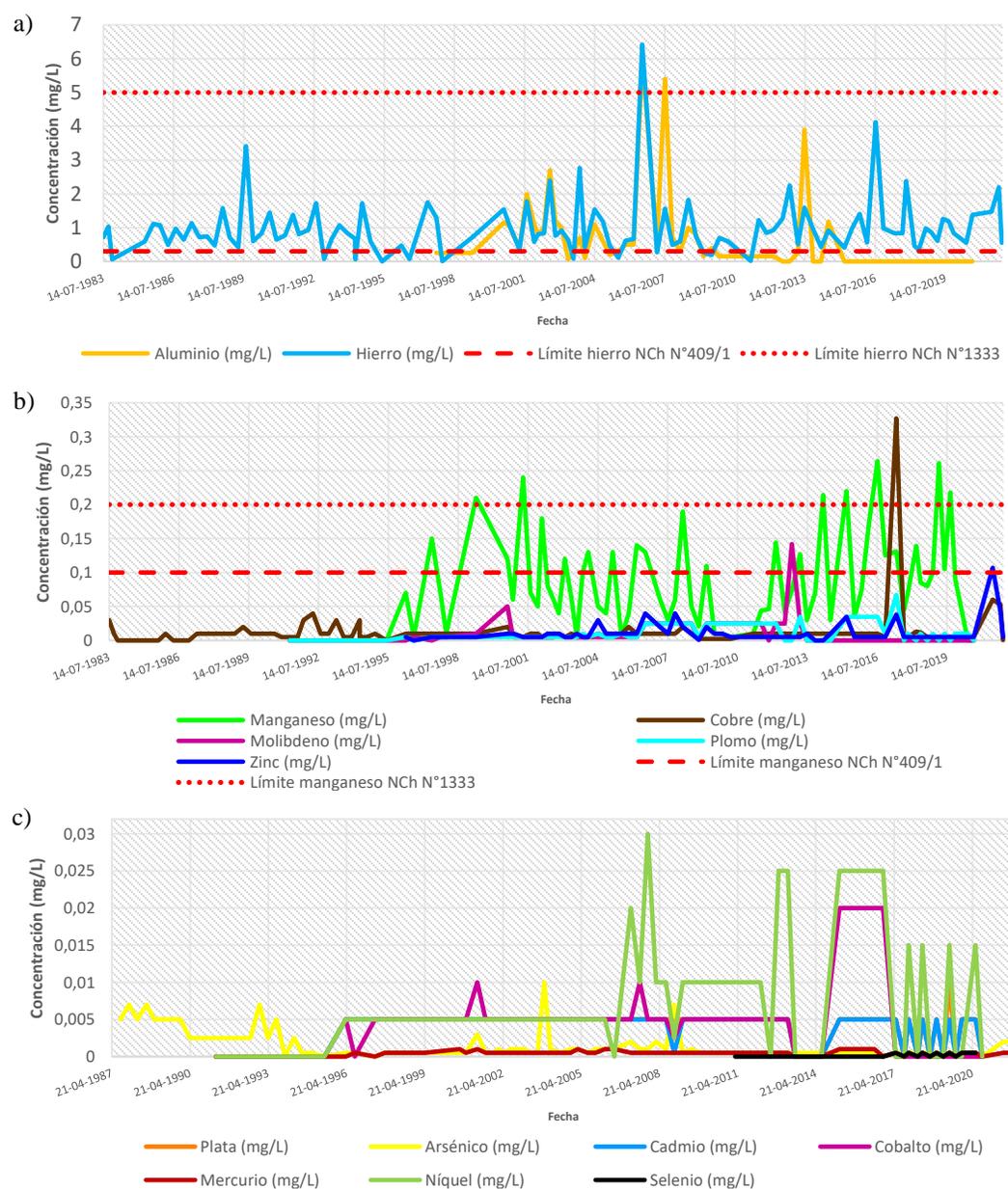


Figura 5.20: Gráfico de concentración de elementos traza total vs. tiempo, elaborado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en el Arrayán para el periodo 1983-2021. a) Gráfico de concentración de elementos traza vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración máxima puede superar los 6 mg/L; b) Gráfico de concentración de elementos traza total vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración máxima se encuentra entre 0,1 mg/L y 0,35 mg/l; c) Gráfico de concentración de elementos traza total vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración es inferior o igual a 0,03 mg/L.

En relación al Fe, este se encuentra en forma natural en el agua subterránea en forma disuelta cuyos niveles de concentración van entre rangos de 0 a 50 mg/l. Este por sí mismo normalmente no causa ningún problema en su forma más soluble en condiciones reductoras a hierro II, no así al oxidarse a hierro III (hidróxido insoluble), generando un compuesto rojo corrosivo (DGA, 2021). En este caso, dado que no se cuenta con información del potencial redox, no se puede determinar si la muestra se encontraba en estado oxidado o reducido.

Respecto a su alta concentración, este es considerado un contaminante de origen natural típico para uso de agua potable, tanto en aguas superficiales como subterráneas, que potencialmente estaría relacionado con concentraciones naturalmente anómalas de parámetros en la corteza terrestre, las cuales corresponden a las zonas en donde se ubican, por ejemplo, yacimientos minerales. Debido a lo anterior, el mayor riesgo de contaminación por causas de origen natural se presenta en las regiones del norte de Chile debido a las bajas tasas de precipitación (DGA, 2009), no así en el caso de la Región del Maule.

Referente al manganeso, este se encuentra en forma natural en el agua subterránea de manera disuelta, mediante procesos de lixiviación, en donde las concentraciones pueden llegar a los 1,50 mg/l o más. Este ion en concentraciones superiores a 0,1 mg/L, imparte un sabor indeseable a las bebidas y mancha los accesorios de plomería y la ropa al lavar (Griffin, 1960 en DGA, 2021). Cuando los compuestos de manganeso (II) en solución se oxidan, el manganeso precipita, lo que da lugar a problemas de incrustaciones. En concentraciones tan bajas como 0,02 mg/l, el manganeso puede formar recubrimientos en las tuberías de agua que luego pueden desprenderse como un precipitado negro (Bean, 1974, en DGA, 2021).

Por vía oral, el manganeso se considera a menudo como uno de los elementos menos tóxicos, aunque existe cierta controversia sobre si hay efectos neurológicos vinculados a la exposición oral (WHO, 2011).

Respecto a su alta concentración por sobre la NCh N°409/1 para agua potable, las razones no son muy claras, y tampoco consiste en un contaminante de origen natural como el Fe según el “Diagnostico de calidad de aguas subterráneas de la Región del Maule”, realizado por la DGA el año 2018.

En cuanto al molibdeno, pese a su baja concentración en b) de la Figura 5.20, esta muestra una gran cantidad de valores por sobre la NCh N°1333 para agua de riego, considerando la corrección realizada a este elemento.

Con respecto a los STD (sólidos disueltos totales), como solo se contaba con dos mediciones puntuales realizadas el año 2021, correspondientes a 70 y 79 mg/L, ambos dentro de las normas chilenas para agua potable y para agua de riego, es que no fue necesario incluirlos en el gráfico de la Figura 5.20.

En relación al resto de las concentraciones totales de elementos traza (b) y c) de la Figura 5.20), solo se han observado valores anómalos en forma puntual en ciertos años, en elementos como el cobre y el aluminio por sobre la NCh N°1333; y en elementos como el plomo e inclusive el mercurio por sobre la NCh N°409/1.

Al igual que en la estación río Cauquenes en el Arrayán, se hizo la corrección a los datos de la estación río Cauquenes en Desembocadura para su manipulación, por medio del consenso de multiplicar por 0,5 todas aquellas concentraciones por debajo de la sensibilidad del instrumento.

Al realizar esta corrección y graficar las concentraciones, se puede notar como en a) y b) de la Figura 5.21, destacan con una alta concentración elementos como el hierro y el aluminio, seguido del manganeso. De estos elementos, tanto el hierro como el manganeso presentan una gran cantidad de valores anómalos que sobrepasan la NCh N°409/1 y en menor medida la NCh N°1333. En relación a las altas concentración de Fe y Mn, la explicación es la misma que la dada para la Figura 5.20.

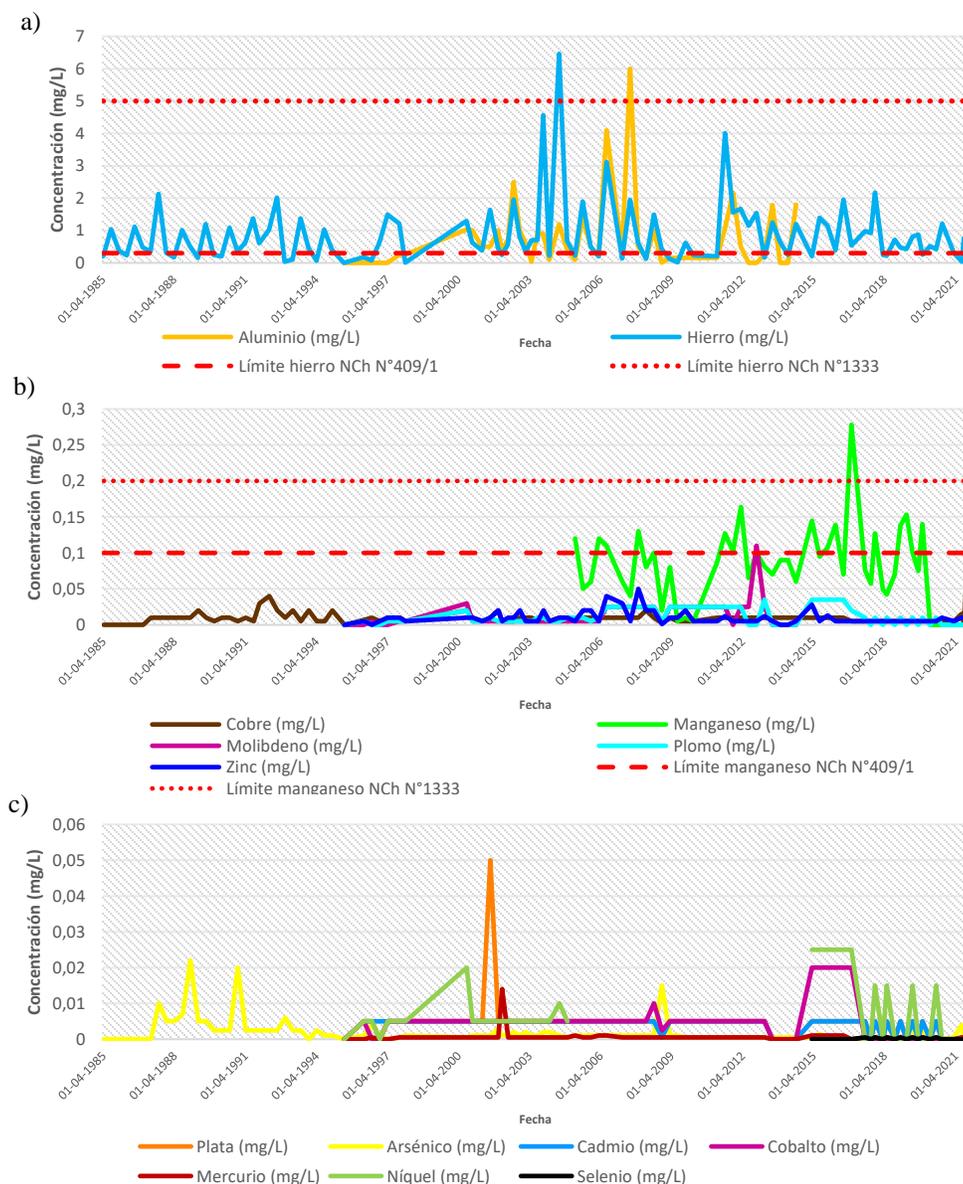


Figura 5.21: Gráfico concentración de elementos traza total vs. tiempo, elaborado a partir de los datos disponibles de la estación río Cauquenes en Desembocadura para el periodo 1983-2021. a) Gráfico de concentración de elementos traza vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración máxima puede superar los 6 mg/L; b) Gráfico de concentración de elementos traza total vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración máxima se encuentra entre 0,05 mg/L y 0,3 mg/l; c) Gráfico de concentración de elementos traza total vs. tiempo para aquellos elementos cuya concentración es inferior o igual a 0,05 mg/L.

En cuanto al molibdeno, pese a su baja concentración en b) de la Figura 5.21, esta muestra una gran cantidad de valores por sobre la NCh N°1333 para agua de riego, considerando la corrección realizada a este elemento.

Por otro lado, cabe mencionar que estos 3 elementos: hierro, manganeso y molibdeno, exhiben una menor cantidad de concentraciones anómalas en comparación a lo que sucede en la estación ubicada en la cabecera del río Cauquenes.

Con respecto a los STD, como solo se contaba con dos mediciones puntuales realizadas el año 2021, correspondientes a 87 y 120 mg/L, ambos dentro de las normas chilenas para agua potable y para agua de riego, es que no fue necesario incluirlos en el gráfico de la Figura 5.21.

Finalmente, en relación al resto de las concentraciones totales de elementos traza (b) y c) de la Figura 5.21), solo se han observado valores anómalos en forma puntual en ciertos años en elementos como el aluminio y el mercurio por sobre la NCh N°1333; y en elementos como el arsénico y el mercurio por sobre la NCh N°409/1.

5.2.2. Climatológicos

5.2.2.1. Temperatura máxima promedio del aire

A modo de constatar el alza de las temperaturas en las zonas de estudio y los posibles impactos identificados en el catastro sobre el estado de los bienes comunes, es que solo se han graficado para estos efectos el valor de la temperatura máxima promedio mensual de los meses de verano de aquellas estaciones contenidas o cercanas a las subcuencas de estudio. En particular, se han tomado los valores disponibles del explorador de cuenca CAMELS para la subcuenca río Cauquenes (a) y b) de la Figura 5.22), y de la estación agroclimática Lomas y climatológica Chanco-INIA para el caso de la subcuenca río Chovellén y Pinotalca, respectivamente (c) y d) de la Figura 5.22).

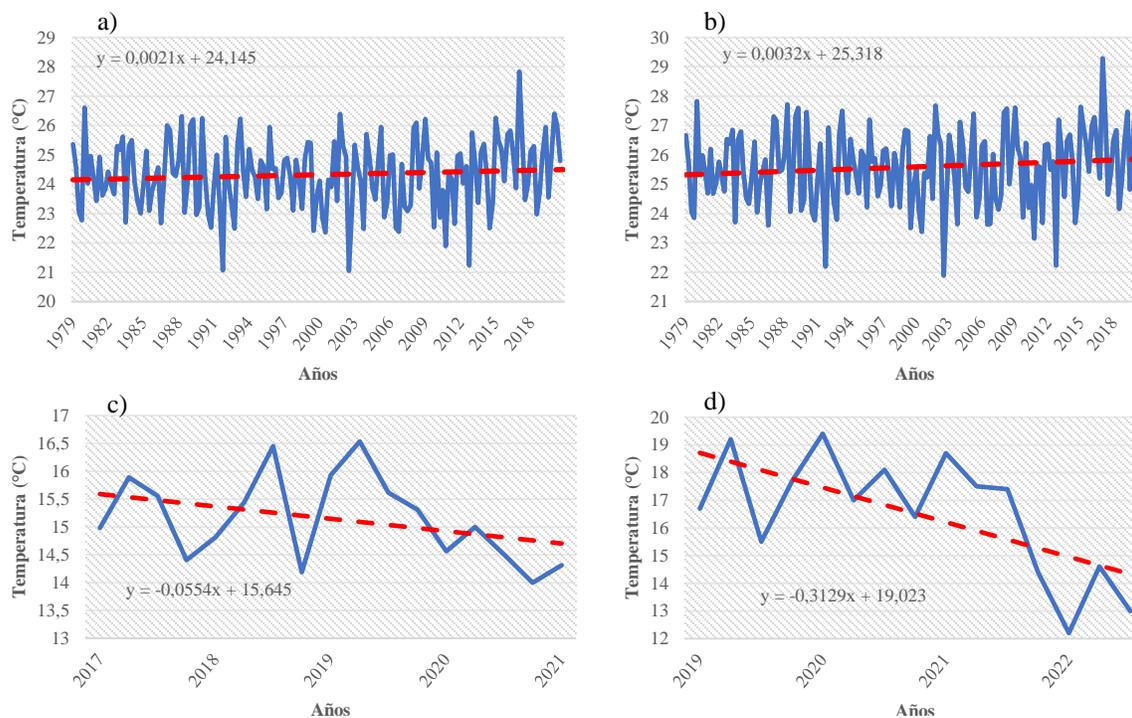


Figura 5.22: Gráficos T° promedio máxima mensual vs. tiempo. a) Gráfico T° máxima promedio mensual para el varano del periodo 1979-2020, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en el Arrayán; b) Gráfico T° máxima promedio mensual para el varano del periodo 1979-2020, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en Desembocadura; c) Gráfico T° máxima promedio mensual para el varano del periodo 2017-2021, elaborado a partir de los datos de la estación agroclimatica Lomas; d) Gráfico T° máxima para el varano del periodo 2019-2022, elaborado a partir de los datos de la estación Chanco-INIA.

De acuerdo a la Figura 5.22, se evidencia un alza en las temperaturas máximas para el verano periodo 1979-2020 en la subcuenca río Cauquenes. Por el contrario, se observa una disminución en este parámetro para las temporadas de verano del periodo 2018-2021 en la zona de Pelluhue, y para las temporadas de verano del periodo 2019-2022 en la zona de Chanco (c) y d) de la Figura 5.22, respectivamente). Estos dos últimos, no son representativos dado el rango acotado de datos del que dispone, por lo que no es factible realizar una interpretación.

El porcentaje promedio de alza de las temperaturas máximas registrado en las estaciones río Cauquenes en el Arrayán y río Cauquenes en Desembocadura es de un 3,8% y 4,9%, respectivamente, al comparar el verano del año 1979 con respecto al verano del año 2020.

A modo de visualizar de mejor forma la variación espacio-temporal de esta variable en las 3 subcuencas de estudio, es que se ha calculado por medio del promedio de imágenes ráster de los meses de verano que contenían información referente a las temperaturas máximas de cada mes, las

temperaturas máximas promedio para los veranos del periodo 1964-2018. Los resultados de este cálculo se ilustran en la Figura 5.23.

Respecto a las imágenes ráster utilizadas para este cálculo, estas fueron extraídas desde la página web de WorldClim, quienes cuenta con bases de datos a nivel global desde el año 1960 aproximadamente hasta el año 2018, para variables como la temperatura promedio máxima, temperatura promedio mínima y precipitación total. Dicha base de datos están reducidos de CRU-TS-4.03 (Harris et al., 2013) por la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, utilizando WorldClim 2.1 para la corrección del sesgo (Fick and Hijmans, 2017).

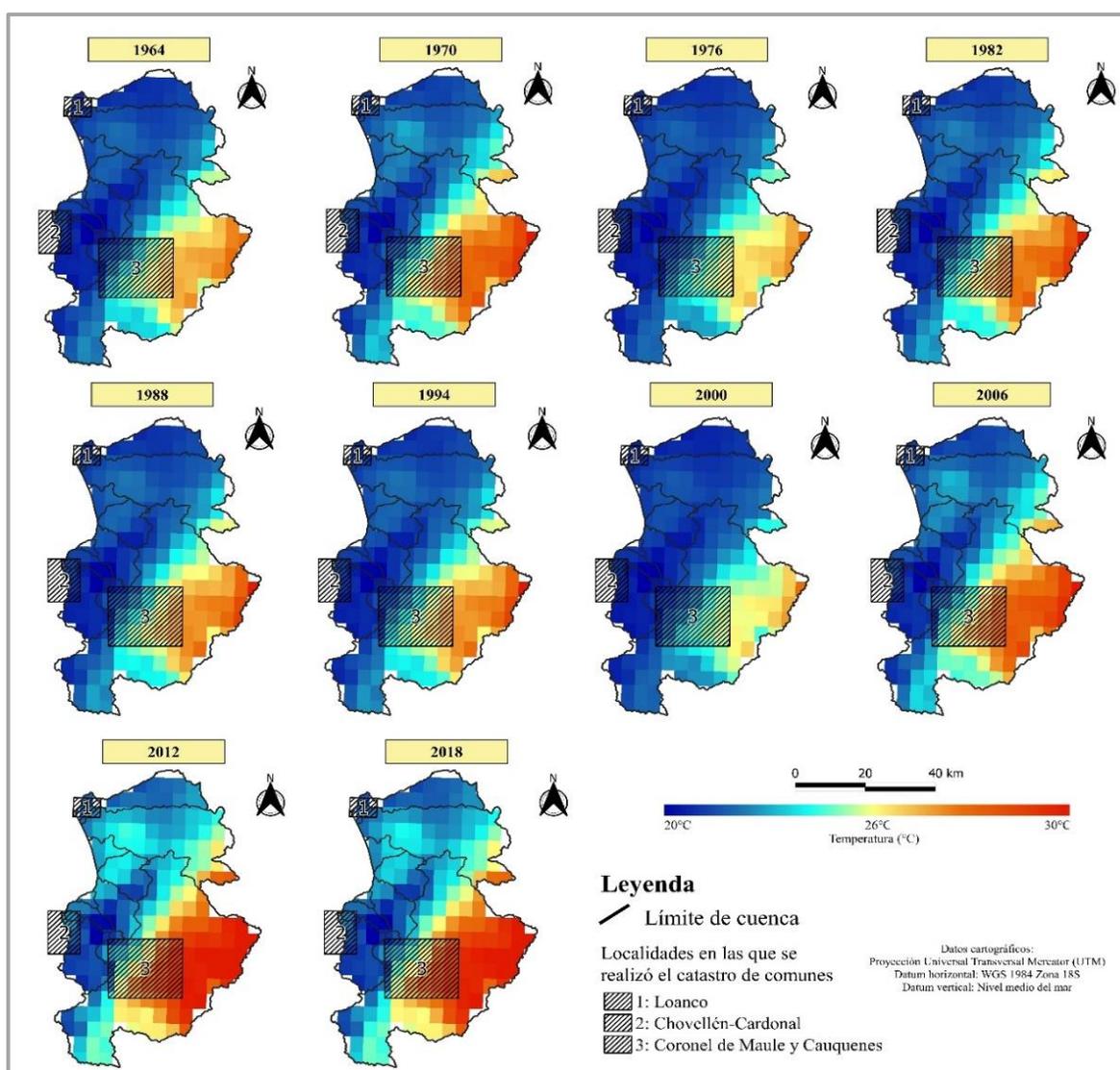


Figura 5.23: Temperatura máxima promedio para el periodo 1964-2018. Elaboración a partir de capas vectoriales disponibles en <https://www.worldclim.org/>.

De esta figura, se destaca como la zona de la subcuenca río Cauquenes ha experimentado las mayores alzas en las temperaturas máximas durante las temporadas de verano del periodo 1964-2018, pasando de temperaturas cercanas a los 20° en la cordillera de la Costa y entre 26-27°C hacia la depresión Central, a 25-30°C en la totalidad de la subcuenca en la actualidad.

En cuanto a las subcuencas río Chovellén y río Pinotalca, se ha evidenciado una ligera alza en las temperaturas máximas a partir del verano del año 2006, pasado desde temperaturas entre los 20-24°C a experimentar temperaturas cercanas a los 26°C.

Por otra parte, dado que no se dispone de un amplio rango de datos para la temperatura promedio máxima en la estación más cercana a la subcuenca río Pinotalca, aunque si para la temperatura promedio mensual, es que se procedió a utilizar los valores disponibles de la estación agroclimática Chanco, disponibles en el sitio AGROMET, cuya visualización se muestra tanto en a) como en b) de la Figura 5.24.

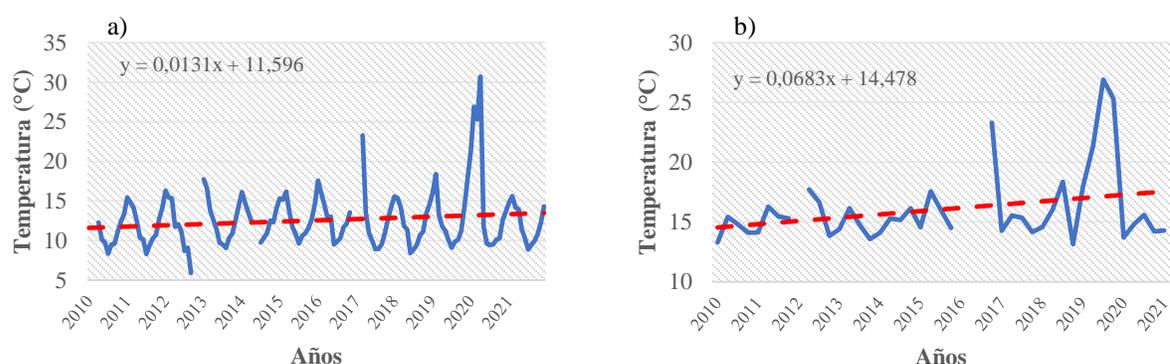


Figura 5.24: Gráficos temperatura promedio mensual vs. tiempo. a) Gráfico temperatura promedio mensual para el periodo 2010-2021 en la zona de Chanco; b) Gráfico temperatura promedio mensual para los veranos del periodo 2010-2021 en la zona de Chanco.

Tanto en a) como en b) de la Figura 5.24, se advierte como la temperatura promedio mensual ha aumentado, lo cual se visualiza en forma más notoria a nivel estacional para la temporada de verano.

Dicho incremento ha sido de un 1,1% desde la temporada de verano del año 2011 comparado a la del año 2021, siendo el verano del año 2020 el más cálido registrado. A nivel anual este aumento en la temperatura promedio mensual ha sido de un 2,21%.

5.2.2.2. Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)

A modo de ejemplificar el déficit hídrico en las zonas de estudio y con ello de la sequía, es que se ha decidido representar uno de los indicadores utilizados en el monitoreo de la sequía meteorológica en Chile y recomendado por La Organización Meteorológica Mundial (OMM): el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE).

El IPE (McKee, 1993) corresponde al número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico. Cuenta con una escala que toma valores entre 2 y -2, donde valores por debajo de -1 indican condiciones de déficit significativos, mientras que valores mayores que +1 indican condiciones más húmedas que lo normal (Tabla 5.11).

Valor	Categoría
≥ 2	Extremadamente lluvioso
$[1,5 - 2 [$	Lluvioso
$[1 - 1,5 [$	Moderadamente lluvioso
$[0,5 - 1 [$	Ligeramente lluvioso
$[0,5 - 0 [$	Normal
$[0 - (-0,5) [$	Normal
$[(-0,5) - (-1) [$	Ligeramente seco
$[(-1) - (-1,5) [$	Moderadamente seco
$[(-1,5) - (-2) [$	Seco
≤ -2	Extremadamente seco

Tabla 5.11: Rango del Índice de Precipitación Estandarizada. Modificado de McKee (1993).

Este índice está disponible para diferentes periodos de acumulación: 1, 3, 6, 9, 12, 24, 36 o 48- meses, lo cual permite evaluar la duración de las condiciones de sequía y superávit para diferentes escalas de tiempo. Para estos efectos, se utilizó un periodo de acumulación de 4 años (48 meses) tomando como punto de partida el mes de julio con el objetivo de poder abarcar un mayor rango de tiempo y de identificar eventos de sequías de mayor duración, puesto que, a un menor periodo de acumulación, mayor es la probabilidad de identificar anomalías puntuales, cuya sumatoria en un mayor rango de tiempo podrían traducirse de igual manera en una gran sequía. La visualización de esta variable se muestra en la Figura 5.25.

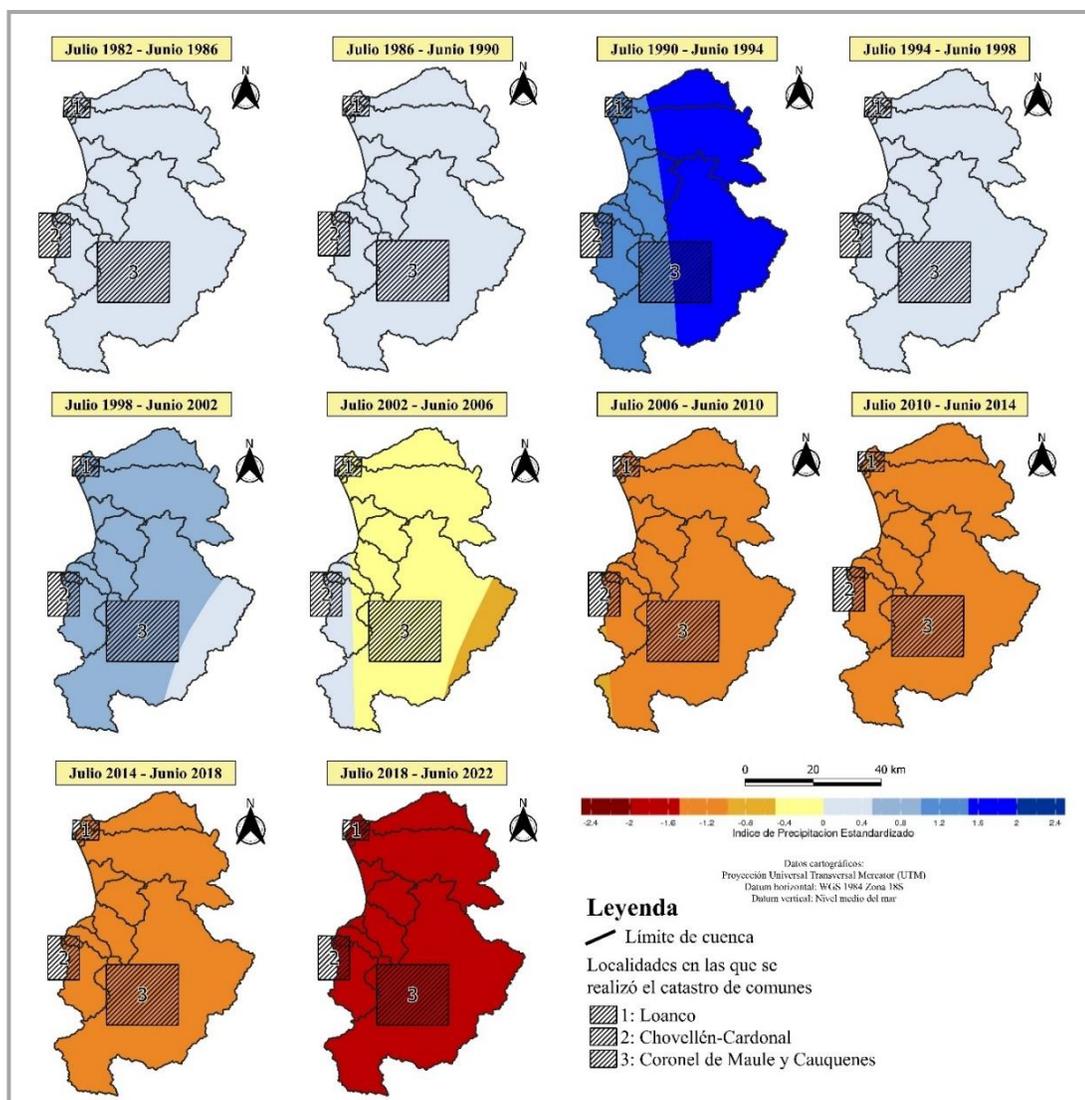


Figura 5.25: IPE para el periodo 1982-2022. Modificado de NOAA NCEP Climate Prediction Center.

La Figura 5.25 ilustra el comportamiento de la precipitación para una escala de tiempo de 48 meses, donde a partir del año 2002 se comienzan a evidenciar los primeros signos de una disminución en el régimen de precipitaciones, pasando desde la costa con un régimen normal a ligeramente seco en el extremo E de la subcuenca río Cauquenes. Ya desde el año 2006 en adelante, se percibe un IPE negativo en la totalidad de las subcuencas de estudios, experimentándose condiciones moderadamente secas entre el 2006 y mediados del año 2018, a secas en el periodo 2018-2022.

Lo anterior evidencia que el comienzo de la gran megasequía y con ello del déficit de las precipitaciones comenzó en el año 2006 y se ha mantenido hasta el presente.

Otra forma de constatar lo anteriormente descrito, es por medio de gráficos IPE vs. tiempo para las tres comunas de estudio: Cauquenes, Chanco y Pelluhue (Figura 5.26).

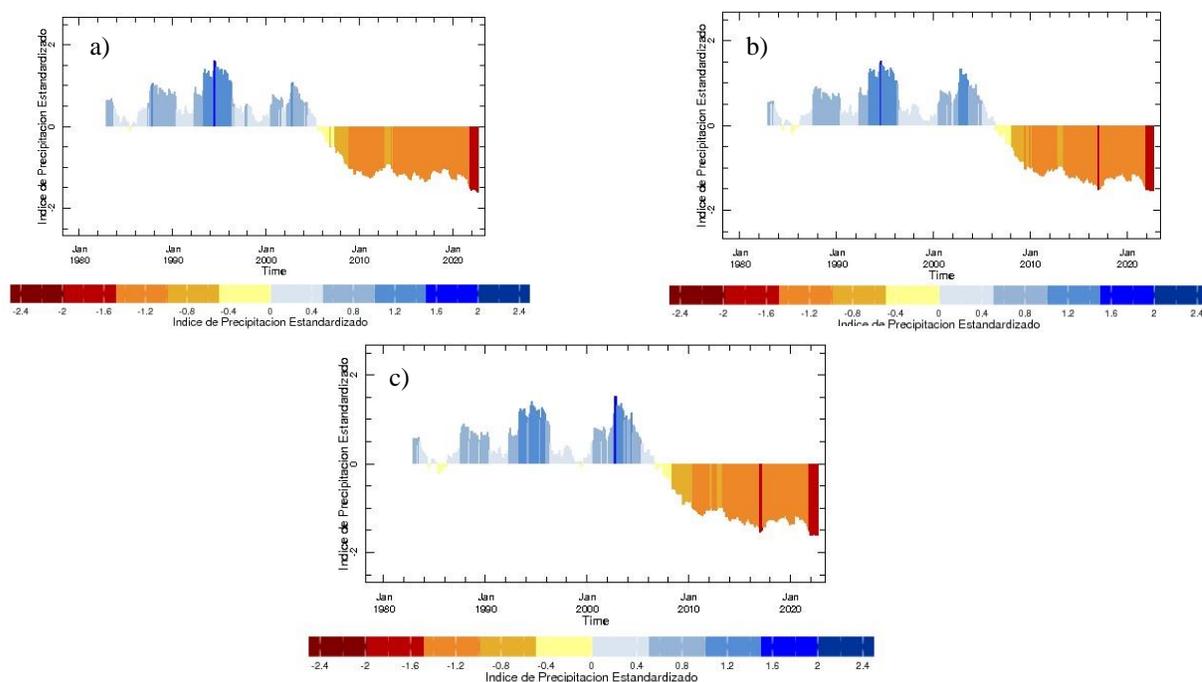


Figura 5.26: Gráficos IPE vs. tiempo para las 3 comunas de la Provincia de Cauquenes. a) Gráfico IPE vs. tiempo para la comuna de Cauquenes; b) Gráfico IPE vs. tiempo para la comuna de Chanco; c) Gráfico IPE vs. tiempo para la comuna de Pelluhue. Modificado de NOAA NCEP Climate Prediction Center.

A diferencia de lo expuesto en la Figura 5.25, tanto en a) como en b) y c) de la Figura 5.26 se observan distintos comienzos para el cambio en el régimen de precipitaciones y con ello de la megasequía. En concreto para las 3 comunas de la Provincia de Cauquenes se advierte que el déficit en el régimen de lluvias comenzó desde el año 2008 aproximadamente.

5.2.2.3. Precipitaciones

Dada la situación crítica de disponibilidad hídrica que se encuentra azotando el país y a las zonas de estudio, como consecuencia en primera instancia de la megasequía asociada a las menores precipitaciones y al aumento de las temperaturas, es que se hace necesario constatar si ha existido una baja considerable en las precipitaciones en las zonas de estudio por medio de la visualización de su variación espacio-temporal, en conjunto con el análisis de sus impactos y fenómenos de variabilidad climática asociados el ciclo ENOS: El Niño y la Niña.

Para la representación de esta variable se ha calculado la precipitación promedio anual por medio del promedio de 12 imágenes ráster que contenían información respecto de la precipitación total mensual (mm). Los resultados de este cálculo, se muestra en la Figura 5.27.

En cuanto a las imágenes ráster utilizadas para el cálculo de esta variable, estas fueron extraídas al igual que los ráster para el cálculo de T° , desde la página web WorldClim.

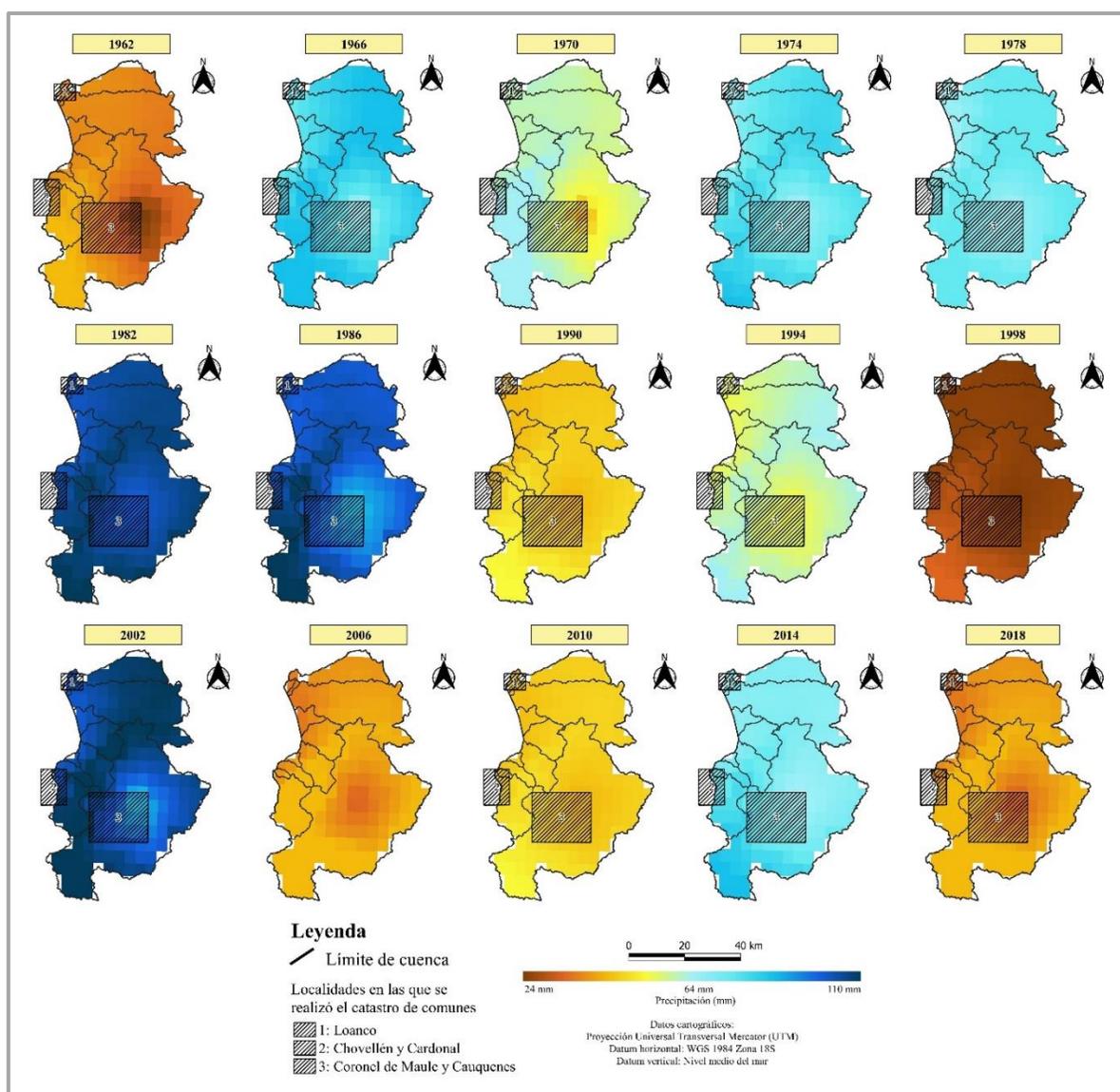


Figura 5.27: Precipitación promedio anual para el periodo 1962-2018. Elaboración a partir de capas vectoriales disponibles en <https://www.worldclim.org/>.

De la Figura 5.27, se desprende que la precipitación promedio anual en el periodo 1964-2018 no posee una clara tendencia al decrecimiento. Lo anterior si es posible observarlo por medio de gráficos, como los de la Figura 5.28, donde tanto en las estaciones pluviométricas ubicadas en la cabecera como en la desembocadura del río Cauquenes se ha evidenciado un déficit en las precipitaciones en el periodo 1979-2019 (a y b de la Figura 5.28), no así en la zona de Chanco (c de la Figura 5.28), donde se ha constatado un alza en el régimen pluviométrico en el periodo 2019-2022, aunque dado que este último solo consta de un rango acotado de datos, es que no resultan representativos para efectuar una interpretación.

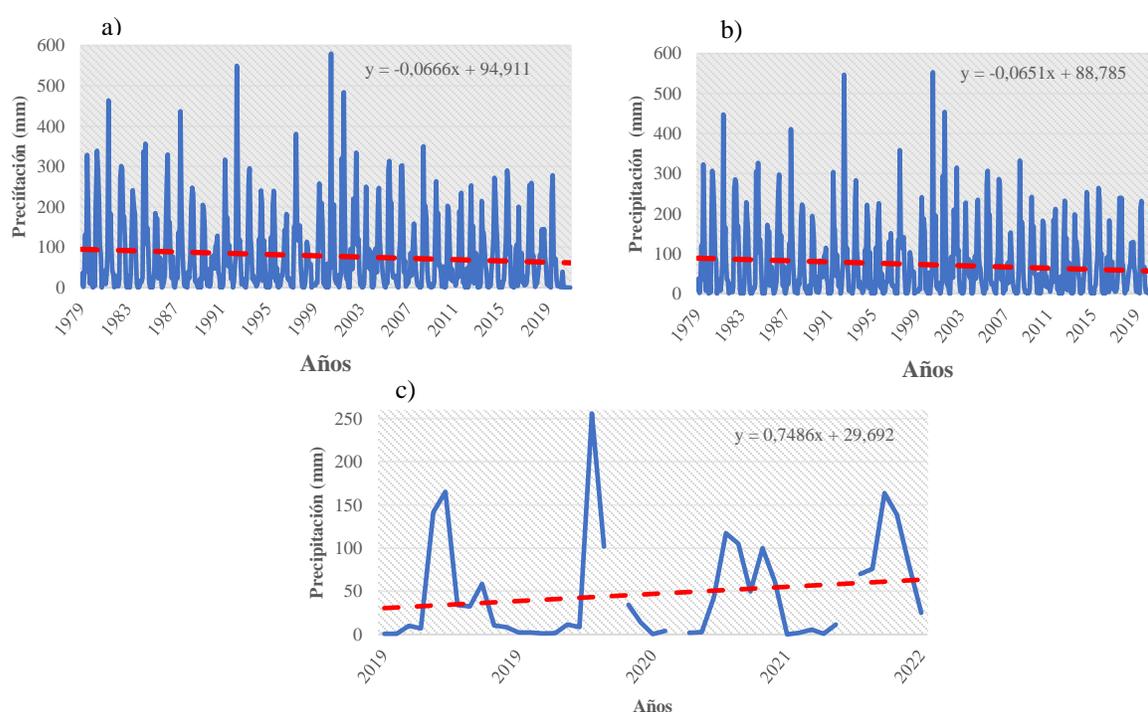


Figura 5. 28: Gráficos precipitación mensual acumulada (mm) vs. tiempo. a) Gráfico precipitación mensual acumulada para el periodo 1979-2019, elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en el Arrayán; b) Gráfico precipitación mensual acumulada para el periodo 1979-2019 elaborado a partir de los datos de la estación río Cauquenes en Desembocadura; c) Gráfico precipitación mensual acumulada para el periodo 2019-2022, elaborado a partir de los datos de la estación climatológica Chanco-INIA.

Pese a lo anterior, se puede advertir en la Figura 5.27 como los años 1982, 1986 y 2002 resultaron ser extremadamente lluviosos, mientras que el año 1998 resultó ser extremadamente seco. Lo anterior se debe a fenómenos de variabilidad climática que azotaron al país en ese tiempo, en concreto, el año 1998 en conjunto con el año 1968, según el registro oficial de la Dirección

Meteorológica de Chile, corresponden a 2 de los 3 años más secos del siglo XX en Chile (Camus & Jaksic, 2021).

Por otro lado, en el año 1982 se registró en el país uno de los eventos climáticos extremos de impacto a escala planetaria denominado el fenómeno “El Niño”. Este se trata de un fenómeno natural asociado con importantes perturbaciones en los regímenes de lluvias en los trópicos, cuyos resultados continentales se reflejan en sequías en áreas donde en forma habitual llovía y precipitaciones torrenciales en zonas por lo general desérticas. En el caso de nuestro país este fenómeno afectó especialmente a las regiones entre Coquimbo y el Maule, y se manifestó por medio de intensas precipitaciones, las que provocaron la salida de ríos, esteros y canales afectando su infraestructura, equipamiento y vivienda (Camus & Jaksic, 2021).

En conclusión, la representación por medio de mapas de la precipitación promedio anual no permite observar con claridad un patrón claro a lo largo del tiempo, como si lo permite el índice de precipitación estandarizado (IPE), dado que este al analizar el comportamiento de las precipitaciones para distintos periodos ayuda a distinguir de mejor forma fenómenos de sequía meteorológica en el país. Pese a lo anterior, la Figura 5.27 permite distinguir fenómenos de variabilidad climática puntuales, lo que no son tan claramente visibles en el IPE y por medio de gráficas.

5.2.2.4. Humedad

La última variable climática de importancia a representar su variación temporal en las zonas de estudio constituye la humedad atmosférica o humedad relativa del aire, dado su estrecha relación con la generación de precipitaciones, y su influencia con ello en el ciclo hídrico. Esta se define como la cantidad de vapor de agua presente en el aire, la cual es expresada en las estaciones climatológicas como la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que se necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. Debido a lo anterior es que esta se expresa en porcentaje.

Los datos utilizados para representar este parámetro provienen de las estaciones agroclimatológicas: Cauquenes, Chanco y Lomas, de las comunas de Cauquenes, Chanco y Pelluhue respectivamente. Referente a la a visualización de esta variable para cada una de las comunas de estudio, estas se aprecian en la Figura 5.29.

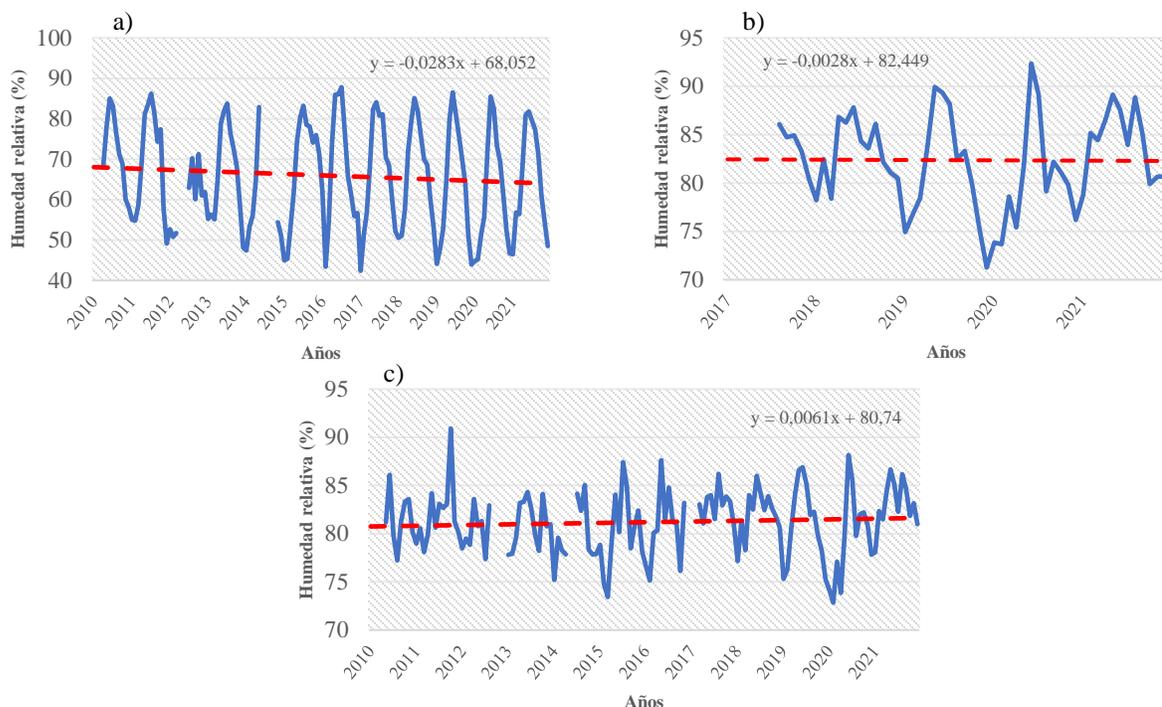


Figura 5.29: Gráficos humedad relativa promedio del aire (%) vs. tiempo. a) Gráfico humedad relativa promedio del aire para el periodo 2010-2021 a partir de los datos de la estación agroclimática Cauquenes; b) Gráfico humedad relativa promedio del aire para el periodo 2017-2021 a partir de los datos de la estación agroclimática Lomas; c) Gráfico humedad relativa promedio del aire para el periodo 2010-2021 a partir de los datos de la estación agroclimática Chanco.

El gráfico a) de la Figura 5.29 denota como la humedad relativa del aire en la zona de Cauquenes para el periodo 2010-2021 posee una tendencia a la disminución. Caso contrario ocurre en la zona de Chanco (c de la Figura 5.29), donde la línea de tendencia indica un ligero incremento de la humedad relativa del aire.

Luego, si se analiza el comportamiento de la humedad relativa del aire en forma estacional tanto en la zona de Cauquenes como de Chanco, se percibe una clara tendencia a la disminución durante la temporada de verano en la comuna de Cauquenes (a de la Figura 5.30) y no tan claramente visible sin la línea de tendencia en el caso de la comuna Chanco (b de la Figura 5.30) durante el periodo 2010-2021.

Respecto al porcentaje promedio de disminución registrado al comparar la humedad relativa del aire durante el verano del año 2010 con respecto al año 2021, esta es de un 5,038% en la zona de Cauquenes, mientras que en la zona de Chanco, se percibe un ligero incremento del 0,49% durante

este periodo, lo cual denota porque en b) de la Figura 5.29 no se percibe un patrón de tendencia tan claro.

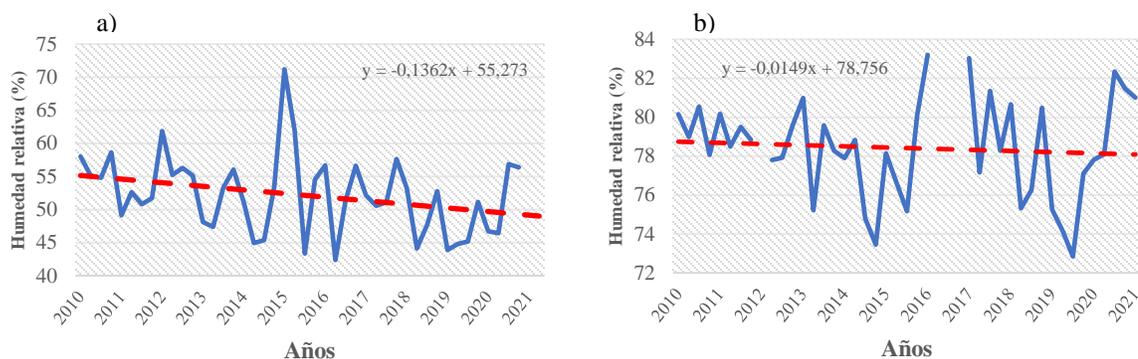


Figura 5.30: Gráficos humedad relativa del aire (%) para los meses de verano del periodo 2010-2021. a) Gráfico para la zona de Cauquenes; b) Gráfico para la zona de Chanco.

En cuanto a la humedad relativa del aire en la zona de Pelluhue (b de la Figura 5.29), pese a que en este se advierte un comportamiento similar al gráfico a) de la misma figura, su gráfico no es representativo dado el rango acotado de datos del que dispone.

5.2.3. Edafológicos

5.2.3.1. Tipo de uso de suelo

Dado que la cobertura de suelo juega un papel importante en la disponibilidad de agua, lo cual se ha determinado con diversos estudios quienes indican que un suelo con plantaciones exóticas tendería a disminuir el recurso hídrico, en comparación a que si se tuviera un suelo con vegetación nativa (Galleguillos, 2021), es que se hace necesario analizar el cambio de uso de suelo o tipo de cobertura a lo largo del tiempo.

El análisis de este parámetro se hizo en base al uso de capas vectoriales confeccionadas por CONAF el año 1999 y 2019, las que se encuentran disponibles en el catálogo de metadatos de los sitios web del Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF) y del Sistema de Información Territorial (SIT CONAF).

En primer lugar, en cuanto a la subcuenca río Cauquenes, los tipos de uso de suelo importantes de representar su variabilidad espacio-temporal, dado su relevancia para las localidades de Coronel de Maule y Cauquenes, corresponden a los de categoría 2, 3, concernientes a los suelos de uso

agrícola y praderas-matorrales, respectivamente; y a los sub-usos 4.1 y 4.2 referentes a plantación forestal y bosque nativo, correlativamente (Figura 5.31).

Por otra parte, referente a las subcuencas río Chovellén y Pinotalca, los tipos uso de suelo importantes de representar su variabilidad espacio- temporal, dado su relevancia para las localidades de Chovellén-Cardonal y Loanco, corresponden a los sub-usos plantación forestal y bosque nativo, respectivamente (Figura 5.31).

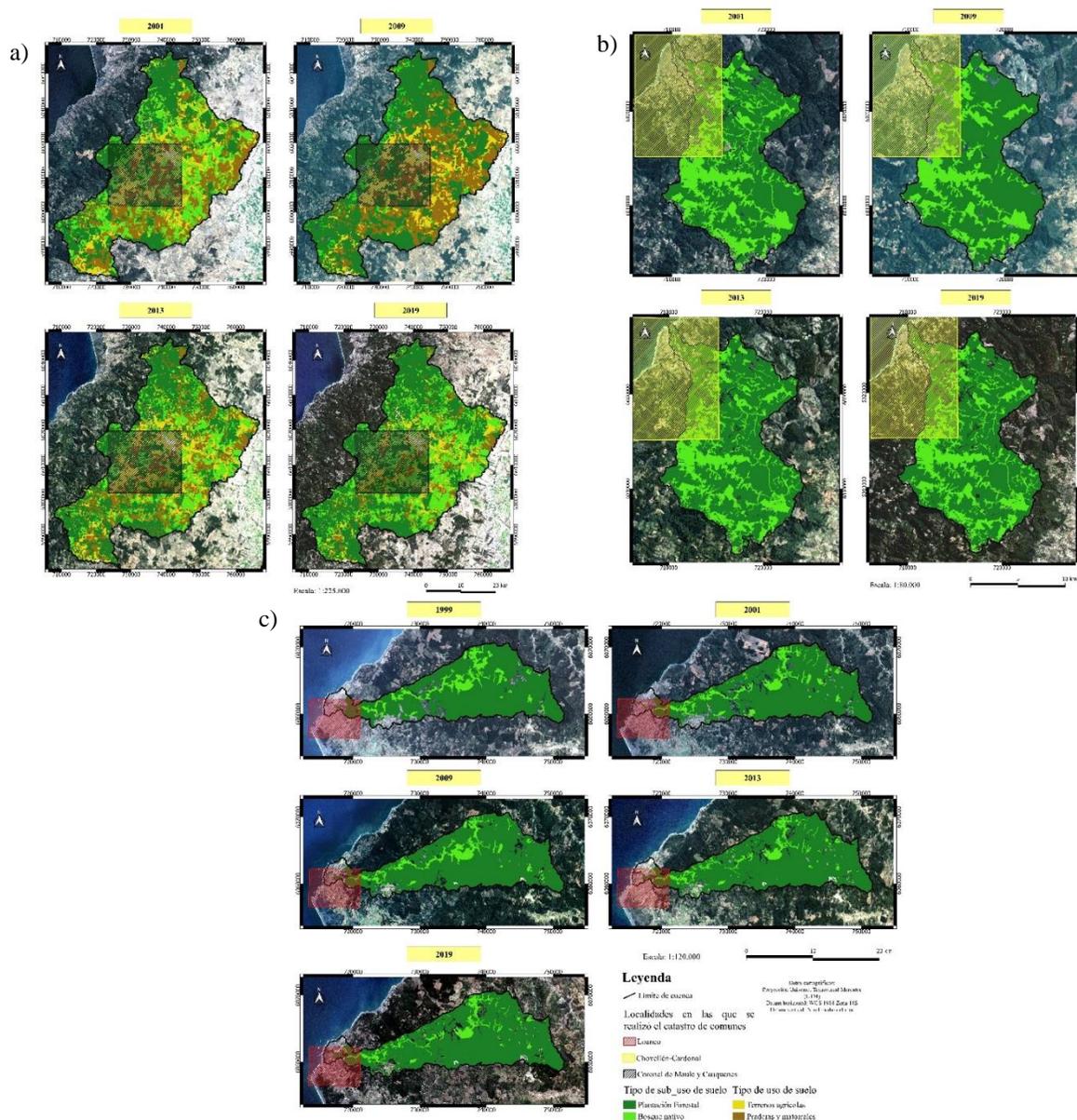


Figura 5.31: Cambios de usos de suelo en las subcuencas de estudio para el periodo 1999-2019. a) Cambio de uso de suelo para el periodo 2001-2019, en la subcuenca río Cauquenes; b) Cambio de uso de suelo para el periodo 2001-2019, en la subcuenca río Chovellén. c) Cambio de uso de suelo para el periodo 1999-2019, en la subcuenca río Pinotalca.

Al observar en detalle las Figura 5.31, se puede notar como no se distingue con claridad la evolución espacio-temporal del uso de suelo en las 3 subcuencas en cuestión, por lo que fue necesario representar su variación por medio de gráficos, como los de la Figura 5.32.

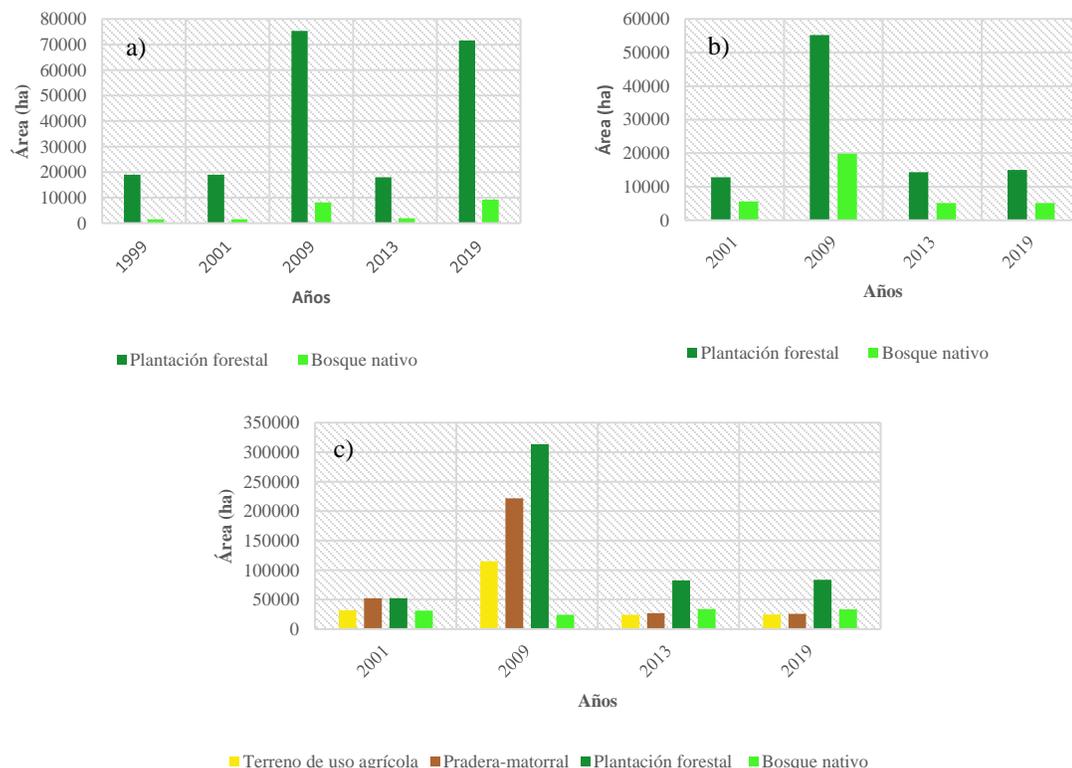


Figura 5.32: Áreas (ha) por tipo de uso de suelo vs. tiempo para el periodo 1999-2019. a) Para la cuenca del río Pinotalca; b) Para la cuenca del río Chovellén; c) Para la cuenca del río Cauquenes. Elaboración propia.

Al observar la Figura 5.32, se advierte como el cambio de uso de suelo desde el año 1999 al 2019, no ha sido consistente en el tiempo, ya que tanto en a), b) y c), se observa como en el año 2009, se produce un elevado aumento en la cantidad de hectáreas en los usos de suelo de interés, en comparación al resto de los años. Lo anterior, se puede deber simplemente a un error en el catastro del tipo de uso de suelo para ese año, ya que, si se eliminarán solo los datos del año 2009, el aumento de hectáreas de las plantaciones forestales y la disminución del bosque nativo sería gradual en el caso de la subcuenca río Chovellén, y abrupto en el caso de las plantaciones forestales de las subcuencas río Cauquenes y Pinotalca (Figura 5.33). Otras explicaciones a esta discrepancia pueden provenir de la fuente de los metadatos y de la metodología utilizada para la confección de estos, puesto que, referente a las capas vectoriales del año 2009, estas provienen del catastro de uso de suelo y vegetación disponible en el sitio web de SIT CONAF, mientras que respecto al resto de

las capas vectoriales utilizadas, estas proceden del catastro de cambio de uso de suelo entre el 2001-2019, confeccionado por medio de imágenes satelitales y de lenguaje de programación disponibles en el sitio web de SIMEF.

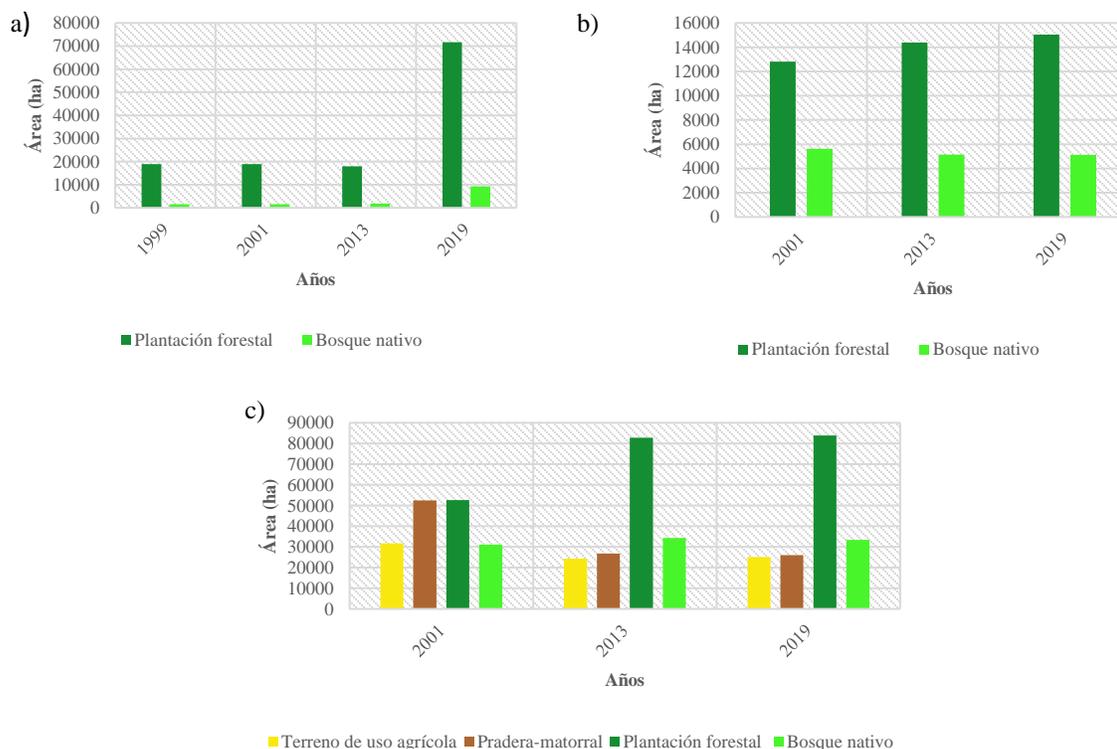


Figura 5.33: Áreas (ha) por tipo de uso de suelo vs, tiempo para el periodo 1999-2019, sin el uso de suelo del año 2009. a) Para la cuenca del río Pinotalca; b) Para la cuenca del río Chovellén; c) Para la cuenca del río Cauquenes. Elaboración propia.

En cuanto al aumento en la cantidad de plantaciones forestales, esta se hace más notoria en las cabeceras de las subcuencas río Cauquenes y Chovellén (Figura 5.31), no así en la subcuenca río Pinotalca.

5.2.3.2. Erosión del suelo: Cárcavas

La estabilización y recuperación de terrenos afectados por cárcavas, es una de las tareas de más alto costo en la lucha contra la erosión, porque para detener el avance de ellas, se deben construir importantes obras de remoción y acumulación de tierras, además de otras medidas (INIA, 2020). Para lograr lo anterior, es necesario en primera instancia hacer un catastro de la cantidad de cárcavas presentes, su ubicación, dimensión y cálculo del volumen de pérdida de suelo, de tal manera de poder proponer estrategias futuras de manejo en el control de la erosión de una cárcava.

En función de lo anterior, y dadas la gran cantidad de geformas de erosión identificadas por medio de imágenes satelitales en la localidad de Coronel de Maule, es que dicho catastro se ha realizado en esta zona y no en las localidades de Loanco y de Chovellén-Cardonal.

Previo a la realización de este catastro, se confeccionó un mapa preliminar en el cual se identificaron por medio de imágenes satelitales, posibles geformas de erosión, cuyo traslape con las cárcavas identificadas (Fotografía 5.1) en terreno se muestra en la Figura 5.34.



Fotografía 5.1: Cárcavas identificadas en Coronel de Maule. a) Cárcava C5-CM en plantación forestal; b) cárcava C8-CM en uso de suelo pradera-matorral.

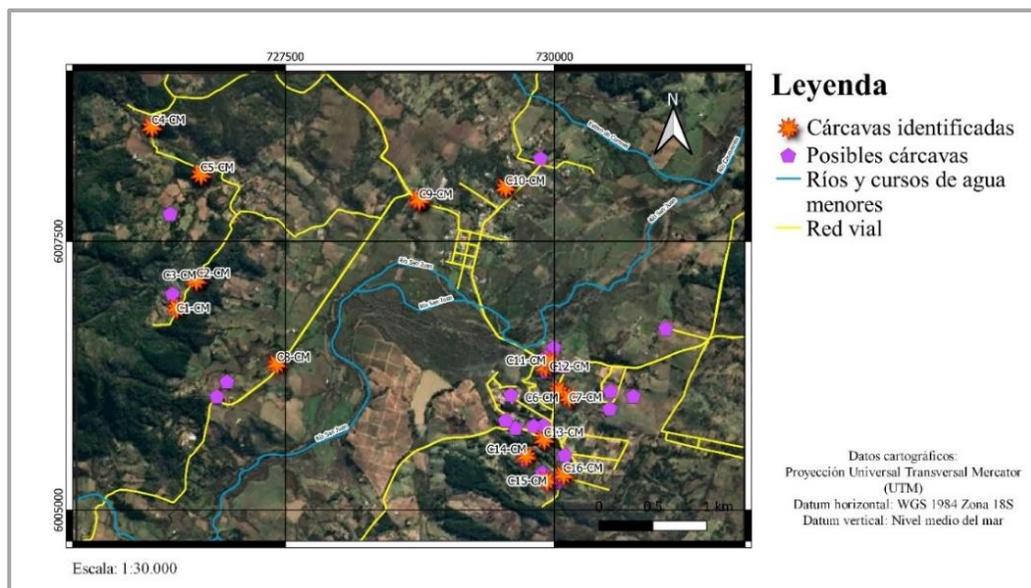


Figura 5.34: Puntos de cárcavas identificadas en terreno vs. puntos propuestos como posibles cárcavas.

A partir de lo observado en la Figura 5.34, se repara en que la gran mayoría de los puntos previamente identificados coincide con lo observado en terreno. Esto se debe básicamente a la gran dimensión de las cárcavas. Lo anterior, permite a su vez la determinación de aquellas medidas que no pudieron ser tomadas en terreno (dado la gran dimensión de las cárcavas y las dificultades de acceso), por medio de perfiles topográficos en Google Earth.

En relación a las medidas tomadas, tanto en terreno como por medio de perfiles topográficos en Google Earth con el fin de calcular el volumen aproximado de pérdida de suelo a partir de la ecuación 4.1, estas se muestran en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12: Medidas tomadas en cárcavas junto al volumen de suelo perdido (m³). En las casillas de color celeste se destacan los valores extrapolados desde perfiles topográficos en Google Earth.

Código cárcava	Longitud (m)	Profundidad en cabecera (m)	Profundidad en base (m)	Ancho cabecera (m)	Ancho en tramo intermedio (m)	Ancho base (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
C1-CM	206,56	33,23 en promedio	-----	365,45	459,30	497,82	89.158,52	2.962.737,8
C2-CM	11,1 (13,1 desde cabecera)	2	-----	5,50	-----	3,20	48,285	96,57
C3-CM	11,7 (13,50 desde cabecera)	1,80	-----	4	-----	3	40,95	73,71
C4-CM	54	15	10	12	10	6	568,5	8.187,5
C5-CM	>50	10	-----	19,70	-----	-----	-----	-----
C6-CM	142,48	5	-----	13	-----	19,92	4.690,44	23.452,208
C7-CM	138	17	-----	76,20	-----	10,40	5.975,4	101.581,8
C8-CM	44	2,1	1,5	6	9	5,80	259,6	545,16
C9-CM	64,65	1,3	-----	40,37	30,26	11,55	1.237	1.608,1
C10-CM	>71	1	1	5	5	5	355	355
C11-CM	51,40	17,5	-----	33	-----	16	1.259,3	22.037,75
C12-CM	87,7	8,95	-----	44	-----	29,5	3.222,975	28.845,62
C13-CM	46,8	1,02	-----	12,22	-----	10	519,948	530,34
C14-CM	73,49	13,4	-----	53,15	-----	14,7	2493,15	33.408,18
C15-CM	53,31	7,61	-----	24	-----	19,67	1.164,02	8.858,22
C16-CM	24,7	2,30	-----	12	-----	4	197,6	454,48
							111190,688	3192772,438

El volumen total de pérdida de suelo calculado para las cárcavas identificadas (excepto la CMC5-A, ya que no fue posible identificarla por medio de imágenes satelitales para extrapolar sus medidas), corresponde aproximadamente a 3.192.772,438 m³. Cabe mencionar, que este volumen

de pérdida de suelo calculado corresponde a un valor aproximado hecho en base al supuesto de que la forma de las cárcavas corresponde a la de un trapecio escaleno, no considerándose para estos efectos la pendiente o el ángulo de cada cateto del trapecio, lo cual podría conllevar a que el volumen de pérdida de suelo pueda ser distinto al volumen calculado.

A su vez, gracias a las medidas obtenidas, es posible clasificar a las cárcavas en función de su profundidad y área de drenaje, según la clasificación de Martínez (2009), San Miguel (1958) y Varela (1979), aunque dado que la gran mayoría de las cárcavas no se ajustan a ninguna de las clasificaciones, es que se ha tomado para estos efectos a la profundidad y al área de drenaje en forma independiente. Los resultados de esta clasificación se muestran en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13: Clasificación de las cárcavas. A la izquierda del guion, mientras que a la derecha del guion la cárcava está clasificada por su profundidad. En color piel se destacan las casillas de aquellas cárcavas cuyas medidas se adaptan a las clasificaciones.

Código cárcava	Profundidad (m)	Área de drenaje (m ²)	Clase (Martínez y otros, 2009; Varela, 1979)	Clase (San Miguel, 1958)
C1-CM	33,23	89.158,52	Mediana-Grande	Pequeña-Grande
C2-CM	2	48,285	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña
C3-CM	1,80	40,95	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña
C4-CM	15	568,5	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C5-CM	10			
C6-CM	5	4.690,44	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C7-CM	17	5.975,4	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C8-CM	2,1	259,6	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña
C9-CM	1,3	1.237	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña
C10-CM	1	355	Pequeña-Pequeña	Pequeña-Pequeña
C11-CM	17,5	1.259,3	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C12-CM	8,95	3.222,975	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C13-CM	1,02	519,948	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña
C14-CM	13,4	2.493,15	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C15-CM	7,61	1.164,02	Pequeña-Grande	Pequeña-Grande
C16-CM	2,30	197,6	Pequeña-Mediana	Pequeña-Pequeña

Al examinar la tabla, se repara en que la mayoría de las cárcavas son pequeñas, si se considera para su clasificación solo su área de drenaje, mientras que, por el contrario, si se considera su profundidad, su clasificación correspondería a grande.

Por otra parte, junto al registro de las medidas de las cárcavas se tomó nota de: las especies vegetales presentes en la ubicación de las cárcavas, uso de suelo realizado por CONAF el año 2019 y uso de suelo observado en terreno (Tabla 5.14).

Tabla 5.14: Usos de suelo identificados en la ubicación de las cárcavas. Elaboración propia.

Código cárcava	Uso de suelo actual en ubicación de la cárcava	Uso de suelo aparente en ubicación de la cárcava	Algunas especies y/o géneros identificados
C1-CM	Plantación forestal	Sin ningún uso aparente. Se encuentra cubierta por rebrotes de árboles nativos, matorrales y pinos tras incendio del año 2017, ya que todavía se visualiza por medio resto de madera quemada la evidencia de este megaincendio	<i>Pinus, genista, Carduus acanthoides,</i>
C2-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>
C3-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>
C4-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>
C5-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus, Eucalyptus</i>
C6-CM	Límite forestal-agrícola	Forestal Plantación forestal	<i>Pinus, Eucalyptus</i>
C7-CM	Plantación forestal	-----	-----
C8-CM	Agrícola	Matorral-pradera	<i>Vachellia caven, Pinus</i>
C9-CM	Plantación forestal	Sin ningún uso. Se encuentra cubierta por vegetación y árboles, además de rellenos colocados por la misma población para frenar su avance (arena, pasto, escombros de terremoto del año 2010)	-----
C10-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus, Eucalyptus</i>
C11-CM	Agrícola	Matorral-pradera, plantación forestal	<i>Pinus, Vachellia caven</i>
C12-CM	Plantación forestal	Matorral-pradera, plantación forestal	<i>Vachellia caven, Pinus</i>
C13-CM	Límite bosque nativo-plantación forestal	Plantación forestal, matorral-pradera	<i>Vachellia caven, Pinus</i>
C14-CM	Límite bosque nativo-plantación forestal	Plantación forestal, matorral-pradera	<i>Vachellia caven, Pinus</i>
C15-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>
C16-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>

De acuerdo con lo visualizado en la tabla, se repara en que, la gran mayoría de las cárcavas identificadas se ubican en plantaciones forestales de pino seguido de eucaliptus. Por otro lado, las cárcavas, tanto en los suelos de uso agrícola como en los de matorral-pradera, cuentan con pinos tanto en su interior como en sus bordes, al igual que en las ubicadas en plantaciones forestales.

5.2.3.3. pH del suelo

Con el objetivo de determinar variaciones de pH según el tipo de uso de suelo, es que se procedió a realizar un muestreo en la zona donde los cambios de uso de suelo han sido más abruptos, sobre todo tras el megaincendio del año 2017: Coronel de Maule.

En total se recabaron 19 muestras de suelo a lo largo de un área de aproximadamente 28 m² (Figura 5.35). De estas 19 muestras, 7 corresponden a plantación forestal, 1 a bosque nativo, 2 a pradera-matorral, 1 a bosque exótico, 1 a bosque mixto, y 7 a uso de suelo agrícola, en función de lo observado en terreno. Lo anterior no se condice con el uso de suelo del año 2019 disponible en la página de SIT CONAF. Esto se debe a que, tras el incendio del año 2017, se produjeron constantes modificaciones en el uso de suelo de la zona, sobre todo de aquellos sectores que quedaron desprovistos de vegetación, pasando desde usos de suelo agrícola o de bosque, directamente a un uso de suelo urbano.

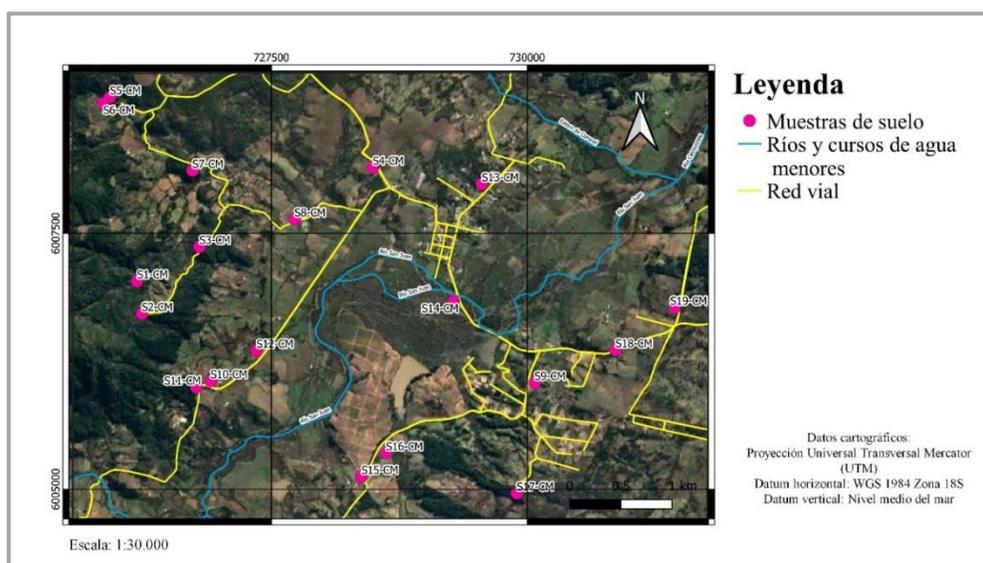


Figura 5.35: Ubicación de puntos de muestreo de suelo.

A grandes rasgos, los suelos de la zona de Coronel de Maule, se caracterizaron por poseer una granulometría de tamaño limo-arcilla, ser principalmente de color rojizo debido a la abundante presencia de óxidos de hierro como magnetita, y en menor medida contar con tonalidades pardas y café oscuro, debido al contenido de materia orgánica.

En relación a su grado de compactación, los suelos de la zona resultaron ser en general muy compactos, siendo los suelos de uso forestal los más consistentes y los suelos de vegas y de viñas, los menos consistentes. Debido a lo anterior, es que no se pudo recabar una gran cantidad de masa por cada muestra a lo largo del área de muestreo, teniendo que descartarse durante el análisis con la modalidad de muestra 2 las muestras: S5-CM, S6-CM y la S19-CM.

Posterior al muestreo, las muestras fueron refrigeradas hasta su posterior medición de pH en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción, donde fueron analizadas bajo dos modalidades de muestras descritas en el capítulo de metodología.

Los resultados, tanto de los datos tomados en terreno como del análisis químico realizado en el laboratorio, se resumen en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15: Resultados del muestreo de suelo en la localidad de Coronel de Maule.

Código muestra	Uso de suelo actual	Uso de suelo aparente	Algunas especies identificadas	pH medido en terreno	pH medido en laboratorio con modalidad de muestra 1	pH medido en laboratorio con modalidad de muestra 2
1S-CM	Bosque nativo	Bosque nativo	<i>Luma apiculata</i> ,	6	5,14	5,14
2S-CM	Bosque exótico	Plantación forestal	<i>Pinus</i> , <i>eucalyptus</i> , <i>genista</i>	4-5	4,33	5,03
3S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i> , <i>eucalyptus</i>	7	4,32	4,63
4S-CM	Agrícola	Agrícola (viñas patrimoniales)	Cepa país	7-8	4,67	5,6
5S-CM	Plantación forestal	Bosque nativo		6-7	5,28	-----
6S-CM	Plantación forestal	Renovales de bosque mixto (nativo y exótico)	<i>Escallonia pulverulenta</i> , <i>acacia</i> ,	7	4,28	-----
7S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i> , <i>eucalyptus</i>	4-5	4,33	4,95
8S-CM	Agrícola	Vega (usada para agricultura y ganadería)	-----	7-8	4,35	5,23
9S-CM	Agrícola	Agrícola (viñas patrimoniales)	Cepa país	7	5,26	6,26
10S-CM	Agrícola	Agrícola (viñas patrimoniales). Poseen fertilizantes	Cepa país	7-8	5,23	6,19
11S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Eucalyptus</i> , <i>pinus</i>	6-5	4,68	5,45
12S-CM	Matorral-pradera	Matorral-pradera	<i>Vachellia caven</i> ,	8-9	4,89	5,55
13S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i> , <i>Eucalyptus</i>	5-6	4,78	5,39
14S-CM	Agrícola	Vega	-----	7-8	5,22	5,94
15S-CM	Agrícola	Agrícola (viña Santa Carolina)	-----	7	4,99	5,97
16S-CM	Agrícola	Matorral-pradera	<i>Vachellia caven</i>	6	4,48	5,40

Continúa en la página 132.

Continuación de la Tabla 5.15.

Código muestra	Uso de suelo actual	Uso de suelo aparente	Algunas especies identificadas	pH medido en terreno	pH medido en laboratorio con modalidad de muestra 1	pH medido en laboratorio con modalidad de muestra 2
17S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal	<i>Pinus</i>	5	4,88	5,57
18S-CM	Agrícola	Agrícola (viña patrimonial)	Cepa país	7-6	5,08	5,38
19S-CM	Plantación forestal	Plantación forestal (renovales)	<i>Pinus</i>	5	4,74	-----

En primera instancia, se advirtió que los pH medidos en terreno resultaron ser más ácidos en los suelos con plantación forestal y bosque nativo, mientras que los pH más básicos se hallaron en los suelos de vegas y viñas.

Luego, al considerar los resultados obtenidos en el laboratorio con la modalidad de muestra 1 y considerando las categorías de pH del trabajo de Osorio (2012), se advierte que los pH extremadamente ácidos residen en los suelos de plantación forestal, de suelo reforestado con bosque mixto (nativo-exótico), en una viña patrimonial, en la viña industrial y en una vega utilizada para cultivo; en tanto los pH fuertemente ácidos se alojaron en los suelos con viñas patrimoniales (3), en la vega alledaña al río San Juan y en los parches de bosque nativo.

Estos resultados indican valores de pH en las categorías de extremadamente ácido ($\text{pH} < 5$), y fuertemente ácido (pH entre 5-5,5). En el caso, de los suelos con pH inferior a 5, se sugiere que estos podrían presentar una severa toxicidad por Al y quizá por Mn, una alta probabilidad de deficiencia de P, S, Mo y bases intercambiables y altos niveles de algunos micronutrientes.

Respecto a los suelos con pH entre 5 y 5,5, es esperable que cuenten con una toxicidad moderada por Al y Mn, deficiencia de P, S, Mo y bases, y altos niveles de algunos micronutrientes. En ambos casos, se requiere de encalamiento en la gran mayoría de los cultivos (ICA, 1992).

Por otra parte, si se consideran los resultados obtenidos con la modalidad de muestra 2, se repara en que la gran mayoría de los valores de pH difieren en casi un punto respecto a los valores de pH alcanzados con las muestras húmedas, excepto en la muestra de bosque nativo S1-CM, donde se mantuvo el mismo valor.

En términos generales, con la modalidad de muestra 2, pese a que los valores de pH fueron más altos, se mantuvo la tendencia de que los suelos con plantación forestal y bosque nativo resultaron ser los más ácidos, mientras que los suelos de vegas y viñas resultaron ser los suelos más alcalinos, sobrepasando en algunos casos el pH 6.

5.2.3.4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Dado que el tipo de uso de suelo, no necesariamente se condice con la densidad de cobertura vegetal presente, es que se hizo necesario, para estudiar el comportamiento espacio-temporal de la vegetación, el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), mediante imágenes Landsat 4-5, 7 y 8.

Este índice fue calculado con base en las ecuaciones 4.2 o 4.3 del capítulo de metodología (dependiendo de la proveniencia de las bandas utilizadas) de los meses de enero, febrero y marzo, dado que el porcentaje de nubes de las imágenes satelitales tomadas en verano es mucho menor a las que son tomadas en invierno. Su representación se observa en la Figura 5.36.

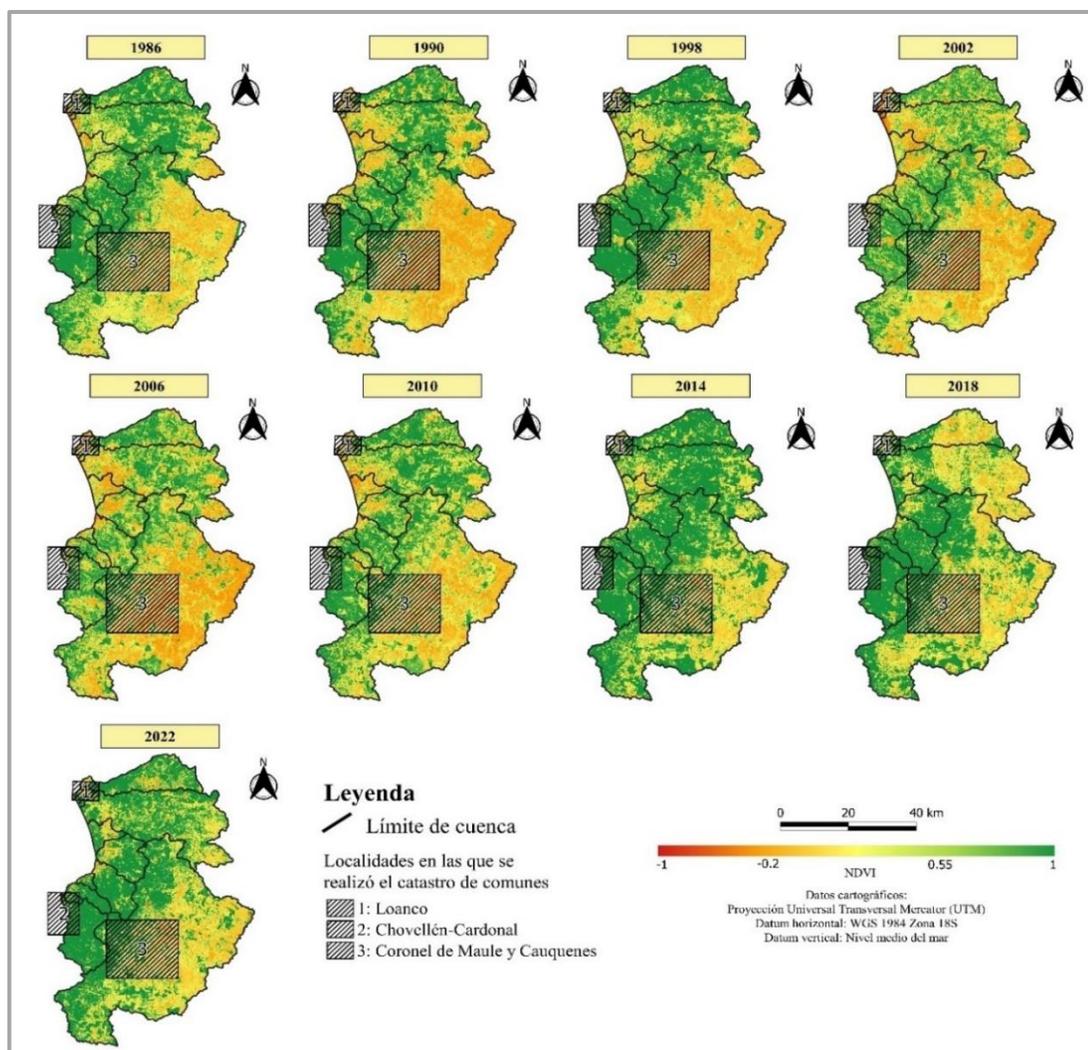


Figura 5.36: NDVI calculado para el periodo 1986-2022. Elaboración propia.

De acuerdo con la figura, se percibe que entre los años 1986 y 2014, la vegetación aumentó en la cordillera de la Costa de las 3 subcuencas de estudio, y en menor proporción hacia la depresión Central de la subcuenca río Cauquenes.

Por otra parte, en el año 2018, se observa una disminución notable en la densidad de la vegetación en la cabecera de la subcuenca río Pinotalca, y en menor proporción en el sector nororiental de la subcuenca río Cauquenes. Lo anterior se debe a que, tras el megaincendio del año 2017, se consumieron una gran cantidad de hectáreas en este sector.

Finalmente, en el año 2022, se advierte nuevamente un aumento de la cobertura vegetal, lo cual evidenciaría la reforestación tras el megaincendio.

Ahora, si bien este índice permite distinguir zonas con vegetación de las desprovistas de ella, no permite hacer una distinción entre una cobertura con bosque nativo de una con plantación forestal.

5.2.3.5. Temperatura Superficial del suelo (LST)

Constituye una variable crítica que juega un papel importante en la determinación del balance de energía radiactiva de la superficie de la Tierra. El LST impulsa la radiación de onda larga saliente y los flujos de calor turbulento en la interfaz entre la tierra y la atmósfera y, por lo tanto, se usa de forma rutinaria como entrada clave en modelos de superficie terrestre para el monitoreo de sequías, la estimación de la humedad del suelo y las estimaciones de evapotranspiración (Anderson y otros, 2011; Hain y otros, 2011; Semmens y otros, 2016 en Hulley otros 2019). La LST es una de las variables del sistema climático más importantes en una variedad de escalas de tiempo, ejerce un control sobre la partición de la energía en flujos de calor latente y sensible, y constituye un fuerte indicador de las tendencias de calentamiento de la superficie debido al cambio climático (Schneider & Hook, 2010 en Hulley y otros 2019).

Para el cálculo de este índice se utilizaron las bandas de los meses de verano: enero, febrero y marzo, dado que durante esta temporada es donde se registran las mayores temperaturas y el mayor porcentaje de ocurrencia de incendios forestales; y las ecuaciones desde la 4.3 a la 4.8 del capítulo de metodología. Su representación se muestra en la Figura 5.37.

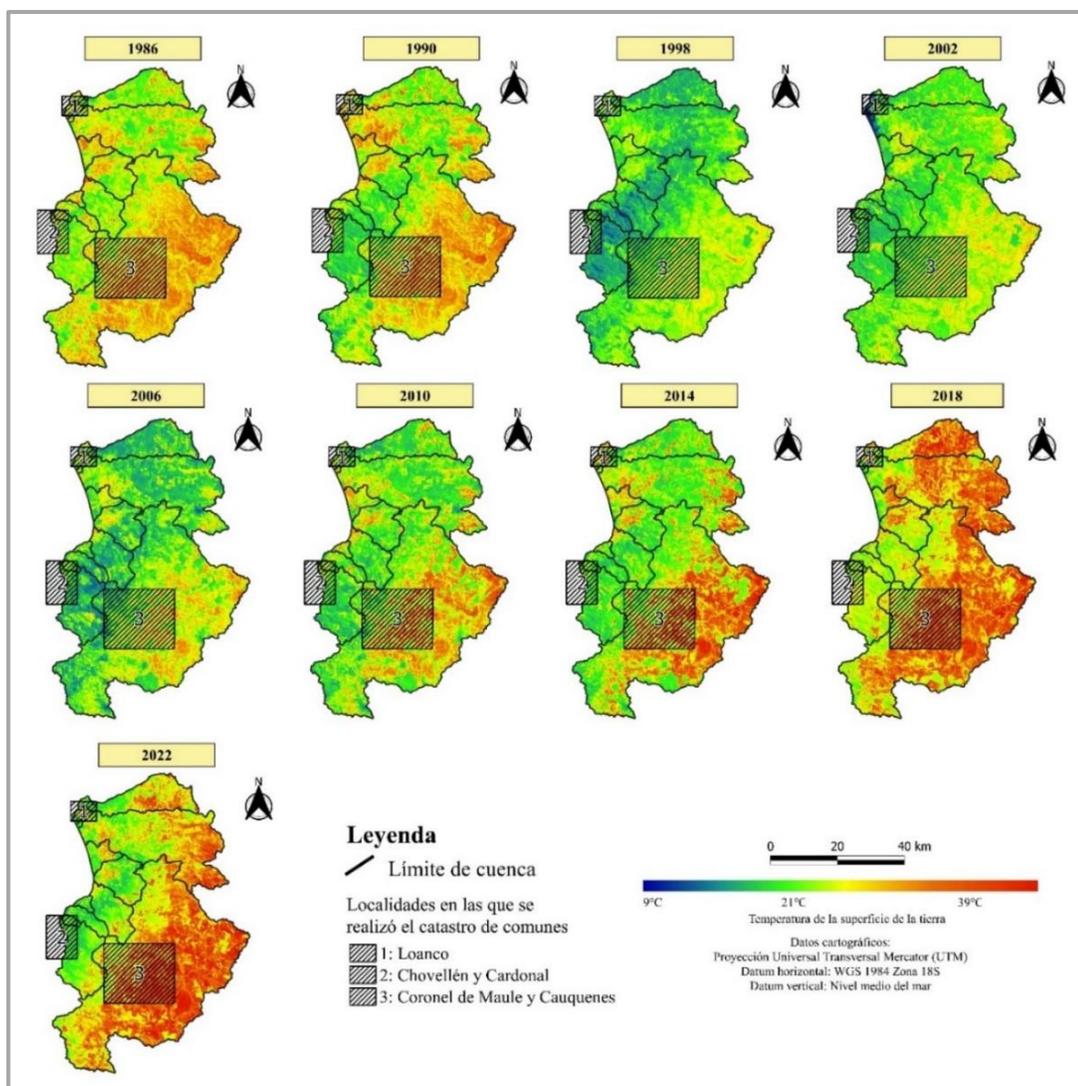


Figura 5.37: LST calculado para el periodo 1986-2022. Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 5.37, se percibe como la LTS en el periodo 1986-1990 experimentó un comportamiento similar, mostrando temperaturas sobre los 30°C en la zona de Cauquenes y Loanco, y cercanas a 20°C en la zona de Chovellén y Cardonal.

Posteriormente, hasta el año 2002 se evidencia una disminución de la LST, con temperaturas que bordearon principalmente los 21 °C en la zona de Cauquenes y Loanco, y cercanos a 10°C hacia la subcuena río Chovellén.

Finalmente, a partir del año 2006 aproximadamente hasta el presente, la LTS fue aumentando paulatinamente hacia el sector de la subcuena río Cauquenes, experimentando temperaturas por sobre los 40°C en gran parte de los suelos del secano interior. Dicho aumento drástico de la LST

se ha evidenciado también hacia la cabecera de la subcuenca río Pinotalca desde el año 2018, puesto que, tras el megaincendio del año 2017, el cual consumió gran parte de la vegetación hacia este sector de la subcuenca, provocó que el suelo quedara desprovisto de vegetación y más susceptible a sufrir aumentos de temperatura.

5.2.3.6. Índice de humedad de diferencia normalizada (NDMI)

Este índice fue calculado en base a las ecuaciones 4.9 o 4.10 (dependiendo de las proveniencia de las bandas utilizadas), y a las bandas de los meses de enero, febrero y marzo, dado a que el porcentaje de nubes en las imágenes satelitales tomadas en verano es mucho menor a las que son tomadas en invierno, y también con la finalidad de poder correlacionar este índice espectral con el LST y el NDVI. Su representación se observa en la Figura 5.38.

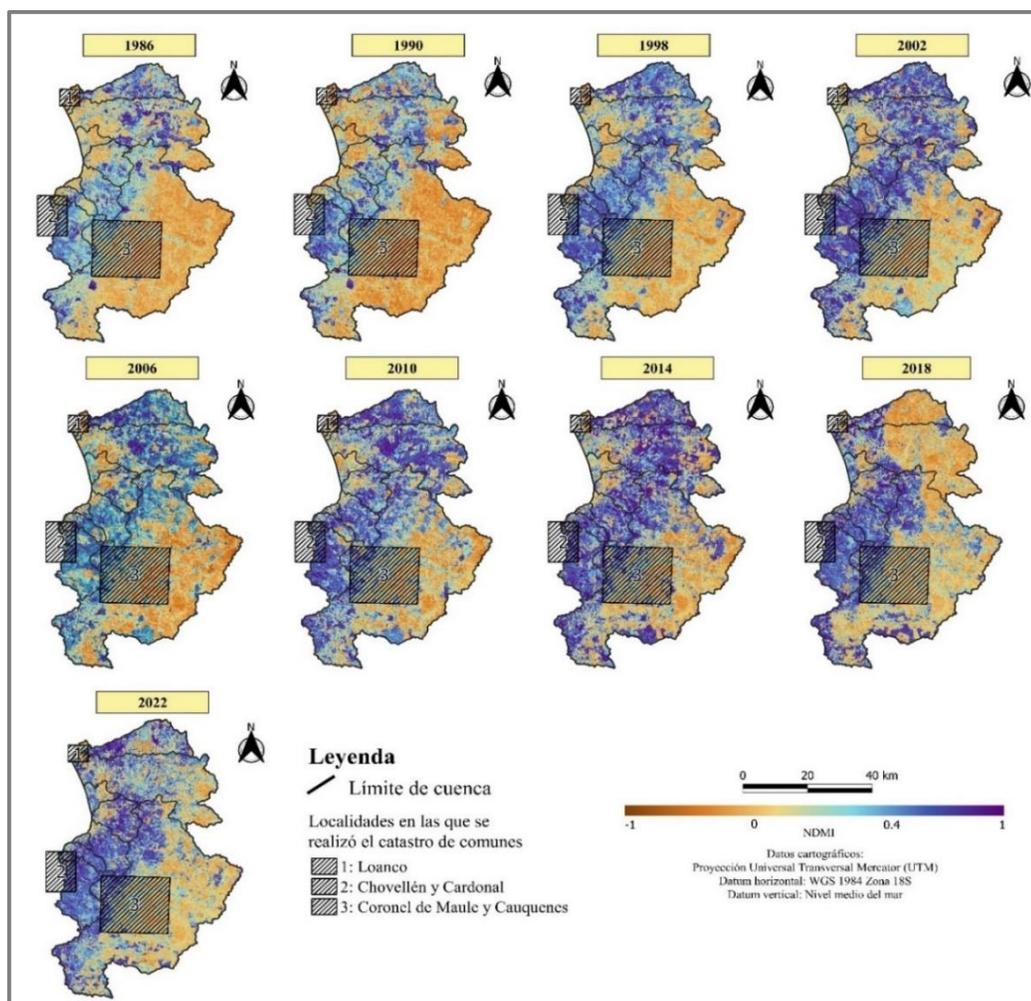


Figura 5.38: NDMI calculado para el periodo 1986-2022. Elaboración propia.

Al observar la Figura 5.38, se advierte como el NDMI, tendió a aumentar el área abarcada por valores cercanos a 1 (tonos azules a morado) en las 3 subcuencas de estudio y sobre todo hacia el sector suroriental de la subcuenca río Cauquenes, donde disminuyó notablemente el área abarcada por valores negativos (tonos cafés).

En términos generales, pese al aumento de la zona con valores positivos de NDMI, esta tendió al mismo tiempo a disminuir ligeramente entre el 2018 y 2022, pasando de tonos azules y morados a más celestres, tanto en la cordillera de la Costa de las 3 subcuencas de estudio, como en la depresión Central de la subcuenca río Cauquenes.

5.2.4. Marino-costeros

5.2.4.1. Generalidades

En las localidades costeras de estudio: Loanco y Chovellén-Cardonal, se han observado en el último tiempo ciertos fenómenos atribuidos en primera instancia a la variabilidad climática, como lo son el aumento de la intensidad y frecuencia de las marejadas, y cambios en la cantidad y tamaño de la biodiversidad marina, lo que hace necesario el análisis de todos los parámetros marino-costeros involucrados, sus proyecciones en el tiempo y su evolución espacio-temporal.

En relación a la información disponible, esta fue proporcionada por el por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) y el Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC), los cuales cuentan con datos de la estación Oceanográfica Constitución, aledaña a la localidad de Loanco por el norte. (Tabla 5.16.)

Tabla 5.16: Datos de la estación Constitución. Extraído de ArcGIS online del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC).

Nombre de estación	Latitud geográfica	Longitud geográfica	Parámetros	Rango de datos
Constitución	35°21'21"	72°27'25"	Temperatura superficial del mar (TSM)	Desde 01-2011 Hasta 01-2019
			Nivel del mar (NM)	Desde 01-2011 Hasta 12-2021
			Temperatura del aire	Desde 01-2011 Hasta 12-2021

A su vez, se utilizaron los registros disponibles en el Servicio de Vigilancia Marina Copernicus de la Unión Europea, el cual cuenta con modelos a nivel Océano Global, proporcionando datos de pH, salinidad del mar, oxígeno disuelto, nutrientes, entre otros.

Cabe mencionar que los modelos a nivel Océano Global, si bien poseen una validación de sus resultados, muestran una buena concordancia con las estimaciones derivadas de satélites a escala global y poseen la aprobación por parte del equipo de coordinación de calidad del producto CMEMS, cuentan con una resolución mucho mayor a la que se requiere en este trabajo, de manera que la graficación de gran parte de las variables constituye una referencia del panorama local frente a las costas de Loanco y de Chovellén-Cardonal.

5.2.4.2. Nivel del Mar (NM)

Parámetro del cual a nivel nacional solo se cuenta con registros desde el año 2011 a 2021, en la estación oceanográfica Constitución, y cuya representación se ilustra en la Figura 5.39.

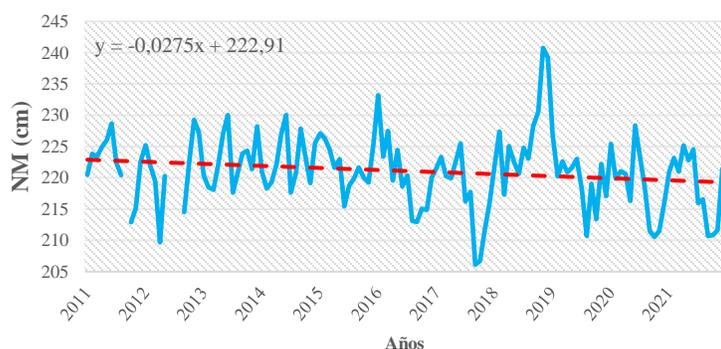


Figura 5.39: Gráfico nivel del mar promedio (cm) vs. tiempo para el periodo 2011-2021. Elaboración propia a partir de metadatos del CENDHOC proporcionados por el SHOA.

Al observar la línea de tendencia, se puede notar como esta cuenta con una pendiente negativa, indicando una tendencia a la baja en el nivel del mar durante estos últimos 10 años.

5.2.4.3. Temperatura superficial del mar (TSM)

Parámetro del cual a nivel nacional solo se cuenta con registros desde el año 2011 al 2021, en la estación oceanográfica Constitución, y cuya representación se ilustra en la Figura 5.40.



Figura 5.40: Gráfico temperatura superficial del mar (TSM) vs. tiempo. Elaboración propia a partir de metadatos de CENDHOC proporcionados por el SHOA.

Al observar la gráfica se advierte como la TSM en la costa de Constitución ha tendido levemente al alza, y se esperaría que en los próximos años dicho parámetro siga aumentando en función de lo observado por la línea de tendencia, de pendiente positiva.

En relación a la variación estacional de este parámetro, se tiene que los máximos de la TSM se han registrado entre los meses de diciembre a mayo, mientras que los mínimos se han registrado durante los meses de invierno (junio-septiembre).

Ahora, al proyectar este parámetro para el año 2031 (Figura 5.41), se espera que su valor incremente en aproximadamente 3°C en comparación al año 2000.

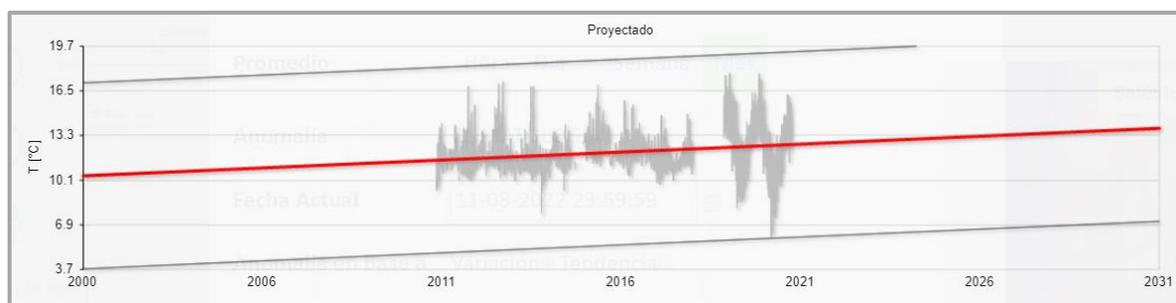


Figura 5.41: Variabilidad temporal y proyección de la TSM en la estación Oceánica Constitución. Extraído de Servicio hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (2022). Disponible en: tsm.mitelemetria.cl

5.2.4.4. Salinidad (S)

Para la representación de este parámetro se utilizó el producto GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030 disponible en EU Copernicus Marine Service Information, el cual dispone de registros desde el año 1993 hasta el 2020. Las gráficas de esta variable se muestran en la Figura 5.42.

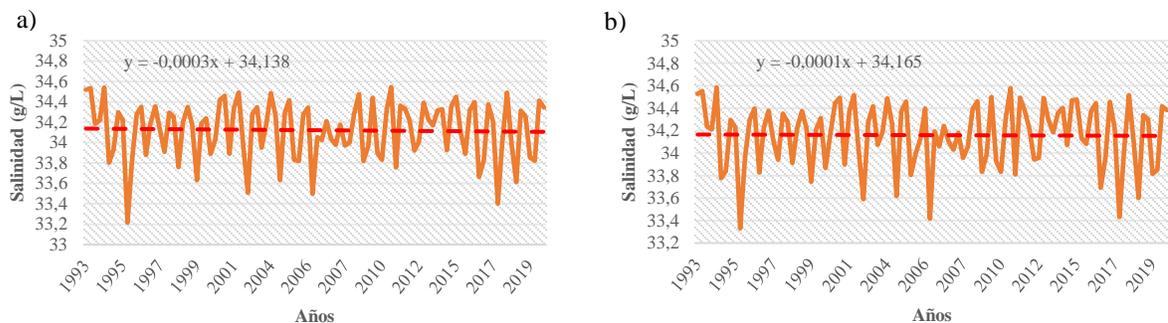


Figura 5.42: Gráficos salinidad del agua de mar (g/L) vs. tiempo. a) Salinidad del agua de mar para el periodo 1993-2019 frente a la costa de Loanco; b) Salinidad del agua de mar para el periodo 1993-2019 frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

A partir de los gráficos, se observa como la salinidad del agua de mar, tanto frente a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal, muestra una ligera tendencia a la disminución durante el periodo 1993-2020, registrando salinidades máximas durante los meses de verano y otoño principalmente, y salinidades mínimas durante la estaciones de invierno y primavera.

5.2.4.5. pH, presión parcial superficial del dióxido de carbono en el agua de mar y oxígeno disuelto (mmol/m^3)

Para la representación de estos parámetros se utilizó el producto GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_029 disponible en EU Copernicus Marine Service information, el cual utiliza el modelo biogeoquímico PISCES para modelar sus variables, las que disponen de datos desde el año 1993 al presente.

Referente al pH del agua de mar, se advierte como este tanto frente a la costa de Loanco (a) de la Figura 5.43) como de Chovellén-Cardonal (b) de la Figura 5.43), ha tendido a ser más ácido desde el año 1993 al 2020, lo cual es corroborado por la línea de tendencia de pendiente negativa.

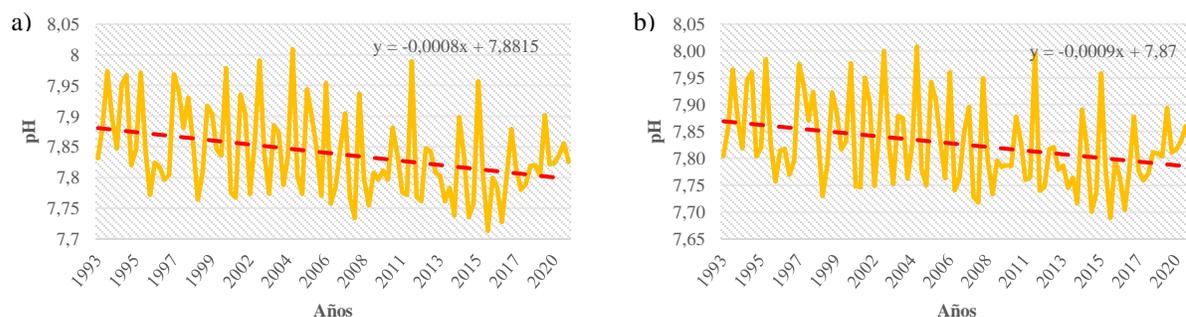


Figura 5.43: Gráficos pH vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

Por otra parte, en cuanto a la presión parcial superficial del dióxido de carbono en el agua de mar, se percibe como este tanto frente a la costa de Loanco (a) de la Figura 5.44) como de Chovellén-Cardonal (b) de la Figura 5.44), propende a incrementar durante el periodo 1993-2020, registrando presiones mínimas entre los meses de julio y agosto principalmente, y máximas entre diciembre y marzo.

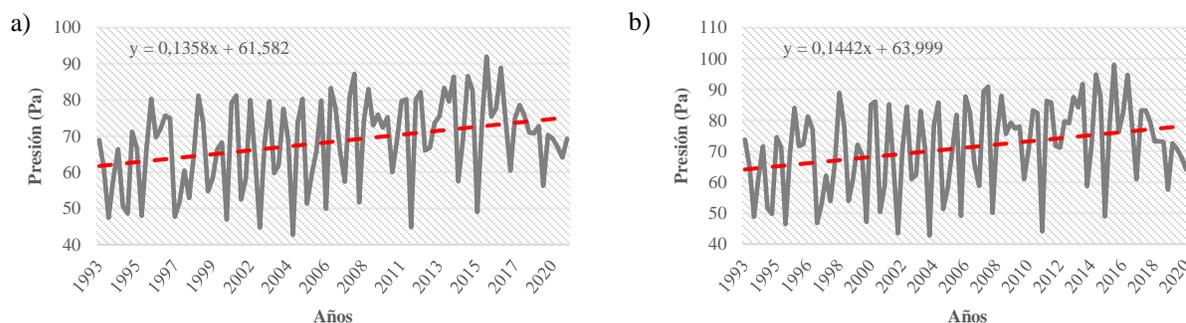


Figura 5.44: Presión parcial superficial del dióxido de carbono en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

Finalmente, respecto al oxígeno disuelto (mmol/m^3), su concentración en el mar frente a ambas localidades costeras (a) y b) de la Figura 5.45) muestra una clara tendencia a la disminución durante el periodo 1993-2020.

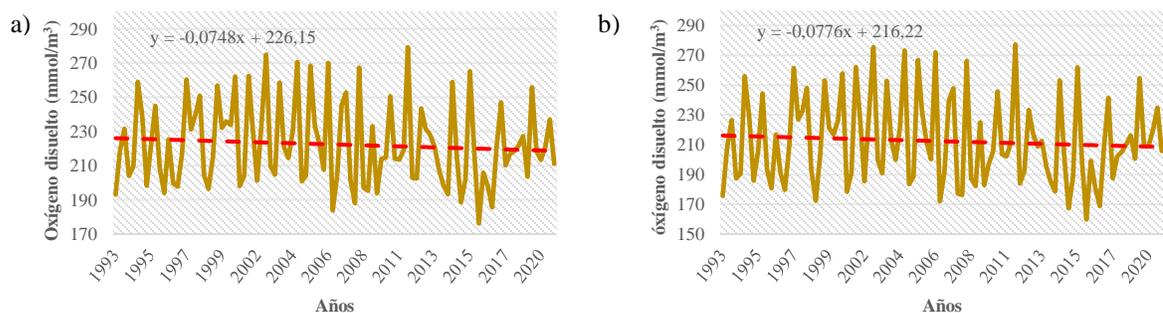


Figura 5.45: Gráficos concentración molar de oxígeno molecular disuelto en agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Cardonal.

5.2.4.6. Nutrientes

Para la representación de estos parámetros se utilizó el producto GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_029 disponible en EU Copernicus Marine Service information, el cual utiliza el modelo biogeoquímico PISCES para modelar sus variables, las que disponen de registros desde el año 1993 al presente.

Estos parámetros constan de las concentraciones de clorofila, fosfato, nitrato, fitoplancton y hierro disuelto en el agua de mar.

I. Clorofila (mg/m^3)

A partir los gráficos a) y b) de la Figura 5.46, se advierte como la concentración de clorofila en el agua de mar, frente tanto a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal, tiende ligeramente a decrecer (independiente si la representación de los datos es a nivel estacional o a escala anual) durante el periodo 1993-2020, registrando valores máximos entre noviembre y marzo, y mínimos entre los meses de junio y agosto.

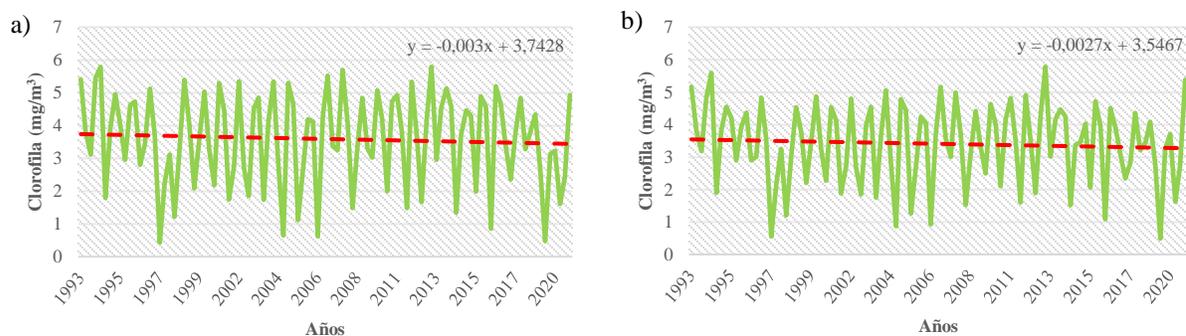


Figura 5.46: Concentración en masa de clorofila en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

II. Hierro disuelto (mmol/m^3)

Tanto en a) como en b) de la Figura 5.47, se advierte como la concentración molar de hierro disuelto en el agua de mar, frente tanto a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal, cuenta con un comportamiento relativamente estable durante el periodo 1993-2020, registrando mayores concentraciones durante los meses de invierno (junio-septiembre) principalmente, y en menor medida en los meses de mayo y octubre; y menores concentraciones durante los meses diciembre a marzo.

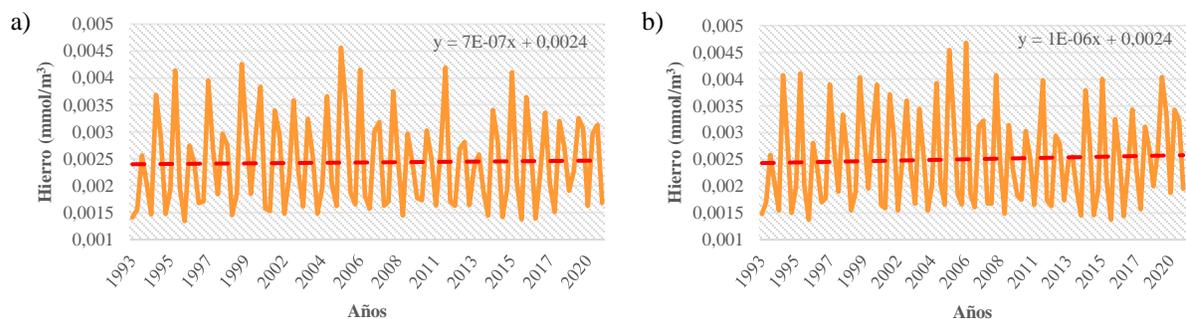


Figura 5.47: Concentración molar de hierro disuelto en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

III. Nitrato (mmol/m³)

De acuerdo con los gráficos a) y b) de la Figura 5.48, se percibe como la concentración molar de nitrato, frente tanto a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal, tiende claramente a incrementar durante el periodo 1993-2020.

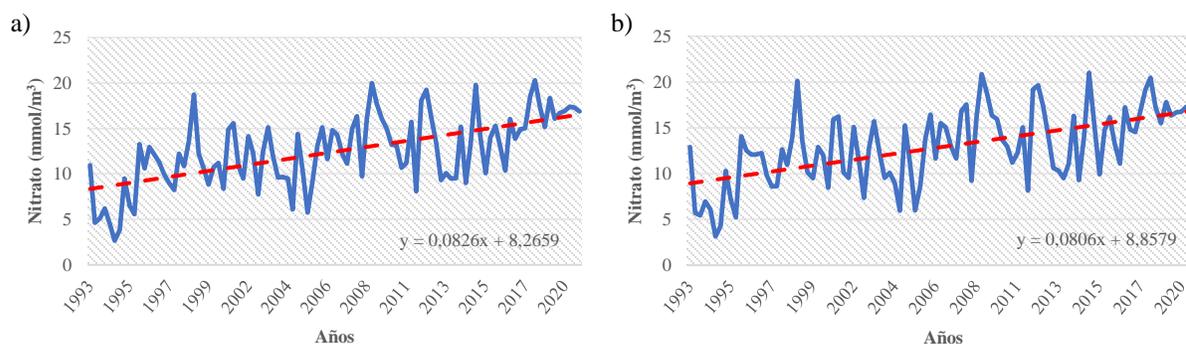


Figura 5.48: Concentración molar de nitrato en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

IV. Fosfato (mmol/m³)

Al observar la evolución temporal de la concentración molar de fosfato en el agua de mar frente tanto a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal (a) y b) de la Figura 5.49), se advierte como esta ha aumentado en el periodo 1993-2020, registrando mayores concentraciones entre diciembre y marzo e inclusive abril, y menores concentraciones durante las estaciones de invierno y primavera.

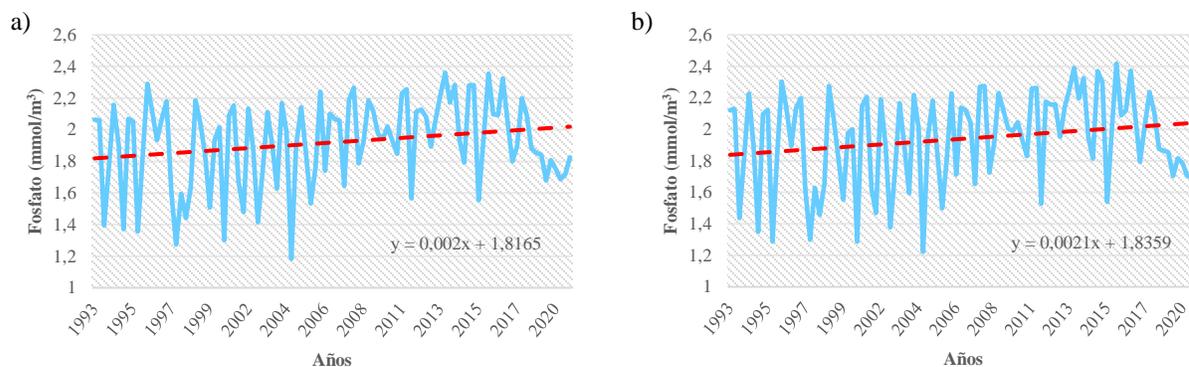


Figura 5.49: Concentración molar de fosfato en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

V. Fitoplancton (mmol/m^3)

Tanto en a) como en b) de la Figura 5.50, se percibe como la concentración de fitoplancton en el agua de mar posee una leve tendencia al decrecimiento frente tanto a la costa de Loanco como de Chovellén-Cardonal, registrando máximas concentraciones durante los meses verano, y mínimas concentraciones durante los meses comprendidos entre mayo y septiembre.

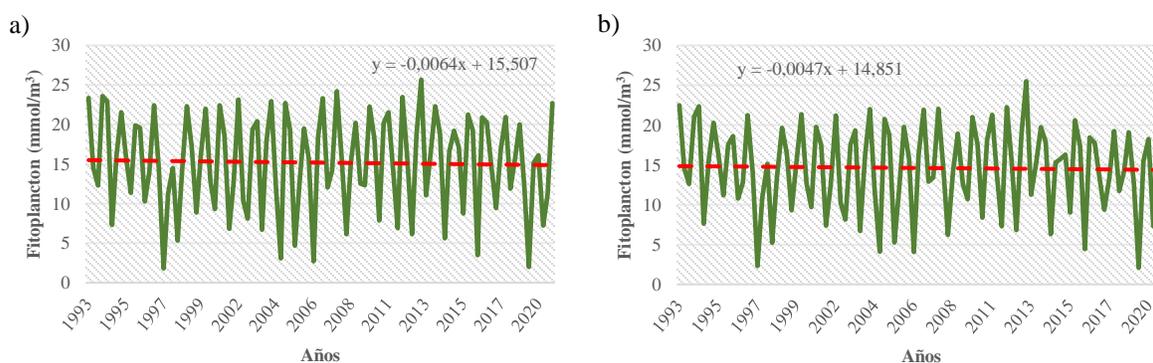


Figura 5.50: Concentración molar de fitoplancton expresada como carbono en el agua de mar vs. tiempo. a) Frente a la costa de Loanco; b) Frente a la costa de Chovellén-Cardonal.

5.2.4.7. Marejadas

Este fenómeno, definido como eventos de olas de gran altura formadas por fuertes vientos en el área oceánica o en condiciones locales, que se propagan fuera de la zona de generación llegando a sectores costeros (Paskoff, 2010 en Campos, 2016), se originan después del paso de sistemas frontales en el mar sur austral, en la condición de inestabilidad postfrontal, cuando el Anticiclón Semipermanente del Océano Pacífico Sur, se proyecta en forma de cuña hacia el sur (Vidal, 2016).

Depende de parámetros como: velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, altura de la ola, entre otros.

En cuanto a los eventos de marejadas identificados en la zona de estudio, solo se cuenta con el historial de las marejadas que registraron daños en la costa de Chile compilado por Campos (2016), en el cual se cuenta con 14 sucesos de marejadas entre 1993 y 2014 en la Región del Maule. Estos se representan en la Figura 5.51.

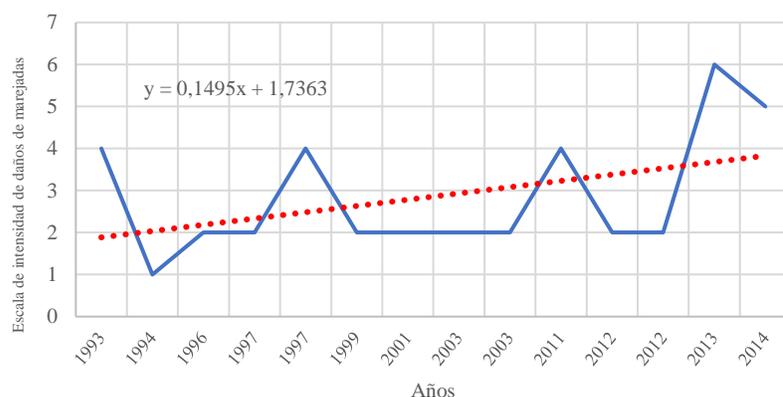


Figura 5.51: Historial de eventos de marejada para la Región del Maule, en el periodo 1993-2014. Modificado de Campos (2016).

Por medio de esta figura, se repara en como los eventos de marejadas fueron categorizados según una escala de intensidad de daños elaborada por Campos (2016), permitiendo así categorizar los daños e impactos ocurridos por este tipo de eventos de oleaje en las costas de Chile. Las descripciones de cada una de las categorías consideradas se presentan en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17: Descripción de las categorías de intensidad de daños causados por las marejadas. Extraído de Campos (2016).

Categoría	Descripción
1	Cierre de puertos y resguardo de embarcaciones. Suspensión de: faenas de buceo (deportivo y/o comercial), recolección de orilla (mariscadores y algueros), deportes náuticos (natación, surf, vela, entre otros) y playas no aptas para el baño.
2	Cierre de puertos. Daño a embarcaciones menores, precaución a tránsito de peatones en sectores costeros.
3	Cierre de puertos. Daño a todo tipo de embarcaciones con pérdida o naufragio de embarcaciones menores. Sobrepasso en estructuras con posible inundación en locales comerciales, viviendas y otras instalaciones cercanas a borde costero.
4	Cierre de puertos. Pérdida o naufragio de embarcaciones menores y graves daños a embarcaciones mayores. Sobrepassos con inundaciones en locales comerciales, viviendas y otras instalaciones cercanas al borde costero, además de posibles cortes de tránsito en caminos costeros. Daños menores a infraestructuras costeras, locales comerciales, viviendas u otro tipo de obras civiles cercanas a la línea de costa.

Continúa en la página 147.

Continuación de la Tabla 5.17.

Categoría	Descripción
5	Cierre de puertos. Pérdida o naufragio de todo tipo de embarcaciones. Sobrepassos con inundaciones en locales comerciales, viviendas, otras instalaciones y cortes de tránsito en sectores costeros. Daños mayores a infraestructuras costeras, locales comerciales, viviendas u otro tipo de obras civiles cercanas a la línea de costa.
6	Cierre de puertos. Pérdida o naufragio de todo tipo de embarcaciones. Sobrepassos con inundaciones en locales comerciales, viviendas, otras instalaciones y cortes de tránsito en sectores costeros. Graves daños a infraestructura costera, locales comerciales, viviendas u otro tipo de obras civiles cercanas a la línea de costa.
7	Cierre de puertos. Pérdida o naufragio de todo tipo de embarcaciones. Sobrepassos con inundaciones en locales comerciales, viviendas, otras instalaciones y cortes de tránsito en sectores costeros. Destrucción de infraestructuras costeras, locales comerciales, viviendas u otro tipo de obras civiles cercanas a la línea de costa.

Considerando la descripción anterior y el gráfico de la Figura 5.51, se advierte como la intensidad de las marejadas ha tendido a aumentar en el periodo 1993-2014, pudiendo ocasionar efectos dañinos como: inundación de zonas costeras, erosión costera en playas y acantilados, efectos en la cota de inundación en playas, efectos sobre el comportamiento operacional y estructural de las obras marítimas, aumento del daño durante inundaciones y tormentas, entre otros.

Referente a la distribución mensual de las marejadas ilustradas en el Figura 5.51, estas han acontecido preferentemente entre los meses de mayo y julio, alcanzando su máxima intensidad en el mes de julio del año 2013.

Por otra parte, pese a que la línea de tendencia en la Figura 5.51 indica una proyección positiva en la intensidad de las marejadas, es necesario disponer de una mayor cantidad de datos y de una actualización de estos, que permitan un mejor ajuste de la línea de tendencia y la confección de una mejor proyección en el tiempo de este tipo de fenómenos.

5.2.4.8. Productividad

El último parámetro por representar del ámbito marino-costero constituye la productividad, definida para estos efectos como la cantidad de explotación de recursos marinos por la totalidad de actividades extractivas, sumado a la cosecha de los centros de acuicultura. Lo anterior, es denominado en los anuarios estadísticos de pesca y acuicultura como “Desembarques Totales”, los cuales se definen como aquellos conformados por el desembarque que realizan las naves industriales, los barcos fábrica (tanto en aguas nacionales como en aguas internacionales), el

desembarque artesanal (que comprende el desembarque de lanchas, botes, caletas y áreas de manejo) y las cosechas de los centros de cultivo (SERNAPESCA, 2011).

Para estos efectos, solo serán representados los desembarques totales a nivel regional (Figura 5.52), y a nivel de puerto (Figura 5.53 y 5.54), no haciendo distinción por el tipo de actividad extractivista o por los centros de cultivo. En el caso de los puertos, serán representados los desembarques totales de los únicos puertos presentes en la Región del Maule: el puerto de Pelluhue y el de Constitución, los cuales a su vez son cercanos a las localidades costeras de estudio: Chovellén-Cardonal, y Loanco, respectivamente.

Para cuantificar los desembarques totales por especie, estos han sido subdivididos en 5 grupos en los anuarios de pesca y acuicultura con la finalidad de facilitar su análisis: algas, peces, moluscos, crustáceos y otras especies. Estos últimos pueden incluir equinodermos como erizos de mar o especies pertenecientes a los urocordados como los piures.

Los datos han sido extraídos desde los anuarios de pesca y acuicultura disponibles en la página web de SERNAPESCA, los cuales cuentan con registros entre los años 1960-2021. Dado que los registros del periodo 1960-1975 están divididos por zona geográfica: Norte Grande, Norte Chico, Centro, Sur y Extremo Sur, y que los registros del periodo 2012-2017, representan los desembarques totales a nivel país por año, es que para estos efectos solo serán ilustrados los valores para los periodos 1976-2011 y 2018-2021.

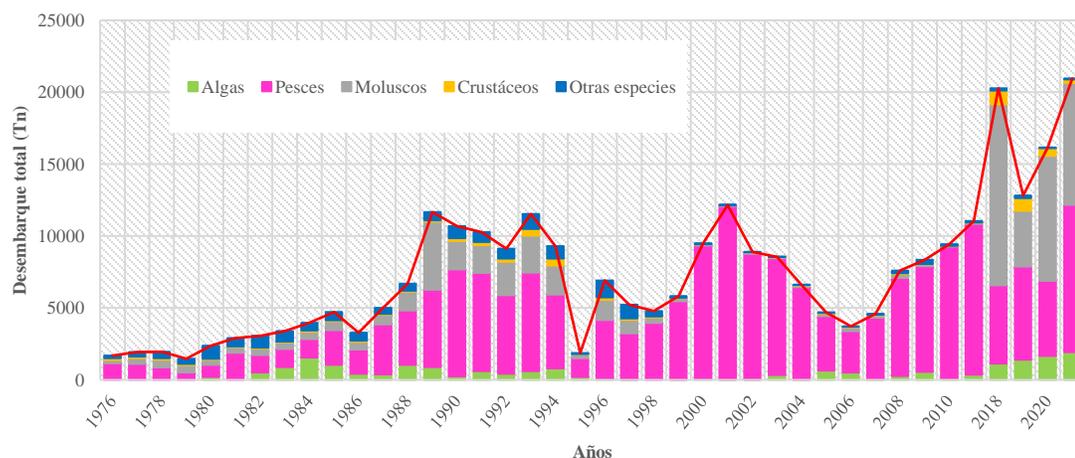


Figura 5.52: Desembarque total en toneladas vs. tiempo en la Región del Maule.

La Figura 5.52 muestra la variación en el tiempo de los desembarques totales por grupo de especie en la Región del Maule para el periodo 1976-2021. En este se advierten a lo menos 5 puntos de inflexión en los años 1978-1980, 1986, 1995, 2006 y 2018, lo cual es concordante con la línea en color rojo, que ilustra el desembarque total acumulado.

Luego, a escala local, desde el punto de vista del puerto de Constitución, comuna aledaña en su límite sur con la comuna de Chanco, es posible notar como la variación en el tiempo de los desembarques totales por grupo de especie para el periodo 1978-2021 muestra un comportamiento similar a lo representado a nivel regional, presentando puntos de inflexión entre 1978-1980, 1986, 1995 y en el año 2006 (Figura 5.53).

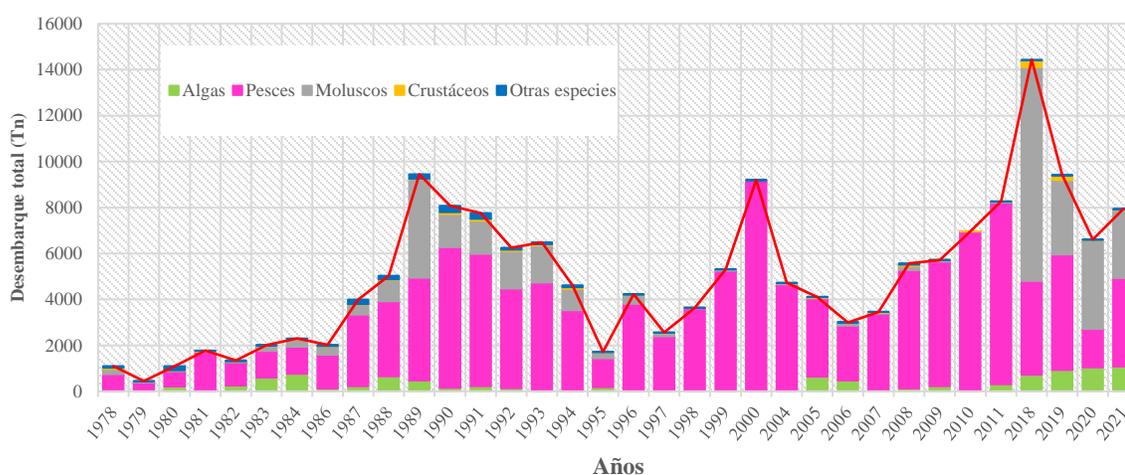


Figura 5.53: Desembarque total en toneladas vs. tiempo en el puerto de Constitución.

Ahora, desde el punto de vista del puerto de Pelluhue, se percibe como la variación en el tiempo de los desembarques totales por grupo de especie para el periodo 1978-2021 posee un comportamiento distinto a lo representado a escala regional, aunque se mantiene el punto de inflexión en el año 1995 (Figura 5.54).

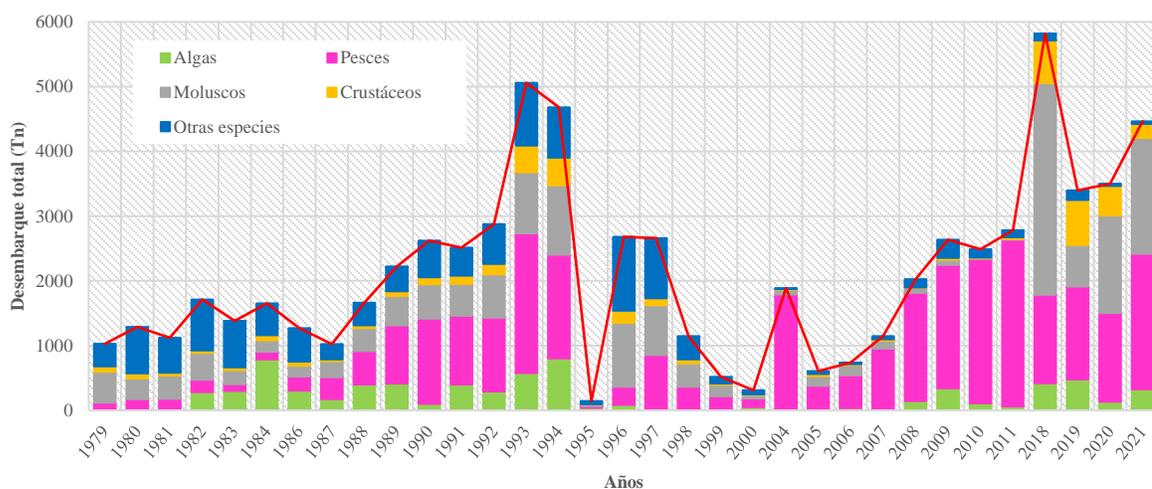


Figura 5.54: Desembarque total en toneladas vs. tiempo en el puerto de Pelluhue.

Finalmente, se percibe, un incremento de un 1.144 %, 622% y 335% en los desembarques totales si se compara la situación del año 1976, 1978 y 1979, a nivel regional y de los puertos de Constitución y Pelluhue, respectivamente, con la cantidad de desembarques totales acumulados al año 2021. Dado que este porcentaje resulta abismal, es que resulta mejor analizar los porcentajes de fluctuación de cada año con respecto al año anterior de los desembarques totales acumulados. Estos se representan en la Tabla 5.18, 5.19 y 5.20.

Tabla 5.18: Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en la Región del Maule. Elaboración propia.

Periodo	% variación	Periodo	% variación	Periodo	% variación
1976-1977	13%	1989-1990	-9%	2002-2003	-4%
1977-1978	2%	1990-1991	-4%	2003-2004	-29%
1978-1979	-33%	1991-1992	-13%	2004-2005	-40%
1979-1980	38%	1992-1993	21%	2005-2006	-26%
1980-1981	18%	1993-1994	-24%	2006-2007	19%
1981-1982	5%	1994-1995	-400%	2007-2008	40%
1982-1983	10%	1995-1996	73%	2008-2009	9%
1983-1984	14%	1996-1997	-32%	2009-2010	12%
1984-1985	16%	1997-1998	-9%	2010-2011	15%
1985-1986	-43%	1998-1999	18%	2011-2018	45%
1986-1987	34%	1999-2000	39%	2018-2019	-58%
1987-1988	25%	2000-2001	22%	2019-2020	21%
1988-1989	43%	2001-2002	-37%	2020-2021	23%

Tabla 5.19: Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en el puerto de Constitución. Elaboración propia.

Periodo	% variación	Periodo	% variación	Periodo	% variación
1978-1979	-145%	1992-1993	4%	2008-2009	3%
1979-1980	59%	1993-1994	-40%	2009-2010	18%
1980-1981	38%	1994-1995	-169%	2010-2011	16%
1981-1982	-32%	1995-1996	59%	2011-2018	43%
1982-1983	33%	1996-1997	-65%	2018-2019	-53%
1983-1984	13%	1997-1998	29%	2019-2020	-43%
1984-1986	-14%	1998-1999	32%	2020-2021	17%
1986-1987	49%	1999-2000	42%		
1987-1988	21%	2000-2004	-95%		
1988-1989	47%	2004-2005	-15%		
1989-1990	-17%	2005-2006	-37%		
1990-1991	-4%	2006-2007	13%		
1991-1992	-24%	2007-2008	38%		

Tabla 5.20: Fluctuación año a año de los desembarques totales acumulados en el puerto de Pelluhue. Elaboración propia.

Periodo	% variación	Periodo	% variación	Periodo	% variación
1979-1980	20%	1991-1992	13%	2005-2006	18%
1980-1981	-15%	1992-1993	43%	2006-2007	36%
1981-1982	34%	1993-1994	-8%	2007-2008	44%
1982-1983	-24%	1994-1995	-3196%	2008-2009	23%
1983-1984	16%	1995-1996	95%	2009-2010	-6%
1984-1986	-30%	1996-1997	-1%	2010-2011	11%
1986-1987	-24%	1997-1998	-132%	2011-2018	52%
1987-1988	38%	1998-1999	-121%	2018-2019	-71%
1988-1989	25%	1999-2000	-68%	2019-2020	3%
1989-1990	15%	2000-2004	84%	2020-2021	22%
1990-1991	-4%	2004-2005	-212%		

Tanto en las tablas 5.18, 5.19 y 5.20 se muestran por medio de porcentajes positivos, los desembarques totales acumulados cuyas capturas fueron mayores al periodo anterior, mientras que los porcentajes negativos indican los desembarques totales acumulados cuyas capturas fueron inferiores al periodo anterior. En este sentido, es posible notar como los porcentajes de fluctuación cuyas casillas se encuentran de color amarillo, denotan los valles en donde se ubican los puntos de inflexión de los gráficos de las figuras 5.52, 5.53 y 5.54.

Luego, al integrar los 3 gráficos y las 3 tablas anteriores, es posible deducir que:

- En términos generales, la gran mayoría de los porcentajes de fluctuación resultan ser positivos, lo cual demuestra que la captura de recursos marinos ha ido en aumento con el paso del tiempo.
- Los desembarques totales acumulados en el puerto de Constitución a lo largo del tiempo son mucho mayores en comparación a los desembarques totales acumulados en el puerto de Pelluhue.
- Los desembarques totales dependen principalmente de la captura de peces hasta el año 2011, ya que, luego a partir del año 2018 esta pasó a depender tanto de la captura de peces como de moluscos, en concreto de la captura de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), reineta (*Brama australis*) y de la jibia o calamar rojo (*Dosidicus gigas*).

Finalmente, dado los problemas asociados a la sobreexplotación y a la pérdida de recursos marinos y considerando el Punto Biológico de Referencia (PBR), el cual tiene por objetivo establecer la medida a partir de la cual queda definido el estado de una pesquería (subexplotado, plena explotación, sobreexplotado, agotado o colapsado), es que se ha podido constatar que en el periodo 2012-2021 las especies en estado más crítico administradas y gestionadas por las Unidades de Pesquería contenidas en la Región del Maule corresponden a: la merluza común, merluza de cola, besugo y alfonsino, encontrándose la primera en un estado de sobreexplotación y las últimas 3 en un estado de agotamiento o colapso. Otras especies actualmente en sobreexplotación corresponden a la reineta, jibia y la sardina común. Para ambos casos, es preciso mencionar, que sus estados de explotación no se condicen con sus regímenes de explotación, los cuales para estos últimos corresponden a libertad de pesca y plena explotación.

Respecto al resto de los recursos marinos administrados y gestionados por las UP contenidas en la Región del Maule, se tiene que gran parte de estas están en plena explotación o asimiladas a un régimen de plena explotación, lo cual quiere decir que el punto biológico de dichos recursos está en o cerca de su rendimiento máximo sostenible. Al igual que en los recursos sobreexplotados, se tiene que el estado de explotación no se condice con su régimen de explotación actual.

Para más detalle respecto del marco regulatorio de la pesca en Chile y del régimen y estado de explotación de los recursos marinos que principalmente se explotan en las UP comprendidas en la Región del Maule véase el Anexo C: Marco regulatorio de la pesca en Chile.

5.2.5. Geomorfológicos

5.2.5.1. Geomorfología costera

La madrugada del 27 de febrero de 2010 un terremoto de magnitud Mw 8,8, con epicentro localizado frente a la costa de Cobquecura (73,24°W; 36,29°S), afectó severamente la zona centro-sur de Chile, causando un tsunami en las costas comprendidas entre las regiones de Valdivia y Valparaíso, con efectos menores en la costa de Coquimbo, un alzamiento cosísmico en la costa de la Región del Biobío a partir de observaciones de la franja de algas coralina *lithothamnioideas*, expuesta como producto del terremoto (Vargas y otros, 2011), y una subsidencia cosísmica en el litoral de las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule (Quezada y otros, 2012; Vargas y otros, 2011). Dicho alzamiento cosísmico en la zona litoral de la Región del Biobío provocó modificaciones en el relieve como la emersión de plataformas de abrasión marina, desecamiento de ríos y humedales y el ensanchamiento de playas, mientras que en la zona litoral de las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule al experimentar subsidencia cosísmica, se evidenció una disminución del ancho de las playas, profundización de ríos, sumergencia de barras litorales e inundación de vegetación y su desecación. Pese a lo anterior, la localidad de Loanco, fue la única zona de la Región del Maule con evidencias de alzamiento cosísmico (Quezada y otros, 2012), en donde hubo un ensanchamiento de la playa, el cual fue constatado por parte de los mismos lugareños.

Con la finalidad de demostrar lo descrito anteriormente, es que se procedió a comparar una imagen satelital del antes y después del terremoto de 2010 en la costa de caleta Loanco (Figura 5.55). Estas imágenes fueron extraídas desde Google Earth.

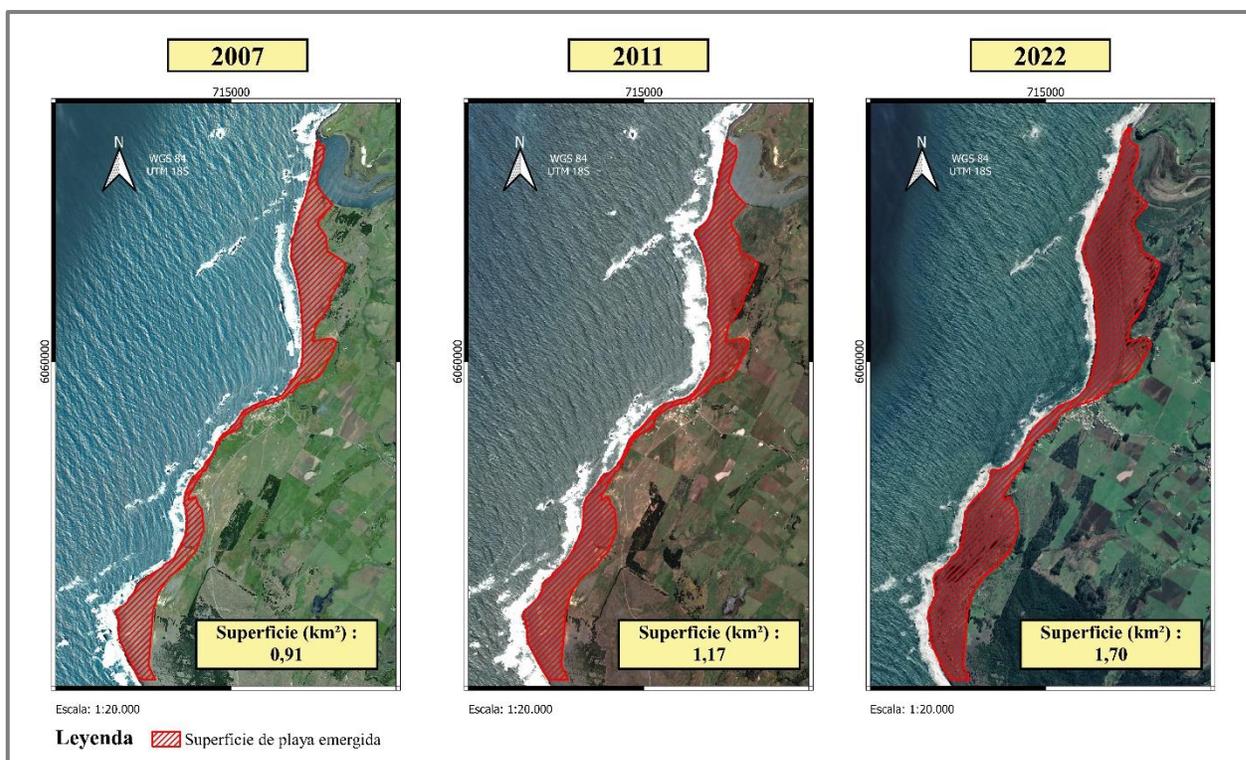


Figura 5.55: Antes y después de la costa de Loanco tras el terremoto del año 2010. a) Costa de Loanco en el año 2007; b) Costa de Loanco en el año 2011; c) Costa de Loanco en la actualidad. Elaboración propia.

A partir de esta figura, es posible observar como la superficie emergida de la playa (la cual incluye el backshore y en menor proporción el foreshore) en caleta Loanco aumentó en $0,26 \text{ km}^2$ aproximadamente tras el terremoto del año 2010, y en $0,79 \text{ km}^2$ en comparación al año 2022. Lo anterior puede evidenciar que, tras el terremoto del año 2010, producto del alzamiento cosísmico en la zona, se haya producido paulatinamente una mayor acumulación de sedimentos en la costa de Loanco.

Esto también puede ser constatado a partir del avance de la línea de costa, como se observa en la Figura 5.56.

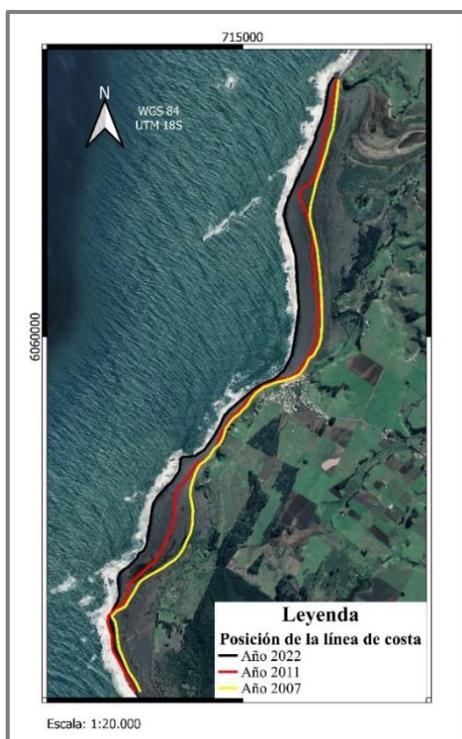


Figura 5.56: Variación de la posición de la línea de costa en Loanco durante el periodo 2007-2022. Elaboración propia.

En esta figura, en la cual se utilizó la imagen satelital del año 2022, se puede evidenciar claramente el avance de la línea de costa entre 11 (zona más angosta de la playa) y 160 m (zona más extensa de la playa) tras el terremoto del año 2010, y entre 27 (zona más angosta de la playa) y 350 m (zona más extensa de la playa) al compararlo con el año 2022. Este avance de la línea de costa, como ya se mencionó anteriormente, llevó a un ensanchamiento de la playa en donde actualmente se tiene el desarrollo de campos de dunas costeras de arena negra, las que se encuentran cubiertas por vegetación nativa como el *Carpobrotus chilensis*.

5.2.6. Sociológicos

5.2.6.1. Actores locales clave en el manejo y cuidado del agua

Teniendo en cuenta la disponibilidad hídrica cada vez menor en las localidades de estudio, como consecuencia de la megasequía y de las altas temperaturas, además de otros factores, es que resulta substancial el amparo de este recurso. Es por ello, que las comunidades, en su intento de mejorar la gestión, manejo y cuidado del agua, han elaborado una tabla con los principales actores locales, el tipo de uso, grado de dependencia y el nivel de impacto sobre este bien común.

Los resultados de la cartografía social participativa por comunidad se resumen en las tablas 5.21, 5.22 y 5.23.

Tabla 5.21: Actores locales en el manejo y cuidado del agua en la localidad de Loanco, comuna de Chanco.

Actores	Uso	Grado de dependencia	Impacto		Nivel de impacto		Grado de incidencia en decisiones
			-	+	-	+	
Agricultores (frutilla, papa, palta)	Riego	Alto	Si	Si	Alto	Bajo	Alto
Mina el Toro	Industrial	Alto	Si	No	Alto	-----	Alto
APR Loanco	Consumo/gestión	Alto	No	Si	-----	Alto	Alto
Pescadores artesanales (3 sindicatos)	Productivo	Alto	Si	Si	Bajo	Bajo	Alto
Armada (Faro Carranza)	-----	Alto	No	Si	-----	Bajo	Bajo
Población flotante (2° vivienda)	Consumo humano	Alto	Si	No	Alto	-----	Bajo
Forestales	Industrial	Alto	Si	No	Alto	-----	Alto
Vecinos y vecinas (junta de vecinos)	Consumo humano	Alto	No	Si	-----	Medio	Bajo
Escuela	Consumo humano	Alto	No	Si	-----	Bajo	Bajo
Club de adulto mayor	Consumo humano	Bajo	No	-----	-----	-----	Bajo
Las Estrellitas (artesanos)	Consumo humano	Bajo	No	-----	-----	-----	Bajo
DGA	-----	-----	Si	Si	Alto (por omisión)	Bajo	Bajo
Municipio	Productivo/recreativo	Bajo	Si	Si	Alto (por omisión)	Bajo	Alto
PRODESAL/INDAP	Productivo	Alto	Si	No	Alto (por omisión)	-----	Alto
Turistas	Productivo	Alto	Si	No	Alto (por colapso)	-----	Bajo
Servicios turísticos	Productivo	Alto	Si	No	Alto (por colapso)	-----	Alto
Ganadería (menor escala)	Productivo	Alto	Si	Si	Bajo	Bajo	Alto
Nuevos vecinos (parcelaciones)	Consumo humano	Alto	Si	No	Alto	-----	Bajo

Tabla 5.22: Actores locales en el manejo y cuidado del agua en la comuna de Pelluhue.

Actores	Uso/tipo de agua	Grado de dependencia	Impacto		Nivel de impacto		Grado de incidencia en decisiones
			-	+	-	+	
Comité de agua potable	Doméstico/río, pozos profundos, napas subterráneas	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	Alto
Agricultores intensivos/monocultivo	Riego	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	Alto
Agricultura familiar	Riego/cursos de agua menores, pozos profundos	Muy alto	Si	No	Bajo	-----	Bajo
Forestales	Producción/aguas subterráneas	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	Alto
Comité de riego	Consuntivo/ríos, cursos de agua menores, pozos	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	Alto
Sindicato de Cardonal (percardores recolectores)	Acuicultura y extracción/río, mar	Muy alto	No	Si	0	Medio	Medio
Turismo (servicios)	Sanitario, recreativo/río, cursos de agua menores, mar	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	Medio
Municipalidad	Camiones aljibe	Bajo	Si	Si	Muy alto	Bajo	Super alto
Extractores de áridos y laja	/río	Bajo	Si	No	Medio	-----	Bajo
Escuelas de surf	Recreativo/mar	Muy alto	No	No	0	-----	Bajo
Pescadores	Extractivista /mar	Muy alto	Si	No	Alto	-----	Alto
Turistas	Consumo recreativo/todas	Muy alto	Si	No	Muy alto	-----	No
Vigilante costero	Defensa, educación ambiental, regeneración, investigación	Muy alto	No	Si	-----	-----	Medio
Rutas Pudú							
Nativa Esperanza							
Centro D. Cre-Ser							
Vivero regeneración							
CAC							
Armada	Regulación, navegación/mar	Alto	Sí	Si	Medio	Bajo	Alto

Tabla 5.23: Actores locales en el manejo y cuidado del agua en Coronel de Maule y Cauquenes.

Actores	Uso	Grado de dependencia	Impacto		Nivel de impacto		Grado de incidencia en decisiones
			-	+	-	+	
Defensores río Coronel	Cuidado/recreativo	Alta	No	Si		Alto	Bajo

Continúa en la página 158.

Continuación de la Tabla 5.23.

Actores	Uso	Grado de dependencia	Impacto		Nivel de impacto		Grado de incidencia en decisiones
			-	+	-	+	
APR Coronel	Consumo humano/recuperación para riego	Muy alta	No	Si	-----	Bajo	Bajo
Municipalidad (camiones aljibes)	Distribución	Muy alta	Si (camiones aljibes)	No	-----	-----	Alto
Gobernación	Distribución/fiscalización	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Viñas patrimoniales	Riego natural	Baja	No	Si		Alto	Bajo
Monocultivo de frutillas	Riego artificial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Viñas industriales	Riego artificial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Forestal Arauco	Riego artificial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Comunidad	Consumo humano/recreativo	Muy alta	No	Si	-----	Bajo	Bajo
DOH	Regulación/distribución/obras	Alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Essbio	Sanitario/uso comercial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Inmobiliarias	Consumo comercial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Agricultores de chicharos y otros	Riego	Muy alta	No	Si	-----	Bajo	Medio/bajo
Comité de agua Quinhue	Consumo humano/riego/malas prácticas	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Bajo
Recolector de camarones	Cuidado	Muy alta	No	Si	-----	Alto	Bajo
Torres de Alta tensión	Intervención del ciclo natural	Muy alta (indirectamente)	Si	No	Alto	-----	Alto
Apícola	Uso productivo-comercial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Chanchería	Uso productivo-comercial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto
Míneras	Uso productivo-comercial	Muy alta	Si	No	Alto	-----	Alto

En total se reconocieron alrededor de 19 a 20 actores locales clave por cada zona de estudio. De estos, el mayor número de actores con impacto negativo fue identificado en la localidad de Loanco y en Coronel de Maule-Cauquenes. A su vez ambas zonas coinciden en que el nivel de impacto negativo es alto a muy alto, y que por lo general proviene de la mano de organismos gubernamentales, privados y en menor proporción de la misma comunidad.

Por otro lado, el mayor número de actores locales con impacto positivo en el manejo y cuidado del agua proviene del sector de Loanco y de Chovellén-Cardonal, donde este último a su vez cuenta con el menor número de actores locales con impacto negativo. Referente al impacto positivo, las 3 zonas coinciden en que este es principalmente bajo y neutro.

En relación a la capacidad de incidencia en la toma de decisiones sobre el territorio, se ha percibido que en la localidad de Loanco el APR Loanco, agricultores, pescadores artesanales, mineras y forestales, cuentan con una alta capacidad de incidencia en la toma de decisiones del sector. De estos actores mencionados tanto las mineras como las forestales poseen una posición negativa en relación a la conservación y/o cuidado del agua en la cuenca del río Pinotalca.

Referente a la localidad de Chovellén-Cardonal, se ha percibido que la armada, el comité de agua potable, el comité de riego, forestales, pescadores, municipalidad y agricultores poseen una alta capacidad de incidencia en la toma de decisiones sobre el territorio. De estos actores mencionados, todos excepto la armada, cuentan con una posición negativa en relación a la conservación y/o cuidado del agua en la cuenca del río Chovellén.

Finalmente, en cuanto a la localidad de Coronel de Maule-Cauquenes, no se dispone de información, dado que los representantes de dicho territorio no alcanzaron a completar la actividad.

5.2.7. Otros

5.2.7.1. Ocurrencia de incendios forestales

Considerando los registros de incendios forestales desde la temporada 2010-2011 hasta la temporada 2020-2021, disponibles en Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF), es posible visualizar la ocurrencia de incendios forestales y el total de hectáreas afectadas por estos mismos en las subcuencas de estudio (Figura 5.57).

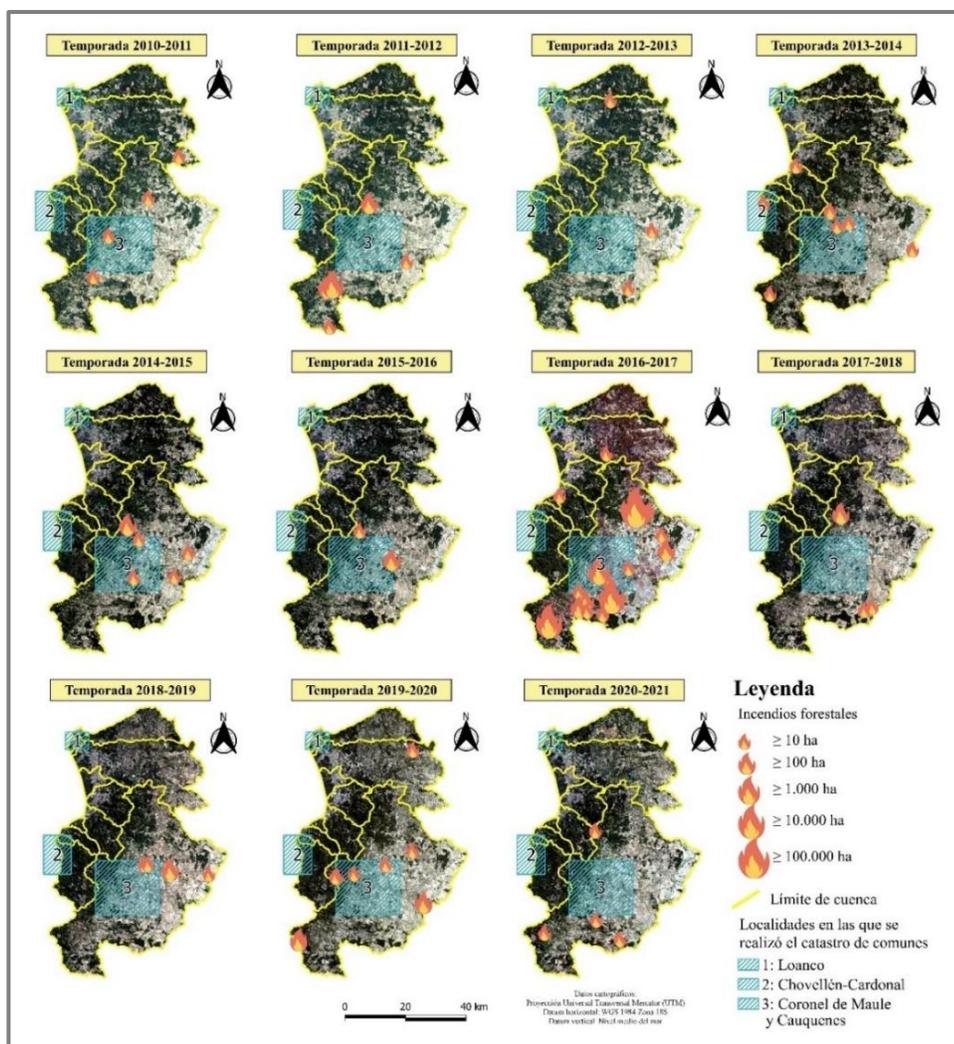


Figura 5.57: Incendios forestales para el periodo 2010-2021. Extraído de capas vectoriales del SIMEF.

A partir de lo observado en la Figura 5.57, se advierte como el número de ocurrencia de incendios forestales y el área afectada por los mismos ocurre en mayor proporción en la zona de la subcuenca río Cauquenes, mientras que en las subcuencas río Chovellén y Pinotalca, el total de hectáreas afectada entre el 2010-2021 no sobrepasa las 10 ha, exceptuando la temporada 2016-2017. Es en esta última temporada, donde se produce el mayor incendio registrado hasta la fecha en la Región del Maule, la cual cubrió gran parte de las subcuencas río Cauquenes y Pinotalca, como se observa en la Figura 5.58.

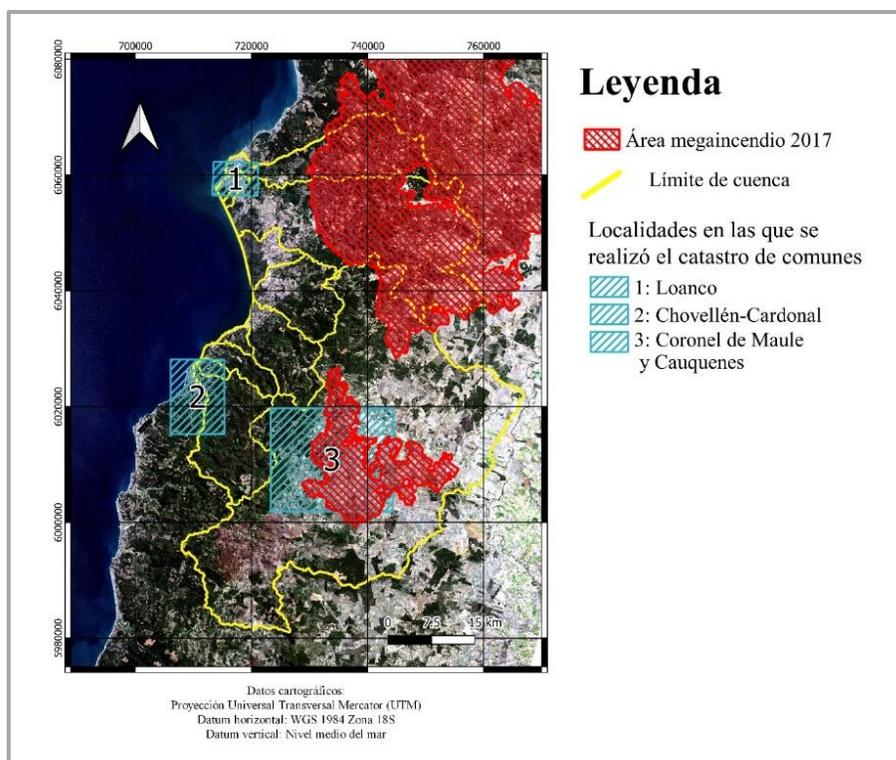


Figura 5.58: Área cubierta por el megaincendio del año 2017. Extraído de capas vectoriales de SIT CONAF.

Este megaincendio consumió 279.930,4 ha en la Región del Maule, de las que 32.573,93 ha corresponden a la subcuenca río Cauquenes y 16.108 ha a la subcuenca río Pinotalca.

Los usos y sub-usos de suelo afectados por este megaincendio consisten en primer lugar en el sub-uso plantación forestal, seguido por los usos praderas y matorrales, agrícola y el sub-uso bosque nativo (Figura 5.59).

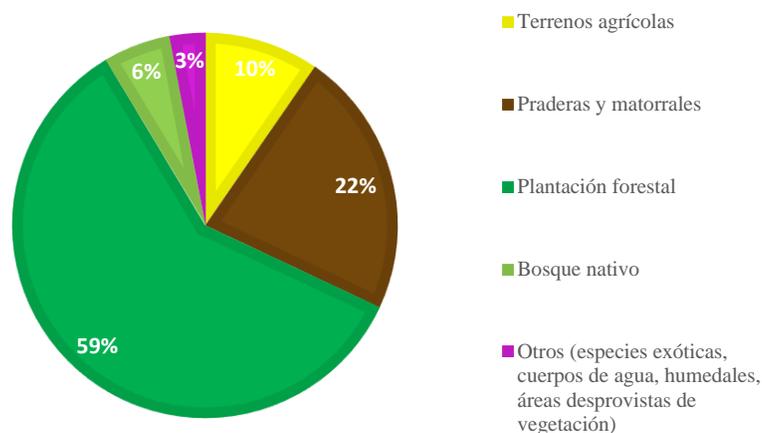


Figura 5.59: Total de superficie afectada por tipo de uso de suelo tras el megaincendio del año 2017 en las subcuencas de estudio. Elaboración propia.

En relación a las plantaciones forestales, las especies más perjudicadas fueron el *Pinus radiata*, seguido del *Pinus insigne*, mientras que por otro tanto, las especies nativas dañadas consisten en los sub-tipos forestales peumo-quillay-Litre, seguido del roble-hualo, además de la *Vachellia caven*, también denominada espino, en menor proporción.

Por otra parte, la mayor frecuencia de ocurrencia de incendios forestales en la subcuenca río Cauquenes, puede deberse a una serie de factores como: condiciones meteorológicas (pluviometría, temperatura, humedad relativa, nubosidad, etc.), vegetación, topografía y actividad humana (densidad de poblacional), los cuales en su conjunto podrían ayudar a la construcción de un índice de probabilidad de ocurrencia de incendios forestales o índice de riesgo de incendios forestales.

5.2.7.2. Reconocimiento preliminar del estado de la biodiversidad

Finalmente, en vista del interés por parte de la localidad de Loanco y de las localidades aledañas al estuario del río Chovellén de preservar la biodiversidad asociada a los principales cursos de agua y de generar acciones vinculadas a la protección de estos espacios por parte de la comunidades locales, es que se ha agregado este apartado con el propósito de identificar aquella flora y fauna que habita cada sector, dependiente de las variables que afecten su entorno y de su interacción con bienes comunes como el agua.

Debido a lo anterior, es que realizó un catastro preliminar de la biodiversidad local en la desembocadura del río Loanco y a lo largo de la caleta homónima (Tabla 5.24 y 5.25). Referente al estuario del río Chovellén, dicha actividad de identificación de especies fue realizada el año 2018, de la mano del proyecto “Valorización y Protección de la Desembocadura del Río Chovellén como Sitio Prioritario de Conservación en la comuna de Pelluhue”.

Tabla 5.24: Fauna identificada a lo largo del río Loanco, su desembocadura y en la caleta homónima.

Nº	Nombre común	Nombre científico	Nº	Nombre común	Nombre científico
1	Fio fio	<i>Elaenia albiceps</i>	5	Camarón de vega	<i>Parastacus pugnax</i>
2	Pato Yeco o Cormorán negro	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	6	Cisne Cuello Negro	<i>Cygnus melancoryphus</i>
3	Pato Jergón Grande	<i>Anas georgica</i>	7	Queltehue	<i>Vanellus chilensis</i>
4	Huala	<i>Podiceps major</i>	8	Gaviota de Franklin	<i>Leucophaeus pipixcan</i>

Continúa en la página 163.

Continuación de la Tabla 5.24.

N°	Nombre común	Nombre científico	N°	Nombre común	Nombre científico
9	Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>	24	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>
10	Golondrina Chile	<i>Tachycineta leucopyga</i>	25	Pilpilén	<i>Haematopus palliatus</i>
11	Gaviota Dominicana	<i>Larus dominicanus</i>	26	Pelícano	<i>Pelecanus</i>
12	Diucón	<i>Xolmis pyrope</i>	27	Gaviotín Piquerito	<i>Sterna trudeaui</i>
13	Tagua Común	<i>Fulica armillata</i>	28	Zarapito	<i>Numenius phaeopus</i>
14	Run Run	<i>Hymenops perspicillata</i>	29	Bandurrilla	<i>Upucerthia dumetaria</i>
15	Jilguero	<i>Spinus barbatus</i>	30	Cormoran lile	<i>Phalacrocorax gaimardi</i>
16	Chercán	<i>Troglodytes aedon</i>	31	Choritos	<i>Mytilus chilensis</i>
17	Chuncho	<i>Glaucidium nana</i>	32	Piquero	<i>Sula variegata</i>
18	Pato Real	<i>Mareca sibilatrix</i>	33	Tortola	<i>Zenaida auriculata</i>
19	Treile	<i>Vanellus chilensis</i>	34	Come Tocino	<i>Phrygilus gayi</i>
20	Picaflor Gigante	<i>Patagona gigas</i>	35	Cachudito	<i>Anairetes parulus</i>
21	Cisne Coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	36	Chincol	<i>Zonotrichia capensis chilensis</i>
22	Colegial	<i>Lessonia oreas</i>	37	Garza Cuca	<i>Ardea cocoi</i>
23	Camarón de vega	<i>Parastacus pugnax</i>	38	Lobos marinos	<i>Otaria sp.</i>

Por otra parte, entre la flora identificada se encuentran especies introducidas como el pino, eucaliptus, y el aromo, además de especies nativas como la doca, chagual, chupalla y erodium (Tabla 5.25).

Tabla 5.25: Flora identificada a lo largo del río Loanco, su desembocadura y en la caleta homónima.

N°	Nombre común	Nombre científico	N°	Nombre común	Nombre científico
1	Botón de oro	<i>Ranunculus acris</i>	13	Perejil de la costa	No identificado
2	Linasa silvestre	<i>Linum sp.</i>	14	Berro de Agua	<i>Nasturtium officinale</i>
3	Pasto cebolla	<i>Arrhenatherum sp.</i>	15	Llantén	<i>Plantago major</i>
4	Oreja de Ratón	<i>Dichondra argentea</i>	16	Luche	<i>Porphyra sp. /Pyropia sp.</i>
5	Treból subterráneo	<i>Trifolium subterraneum</i>	17	Huiro	<i>Lessonia sp.</i>
6	Puya o Chagual	<i>Puya chilensis</i>	18	Nalca	<i>Gunnera sp.</i>
7	Tabaco del Diablo	<i>Lobelia tupa</i>	19	Perlilla	<i>Margyricarpus pinnatus</i>
8	Junco	<i>Juncus</i>	20	Rábano Silvestre	<i>Raphanus raphanistrum</i>
9	Arvejilla	<i>Lathyrus odoratus</i>	21	Pino	<i>Pinus</i>
10	Erodoium nativo	No identificado	22	Eucapilto	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>
11	Cardo Negro	<i>Cirsium vulgare</i>	23	Aromo	<i>Vachellia farnesiana</i>
12	Cardo mariano	<i>Silybum marianum</i>	24	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>

Continúa en la página 164.

Continuación de la Tabla 5.25.

N°	Nombre común	Nombre científico	N°	Nombre común	Nombre científico
25	Chupalla	<i>Eryngium paniculatum</i>	33	Batro	<i>Schoenoplectus californicus</i>
26	Suspiro costero	<i>Nolana</i> sp.	34	Litre	<i>Lithraea caustica</i>
27	Doca	<i>Carpobrotus chilensis</i>	35	Hierba Dulce	<i>Calceolaria thyrsoiflora</i>
28	Barrón o carrizo	<i>Ammophila arenaria</i>	36	Retamilla	<i>Genista monspessulana</i>
29	Chocho o lupino	<i>Lupinus</i>	37	Artemisa	<i>Artemisia vulgaris</i>
30	Mostaza silvestre	<i>Sinapis arvensis</i>	38	Sanguinaria de la Costa	No identificado
31	Yuyo	No identificado	39	Molle	<i>Schinus latifolius</i>
32	Oxalis	<i>Oxalis</i>			

Referente al estuario del río Chovellén, la fauna y la flora identificada en la actividad de monitoreo realizada el año 2018 se detalla en la Tabla 5.26 y 5.27.

Tabla 5.26: Fauna identificada a lo largo del estuario del río Chovellén y su desembocadura. Modificado de Ministerio del Medio Ambiente (2018).

N°	Nombre común	Nombre Científico	N°	Nombre común	Nombre científico
1	Quique	<i>Galictis cuja</i>	15	Jote Cabeza Negra	<i>Coragyps atratus</i>
2	Chinge	<i>Conepatus chinga chinga</i>	16	Jote Cabeza Colorada	<i>Cathartes aura</i>
3	Camarón de tierra	<i>Parastacus pugnax</i>	17	Quetehue - Treile	<i>Vanellus chilensis</i>
4	Sapito de cuatro ojos	<i>Pleurodema</i> sp.	18	Tenca	<i>Mimus thenca</i>
5	Conejo	<i>Oryctolagus</i> sp. (Familia Leporidae)	19	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>
6	Liebre	<i>Lepus</i> sp. (Familia Leporidae)	20	Tortola	<i>Zenaida auriculata</i>
7	Pejerrey	Familia Atherinidae	21	Rara	<i>Phytotoma rara</i>
8	Robalo	<i>Eleginops</i> sp.	22	Churrete Común	<i>Cinclodes patagonicus</i>
9	Lisa	<i>Mugil</i> sp.	23	Yeco	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
10	Bagre	No identificado	24	Garza Cuca	<i>Ardea cocoi</i>
11	Trucha	No identificado	25	Trile	<i>Agelasticus thilius thilius</i>
12	Madre de la culebra	<i>Acanthinodera cumingii</i>	26	Tahua Común	<i>Fulica armillata</i>
13	Araña pollito	No identificado	27	Gaviota Cahuil	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>
14	Libélula	No identificado	28	Gaviota Dominicana	<i>Larus dominicanus</i>

Continúa en la página 165.

Continuación de la Tabla 5.26.

N°	Nombre común	Nombre Científico	N°	Nombre común	Nombre científico
29	Chercán	<i>Troglodytes aedon</i>	32	Zarapito	<i>Numenius phaeopus hudsonicus</i>
30	Fío Fío	<i>Elaenia albiceps</i>	33	Pilpilén	<i>Haematopus palliatus palliatus</i>
31	Jilguero	<i>Spinus barbata</i>	34	Pilpilén	<i>Haematopus palliatus palliatus</i>

Tabla 5.27: Flora identificada a lo largo del estuario del río Chovellén y su desembocadura. Modificado de Ministerio del Medio Ambiente (2018).

N°	Nombre común	Nombre científico	N°	Nombre Común	Nombre Científico
1	Boldo	<i>Peumus boldus</i>	8	Palito negro	<i>Adiantum chilense</i>
2	Litre	<i>Lithraea caustica</i>	9	Aromo	<i>Acacia</i> sp.
3	Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>	10	Zarzamora	<i>Rubus</i> sp.
4	Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	11	Añañuca	<i>Rhodophiala</i> sp.
5	Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i>	12	Chilco	<i>Fuchsia magellanica</i>
6	Total	No identificado	13	Orquídeas	No identificado
7	Chagual	<i>Puya chilensis</i>			

Considerando que estas actividades solo permiten tener una visión general de las especies presentes actualmente en las localidades costeras de estudio, es que no facultan conocer su variación espacio-temporal. Para lograr lo anterior, se requiere de la realización de más cartografías participativas que permitan situar en el tiempo la presencia o ausencia de las especies junto a su delimitación areal, o de la implementación y fomento de la denominada “ciencia ciudadana”, la cual permite a la misma comunidad involucrarse en la toma de datos y su interpretación. Para esto, se puede llevar a cabo la realización de actividades como: monitoreo e identificación de especies, identificación de amenazas sobre la biodiversidad, y observación de la interacción entre especies con su medio abiótico.

Pese a lo anterior, esta actividad ha permitido tener un primer acercamiento a un estudio de biodiversidad local, del cual se puede desprender la necesidad de preservar comunes como el agua, y con ello todo el ecosistema que alberga.

6. DISCUSIÓN

6.1. GENERALIDADES

Dada la gran cantidad de parámetros abordados, es que se presentará a continuación la integración de los resultados obtenidos por medio ejes temáticos, en conjunto con su potencial efecto sobre el estado de los bienes comunes, dificultades presentadas y algunas recomendaciones. El resumen de dicha integración de resultados y de su influencia en el estado de los bienes comunes se presenta en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Integración de los parámetros bio-geofísicos e influencia en el estado de los bienes comunes identificados. Elaboración propia.

Grupo	Parámetro/s	Bien común	Influencia	Tendencia	Localidad afectada		
					Loanco	Chovellén-Cardonal	Coronel de Maule-Cauquenes
Hidroológico	Caudal	Cursos de agua, bordes de río, vegas, humedales	Disminución del caudal de los principales cursos de agua contenidos en las subcuencas de estudio	Disminución	X	X	X
	Derechos de agua		Mal manejo y sobreexplotación del recurso hídrico				
Climatológico	Índice de precipitación estandarizado (IPE), precipitaciones, humedad, temperatura promedio	Cursos de agua, bordes de río, vegas, humedales	Disminución del caudal de los principales cursos de agua contenidos en las subcuencas de estudio, reducción del área de vegas y humedales	Disminución	X	X	X
		Bosque nativo, RFNM, espino	Reducción de RFNM y del vigor de bosque y matorrales nativos	Disminución		X	X

Continúa en la página 165.

Continuación de la Tabla 6.1

Grupo	Parámetro/s	Bien común	Influencia	Tendencia	Localidad afectada		
					Loanco	Chovellén-Cardonal	Coronel de Maule-Cauquenes
Climatológico	Índice de precipitación estandarizado (IPE), precipitaciones, humedad, temperatura promedio	viñas patrimoniales y vitivinicultura tradicional	Modificación de la fecha de maduración de la uva y cambios en la composición química y en las características organolépticas de las uvas y el vino	Disminución			X
		Apicultura	Reducción de cantidad de abejas por apareamiento de patógenos derivados de su desnutrición frente a la pérdida de su habitat y reducción de flores	Disminución			X
Edafológico	pH del suelo	Bosque nativo, suelo, RFNM, espino	Degradación (disminución volumétrica o pérdida de nutrientes) del suelo, pérdida de bosques y matorrales nativos	Aumento del uso de suelo de tipo forestal y cantidad de geoformas de erosión		X	X
	Erosión del suelo						
	Cárcavas						
	Tipo de uso de suelo						
	NDVI						
NDMI							
LST							
Marino-costeros	Productividad		Disminución/agotamiento de especies marinas a escala magroregional	Disminución	X	X	
Geomorfológico	Geomorfología costera	Zona costera, áreas de manejo de pesca artesanal (AMERB)	Muerte de la biota intermareal/ Desplazamiento de zona de recolección de especies marinas	Aumento de zona de playa	X	X	

6.2. PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y CLIMATOLÓGICOS

En relación con la situación hídrica en las 3 zonas de estudio, estas se han visto afectadas por diversas problemáticas, que se han visto reflejadas en el aumento de las temperaturas (Figura 5.23) y en el déficit de las precipitaciones (desde el año 2006 aproximadamente según el IPE a escala de

subcuenca, y entre 2008-2010 a nivel comunal) asociadas a la variabilidad climática, y potenciadas por la acción antropogénica, por medio de la sobreexplotación y el mal manejo del recurso hídrico. Esto ha provocado la disminución del caudal de los principales cursos de agua contenidos en las subcuencas de estudio (Figura 5.6), de la humedad relativa del aire (Figura 5.29), generando con ello el desabastecimiento de este común sobre todo en la zona de Coronel de Maule. Asimismo, la carencia de una buena regulación y falta de control, contribuyen al desconocimiento de la red hídrica actual existente en las 3 zonas y a una sobreexplotación de la misma.

Esta situación hídrica crítica, podría generar efectos en otros comunes que dependen de la disponibilidad de agua como lo son: bosques y matorrales nativos (*Vachellia caven*), apicultura, reducción del área de vegas y humedales; viñas patrimoniales y vitivinicultura tradicional. Estos comunes a su vez pueden verse perjudicados por otros parámetros climatológicos fundamentales (aparte del cambio en el régimen de precipitaciones y de la humedad relativa del aire) como el aumento de la temperatura atmosférica promedio, el cual puede causar la modificación de la fecha de maduración de la uva y cambios en la composición química y en las características organolépticas de las uvas y el vino (CORFO & Price Water House Coopers, 2009; Díaz, 2020).

En el caso de la actividad apícola, producto de la variabilidad climática, se puede ocasionar que el inicio prematuro de las floraciones se desfase con la fenología de las colmenas, ocasionando que el acopio de miel pueda ser deficiente. Junto a lo anterior, se tiene otras consecuencias potenciales como: la reducción en la cantidad de néctar y calidad del polen (Le Conte y Navajas 2008 en Castellanos y otros 2016), lo cual afectaría la disponibilidad del alimento y el desarrollo de las abejas, trayendo consigo problemas de desnutrición en las mismas y que estas se vean más vulnerables al ácaro varroa, el cual debilita a las abejas favoreciendo el desarrollo de otros patógenos (Guzmán & Correa, 2012 en Castellanos y otros 2016) y a que estas posean una mayor mortandad.

En ambos comunes descritos, vale decir tanto en la apicultura como en las viñas patrimoniales y en el desarrollo de la vitivinicultura tradicional, se ha podido constatar por medio del relato de los lugareños gran parte de estos efectos mencionados.

Por otra parte, referente a la *Vachellia caven* o también denominado espino, se ha advertido que, si bien en un principio se habría determinado por medio de las conversaciones con actores locales que esta no se habría visto mayormente afectada por la variabilidad climática, dado que

corresponde a una especie resiliente que se adapta a las condiciones del medio, existen investigaciones pioneras que indicarían que esta especie de igual manera se vería afectada por la crisis hídrica. Ejemplo de lo anterior, constituye el estudio presentado en un artículo de prensa de la revista Ladera Sur y en el CR2, denominado “La alarmante pérdida de resistencia del bosque esclerófilo: al menos un tercio ha disminuido su verdor por la megasequía en la zona central”, donde se indicaría que producto de la megasequía estaría disminuyendo el vigor no solo del espino sino también del bosque nativo, lo cual se manifestaría por medio de la reducción de su verdor, la disminución del crecimiento de los individuos, la defoliación (caída prematura de las hojas) y la muerte de partes de su copa.

Ahora, continuando con el tema de la baja disponibilidad hídrica, se tiene que esta podría verse intensificada debido al dominio de los territorios, por una amplia superficie de plantaciones forestales basadas en especies exóticas de rápido crecimiento y de corta rotación (18 a 22 años para *Pinus* sp. y 12 a 18 para *Eucalyptus* sp.) (Figura 5.31 y 5.33), comparado a la cantidad existente de bosque o matorrales nativos. Lo anterior sería explicado por el cambio en la cobertura de uso de suelo que experimentó la zona luego de la promulgación del Decreto de Ley 701 durante el año 1974, el cual subsidió la forestación y el manejo de nuevas plantaciones, dando un impulso al desarrollo forestal y a la expansión de estas hacia cordones montañosos, andinos y costeros.

El problema de forestar con plantaciones exóticas radica en su gran consumo de agua, lo cual conlleva a una menor retención de humedad por parte del suelo en el que habita; a que estos suelos al estar más secos sean más compactos y a que cuenten con una mayor escorrentía superficial. Por otro lado, entre las ventajas de forestar con bosque nativo está: el menor impacto en el suministro de agua, su ayuda en la regulación de caudales y en su mantención durante el verano, el otorgamiento de mayores beneficios ecosistémicos en comparación a las plantaciones forestales y el secuestro de altos niveles de carbono de la atmósfera para la regulación de la temperatura del ambiente (Álvarez y otros, 2019; Galleguillos y otros 2021).

Lo anterior denota la importancia del uso urgente de vegetación nativa, por sobre el uso de plantaciones forestales (Galleguillos y otros, 2021) ante el contexto de variabilidad climática, ya que permite la existencia y preservación de otros comunes, tales como los RFNM y el abastecimiento de agua de vertientes y de cursos de agua en territorios como Coronel de Maule.

Finalmente, resulta difícil cuantificar el nivel de sobreexplotación y mal manejo de ciertos comunes, como el común hídrico, dada la baja resolución de los datos y la escasa disponibilidad de información en parámetros como los DAA superficiales, en los que pese a la reglamentación vigente desde el año 2005 en ámbitos como el caudal ecológico, aún se cuenta con un vacío de información referente a este en todos aquellos derechos de aprovechamiento constituidos posterior a esa fecha (aproximadamente el 78 % del total de DAA superficiales contenidos en las subcuencas de estudio).

Lo anterior dificultaría el constatar el cumplimiento de respetar el caudal ecológico por parte de los nuevos titulares de derechos de aprovechamiento, lo que, sumado a la falta de fiscalización por parte de entidades gubernamentales de la cantidad real de personas naturales y jurídicas que están autorizadas para la utilización de este recurso y en qué cantidad, no permitiría a su vez hacer un balance entre el caudal total extraído y el caudal ecológico.

Pese a lo anterior, sí se ha podido constatar en terreno el desabastecimiento de agua en la zona (sobre todo en los meses de verano), el mal manejo de este recurso por medio de bocatomas en el río San Juan y en pequeños cursos de agua por parte de viñas industriales y otros particulares, además del aumento de la cantidad de pozos producto del aumento de las parcelas de agrado sobre todo en la localidad de Coronel de Maule.

Evidencia de este mal manejo, constituyen las infracciones al código de Aguas por parte de la viña industrial Santa Carolina producto de su intervención sobre el río San Juan. Entre estas infracciones se encuentra: la extracción no autorizada de aguas, modificación de cauce y obra mayor, existencia de una bomba de agua, pozos habilitados para su funcionamiento sin caudalímetro, y un tranque de acumulación de aguas con una superficie de aproximadamente 80.000 m², el cual tendría profundidades entre 2 a 3 m en periodos de invierno. Debido a lo anterior, es que la Corte Suprema durante el año 2021, falló a favor de la agrupación ecológica Protectores del Río Coronel de Maule y de la junta de vecinos del sector para el cese de la intervención de las aguas del río San Juan por parte de esta viña industrial (Disponible en: <https://www.diarioconstitucional.cl/>; <https://cauquenesnet.cl/>).

6.3. PARÁMETROS EDAFOLÓGICOS

Teniendo en cuenta la gran cantidad de cárcavas encontradas en algunos sectores de Coronel de Maule, sus grandes dimensiones y la gran cantidad de pérdida de suelo visualizada en este territorio, se repara en que los suelos de dicha zona poseen altos niveles de erosión y de degradación atribuidos en gran parte a la economía agraria, basada principalmente en el cultivo de cereales, pero también en las viñas de secano, que prevalecieron hasta comienzos de la década de 1970. Desde esa fecha, gran parte de estos terrenos erosionados comenzaron a ser forestados con plantaciones de especies introducidas, lo que en cierta medida ha ayudado a detener los procesos de degradación. Sin embargo, en estos terrenos actualmente bajo un régimen de uso forestal, es posible identificar sectores donde el establecimiento y el manejo de las plantaciones es difícil, ya que muchas veces están asociados a zonas severamente erosionadas, en las que la presencia y avance de las cárcavas activas están afectando a las plantaciones establecidas y provocando daños de importancia a los caminos, entre otros (Iroume y otros, 1994).

De esta manera, aun cuando gran parte de los terrenos están cubiertos por plantaciones forestales, se siguen produciendo grandes volúmenes de escurrimientos superficiales y se siguen teniendo cárcavas activas. Esto se debe sin duda a un desequilibrio hidrológico por el estado general de compactación de los suelos (mayor nivel de compactación respecto a su condición original, lo cual favorece el escurrimiento superficial y al mismo tiempo dificulta el establecimiento de vegetación), por la menor eficiencia de la cobertura vegetal actual respecto a la original en cuanto al balance hídrico y protección del suelo (Álvarez, 1988; Campos, 1990 en Iroume y otros, 1994), y también debido a los efectos de las actividades silvícolas, principalmente de las faenas de cosecha las cuales incluyen: la cortada de los árboles, la construcción de huellas de madereo y caminos para extraer árboles, el uso de maquinaria pesada para el madereo, y eventualmente el uso del fuego u otro tipo de disposición de desechos.

En conclusión, lo observado en terreno constata el uso inapropiado del común suelo, de la vegetación en la zona de Coronel de Maule, y de la necesidad de implementar medidas específicas de recuperación de los suelos degradados, ya que independiente del uso de suelo, la presencia de monocultivo de pino como vegetación, seguido de los suelos con escasa o nula vegetación, son un factor condicionante en el desarrollo y la reactivación de grandes cárcavas originadas en el pasado y no un factor que propicie la disminución de la pérdida de suelo y que detenga necesariamente el

avance de las cárcavas. Esto se debe a que al usar plantaciones de monocultivo puede aumentar el riesgo de movimiento de grandes masas del suelo, en lugar de disminuirlo, especialmente en el caso de plantaciones coetáneas establecidas muy cerca de los bordes de cárcavas o de taludes inestables, ya que al alcanzar los árboles en forma simultánea un determinado peso, pueden generarse o reactivarse deslizamientos por las caídas de los mismos.

Referente a los resultados de pH obtenidos en el suelo del territorio de Coronel de Maule, se tiene que estos discreparon en un error absoluto promedio de 0,69 al comparar los valores resultantes con ambas modalidades de muestra. Dicho error recaería en la metodología implementada durante la preparación de la muestra, de manera que, para futuros estudios similares se podría probar con otras metodologías más precisas y que conlleven a un menor error. Para más detalle respecto a dichos errores derivados de la implementación del protocolo de determinación de pH en laboratorio revisar el Anexo B.

Ahora, al analizar si los resultados de pH obtenidos se encuentran dentro de los rangos normales por tipo de suelo, se tiene que en el caso del bosque nativo y de la plantación forestal, estos debieran estar en un rango entre 4 y 6, lo cual se cumple según lo determinado para ambas modalidades de muestra.

Por otro lado, referente a los suelos cultivables, como zona de vegas y viñas patrimoniales, estos al requerir un pH entre 5 y 7, necesitarían del empleo de cal o de fertilizantes de reacción neutra y alcalina para corregir la acidez del suelo si se consideraran los resultados obtenidos con la modalidad de muestra 1. Por el contrario, con la modalidad de muestra 2, dado que el pH de los suelos agrícolas está entre 5,5 y 6,3, no se requeriría del empleo de fertilizantes, dado que estos suelos se encontrarían dentro de un rango normal.

En cuando a la acidificación de los suelos en la zona de Coronel de Maule, esta se debería principalmente a factores antropogénicos derivados de la agricultura extractiva e intensiva realizada durante el siglo pasado, en el cual existió una gran cantidad de exportación de restos vegetales del sistema, provocando con ello que se exportaran las bases de intercambio, y disminuyera drásticamente la gama de nutrientes y minerales disponibles para ser asimilados por las plantas (Iroume y otros, 1994; Ramírez, 2002). Dichos factores antropogénicos, además de influir en la baja productividad del suelo de la zona, han repercutido en la pérdida de sostén de este,

su degradación, en el avance de las geoformas de erosión, y en la pérdida importante producto de lo anterior del bien común “suelo”.

Por otra parte, pese a los resultados extremadamente bajos obtenidos con la modalidad de muestra 1, que los pH resulten ser menos ácidos en suelos con viñas patrimoniales, puede verse explicado en la aplicación de abonos, tales como el “bocashi” (abono orgánico rico en nutrientes utilizado para el desarrollo de cultivos), o de otro tipo de fertilizantes, como el encalado, que conllevan a que el suelo sea más rico en nutrientes y con ello más básico. Este tipo de abono fue constatado en terreno por medio del relato con la propietaria de la viña desde la que se extrajo la muestra de suelo S9-CM.

Ahora, en cuanto al cambio de uso de suelo, NDVI, LST y NDMI, representados en las Figuras 5.31, 5.36, 5.37 y 5.38, respectivamente, es posible advertir como estos han influido en la mayor ocurrencia de incendios forestales hacia la zona de Cauquenes y en la pérdida del hábitat y drástica reducción de las flores para la diversidad de abejas quienes dependen de la polinización de plantas provistas de flores (angiospermas) disponibles en bosques y matorrales nativos. Estos últimos bienes comunes han visto una disminución sostenida en el tiempo durante el periodo 1999-2019 en comparación a la superficie abarcada con plantaciones forestales. Lo anterior se ha podido evidenciar claramente por medio del NDVI, del cual se puede extrapolar que dicha predominancia con plantaciones forestales ya existía desde la década del 80 y se ha mantenido en el presente. Esto su vez fue impulsado por el fomento a la reforestación con plantaciones exóticas desde la década de 1930, y sobre todo desde la década de 1970 (Iroume y otros, 1994) como una medida de control de la erosión causada durante el desarrollo de la economía agraria.

Este aumento de la cobertura vegetal (evidenciado por medio del NDVI), ha ayudado tanto a reforestar gran parte de las subcuencas de estudio cuyos suelos se encontraban descubiertos tras el desarrollo de la economía agraria, como al aumento de la superficie con valores de NDMI positivos en el periodo 1986-2022. Lo anterior se ha traducido en el aumento de la superficie abarcada con altos niveles de humedad en la vegetación, y en la disminución de la temperatura del suelo de aquellas áreas con altos niveles de NDMI y NDVI.

Pese a lo anterior, se puede advertir como en la actualidad el NDMI ha tendido a decrecer ligeramente en gran parte de la cordillera de la Costa y en menor proporción hacia la depresión Central, pasando desde tonos morados a azules-celestes, como consecuencia de la cobertura vegetal

afectada durante el megaincendio del año 2017, el cual dejó aquellas áreas consumidas desprovistas de vegetación hasta su posterior reforestación.

Si bien el NDMI constituye un indicador de la humedad presente en la vegetación, lo cual se condice con el aumento en la cobertura vegetal independiente del tipo, no permite confirmar si existe una relación entre el nivel de humedad contenida en la vegetación con el contenido de agua que es consumida por esta. Pese a lo anterior, constituye un buen discriminador de tipos de vegetación si se analiza en conjunto con el NDVI e imágenes de radar Sentinel-1 de polarización VV y VH (Sari y otros, 2022).

Referente al LST, como ya se ha mencionado con anterioridad, se ha percibido un aumento de la superficie abarcada con temperaturas por sobre los 39°C en la subcuenca río Cauquenes desde el año 2006, aproximadamente, y en menor proporción en las subcuencas río Chovellén y Pinotalca, cuyas temperaturas máximas del suelo se encuentran entre los 24°C y 30°C, principalmente, con excepción de los años 2018 y 2022, donde dado la pérdida de cobertura vegetal tras el megaincendio del año 2017, se han observado temperaturas sobre los 39°C.

Ahora, al correlacionar el LST, el NDVI y el cambio de uso de suelo, se puede deducir que, si bien ha aumentado la cobertura vegetal en gran parte de las zonas de estudio, se ha pasado desde coberturas de bosque nativo (que retienen un mayor contenido de humedad en el suelo), hacia plantaciones forestales (que retienen un menor contenido de humedad en el suelo), lo que aumentaría la superficie de suelo abarcada con un menor contenido de humedad y de mayores temperaturas.

Lo anterior, explicaría porque en el año 1986, pese a que existía una menor proporción de cobertura vegetal, compuesta por una mayor cantidad de bosque nativo en relación a la cantidad de plantaciones exóticas existentes en la época, se esperó observar en el suelo menores temperaturas a las observadas en el presente. Para confirmar lo anterior, se requiere de estudios más precisos respecto al contenido de humedad del suelo en sí, y de la integración de estos índices espectrales para el cálculo de TDVI (Transformed difference vegetation index) (Ovando y otros, 2014).

Ahora, para validar los resultados obtenidos respecto al LST, dado que para su cálculo se utilizaron bandas espectrales sin corregir, pudiendo ocasionar que los valores calculados sean mayores o menores al valor real, es que se dispone del trabajo de Soto & Maldonado (2015), quienes

analizaron la evolución espacio-temporal de los parámetros NDVI y LST en la Región del Maule y Biobío mediante imágenes MODIS. Este trabajo arrojó resultados de LST entre 10-30°C para la zona del secano costero de Chanco-Maule, y entre 10°C y superiores a 30°C, alcanzando inclusive valores cercanos a 40°C hacia la zona del secano interior. Referente a los bajos valores de LST obtenidos hacia el secano costero, se tiene que estos se verían explicados por la influencia del Océano Pacífico, mientras que los altos valores del LST en el secano interior se verían explicados por la cordillera de la Costa, quien actuaría de biombo climático. Lo anterior a su vez se correlacionaría con el NDVI, cuyos valores serían más altos hacia el secano costero donde el LST es menor, y más bajos hacia el secano interior donde el LST es mayor, promoviendo de esta manera que sea una zona propicia para pastizales y para la agricultura de secano.

Lo anteriormente expuesto, se condeciría con los resultados obtenidos en la Figura 5.37, donde al igual que en el trabajo de Soto & Maldonado (2015), se observa una relación inversamente proporcional entre el NDVI y el LST, además de que las fluctuaciones del LST se encuentran entre 10 y 40°C.

Finalmente, integrando estos resultados, se puede decir que las condiciones edafológicas en la subcuenca río Cauquenes comparadas a las subcuencas río Pinotalca y Chovellén, serían más favorables a una mayor susceptibilidad de ocurrencia de incendios forestales, lo que se vería complementado con las condiciones meteorológicas de la zona (aumento de la T° promedio atmosférica, disminución de la humedad relativa promedio de aire y déficit en la pluviometría) y por la acción humana.

6.4. PARÁMETROS MARINO-COSTEROS

En cuanto a los parámetros marino-costeros, los cambios más significativos que se han observado en la costa de Loanco, Chovellén-Cardonal, y a nivel regional, se muestran en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Principales cambios observados en los parámetros marino-costeros. Elaboración propia.

Disminución	Aumento
<ul style="list-style-type: none"> - Nivel del mar. - pH. - Salinidad. - Concentración de oxígeno disuelto, clorofila y fitoplancton. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura superficial del mar. - Intensidad de daños causados por las marejadas. - Presión parcial superficial del dióxido de carbono. - Nutrientes como el nitrato y fosfato principalmente.

En primer lugar, la disminución del nivel del mar observada en la Figura 5.39, puede verse influenciada por fenómenos asociados a la variabilidad climática como la surgencia costera (la cual se genera principalmente por la interacción de los vientos, las corrientes marinas y la rotación de la Tierra), alzamientos tectónicos o por fenómenos de escala interanual como el ciclo ENOS, tal como el que ocurrió durante el periodo 1997-1998, el cual al presentar isotermas de agua fría en la franja costera al sur de Constitución ($34,9^{\circ}$ - $35,9^{\circ}$ S), con foco en cabo Carranza y punta Nugurme, se asoció a procesos locales como surgencia, cuyas orientaciones de las aguas surgentes estaban asociadas a vientos del S y SW. Estos fenómenos asociados a la variabilidad climática, a su vez pueden ser combinados con los efectos causados por la intervención antrópica local en el uso de la tierra y su intervención en el desarrollo de las zonas costeras (Bello y otros, 1997; ONU, 2017; Pizarro y otros, 1994).

Luego, al comparar el promedio mensual histórico con el promedio mensual observado de la estación Oceánica Constitución (Figura 6.1), donde este último parámetro ya ha sido graficado en forma independiente en la Figura 5.39, se puede observar como gran parte de los datos del promedio mensual observado se encuentran por sobre el promedio mensual histórico, lo cual podría indicar que, si bien existe una tendencia a la baja a nivel local por factores externos, existe una tendencia al alza si se compara con el promedio mensual histórico a nivel nacional.

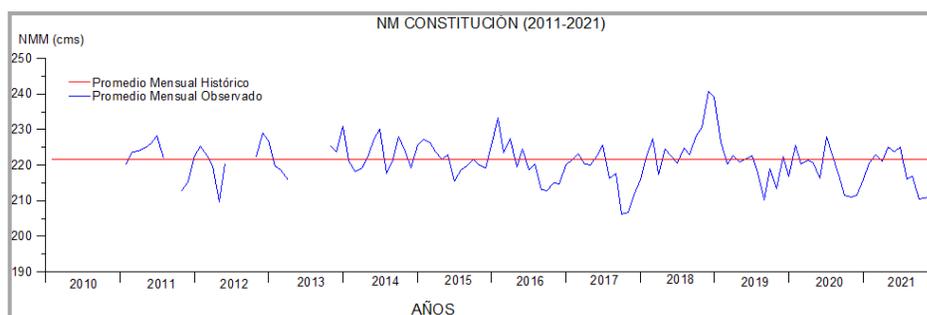


Figura 6.1: Gráfico promedio mensual histórico del NM vs. promedio mensual observado del NM para el periodo 2010-2021. Extraído de ArcGIS online del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC).

En cuanto al aumento de intensidad de las marejadas, dado que solo se dispone de registros históricos para aquellos eventos que provocaron mayores daños a lo largo de la costa de la Región del Maule, es que resulta difícil corroborar la magnitud, frecuencia e intensidad de dichos eventos en localidades tan acotadas como Loanco y Chovellén-Cardonal. Debido a lo anterior, es que se requiere de un estudio más en detalle de aquellos parámetros de los cuales depende la generación

de marejadas como: velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, altura de la ola, entre otros, más que su visualización por medio de imágenes satelitales, puesto que los eventos de marejadas corresponden a fenómenos puntuales.

El aumento de la TSM se explica por la gran masa y capacidad calorífica del mar, lo cual le permite almacenar una gran cantidad de energía, de más de 1.000 veces a la retenida en la atmósfera cuando su temperatura se eleva en la misma medida. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, en concreto del CO₂, el cual atrapa parte de la radiación que emite la superficie terrestre hacia el espacio exterior, aumenta la temperatura de la atmósfera, provocando por consiguiente que el calor adicional acumulado por el calentamiento del aire sea absorbido por el océano y que aumente con ello la temperatura superficial del mar (Bianchi, 2010; ONU, 2017). Dicho aumento de calor no ocurre de manera abrupta debido a la capacidad calorífica del mar, lo que le permite responder en forma más lenta al calentamiento de la atmósfera (Borja y otros, 2006).

Por lo que concierne a la acidificación de las aguas frente a la costa de Loanco y de Chovellén-Cardonal, observada en la Figura 5.43, esta podría explicarse por la absorción de concentraciones cada vez mayores de CO₂ en el mar como resultado del aumento de la presión parcial de CO₂ atmosférico (pCO₂), proveniente de actividades antropogénicas, como quema de combustibles fósiles, la agricultura y la deforestación, es decir producto del aumento en la concentración de GEI (Valles y otros, 2015).

La concentración de Fitoplancton ha tendido al decrecimiento con el paso del tiempo. Dicho cambio podría verse explicado por cambios en factores ambientales de origen climático como el aumento de la temperatura, constancia del viento y la frecuencia de precipitaciones extremas y sequías graves, las cuales afectan al fitoplancton tanto directamente a su fisiología, como indirectamente al cambiar la estratificación de la columna de agua y la disponibilidad de recursos, principalmente nutrientes y luz (Winder, 2012).

Por otra parte, modificaciones en la concentración de fitoplancton podrían traer repercusiones a nivel global en la concentración de dióxido de carbono disuelto en la superficie del mar y en la liberación de oxígeno a la atmósfera (Costa y otros, 2011), esto porque al disminuir la concentración de fitoplancton, disminuye su actividad fotosintética, su captación de CO₂ y la cantidad de oxígeno liberado.

En cuanto a la disminución en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, esta puede verse explicada por el aumento de la concentración de nutrientes (eutrofización), como nitratos y fosfatos (Figura 5.48 y 5.49, respectivamente), los cuales pueden ingresar al mar mediante la escorrentía de los ríos, promoviendo un incremento en la proliferación de organismos fotosintéticos (microalgas, macroalgas y plantas vasculares), el aumento de la demanda de oxígeno y el desarrollo de cientos de zonas costeras hipóxicas (muertas); se tiene que esta a su vez puede verse ocasionada por actividades humanas como: la descarga de agua residual procedentes de fábricas, pesqueras, puertos, casas y cabañas cercanas al mar, descargas de residuos agrícolas y deforestación, ocasionando el proceso conocido como eutrofización antropogénica (Balcorta & Arenas, 2010). Como consecuencia de esta sobrefertilización de las aguas, en la cual se rompe el equilibrio entre la producción de nutrientes derivados de la degradación de materia orgánica y su asimilación por productores primarios, se puede producir la muerte de organismos aerobios tales como peces, anfibios, crustáceos y bacterias, e inclusive se puede potenciar el aumento de la frecuencia del fenómeno conocida como marea roja, cuyo término correcto corresponde a Floración Algal Nociva (FAN).

Teniendo en cuenta lo anterior y la situación actual de la costa de Loanco y de Chovellén-Cardonal, no existen registros respecto a fenómenos FAN en sus costas, los que sí se dan actualmente con mayor frecuencia, extensión y gravedad en las regiones del sur de nuestro país como: Llanquihue, Aysén y Magallanes (ahora con presencia hasta la Región de los Ríos). Tampoco se constató en terreno si existe o no algún grado de eutrofización en sus aguas que hayan podido afectar sus ecosistemas marinos, o el real impacto de la descarga de aguas grises en la costa de ambas caletas. Debido a esto, es que se requiere del monitoreo de parámetros in situ relacionados con la eutrofización, como la transparencia del agua, pH, las concentraciones de nutrientes y de microalgas (Balcorta & Arenas, 2010).

Otras explicaciones para esta baja concentración de oxígeno provienen de la mano del aumento en la temperatura del agua de mar (Figura 5.40), producto del aumento de las concentraciones de GEI, los cuales están siendo absorbidos por el océano, provocando una menor solubilidad del oxígeno en aguas más cálidas, una estratificación vertical más fuerte (un gradiente de temperatura más pronunciado) que inhibe la difusión de oxígeno de la superficie al océano profundo, y una

circulación profunda más lenta que reduce el suministro de oxígeno a las aguas profundas (Laffoley & Baxter, 2019).

En resumen, a partir de las gráficas obtenidas de los modelos de Océano Global, no se puede constatar con certeza los efectos de la variabilidad climática en las costas de Loanco y de Chovellén-Cardonal, en qué proporción se dan estos y su vínculo con el cambio climático, de manera de poder establecer alguna potencial consecuencia sobre los bienes comunes costeros. Pese a lo anterior, sí permiten establecer las posibles causas de dicha tendencia y conocer un panorama referencial de lo que ocurre en ambas caletas. Por otro lado, si se dispusiera de datos para estos parámetros oceanográficos a nivel local o modelos a nivel del Océano Pacífico, sería necesario a su vez analizar dichas variables considerando su variabilidad estacional y a lo largo de una columna de agua, de manera de evitar así sesgos locales.

Situación diferente ocurre con parámetros que dependen netamente de la acción antropogénica como la productividad, donde sí se ha podido constatar la sobreexplotación y el mal manejo de los recursos marinos. Referente al parámetro de productividad, se ha podido desprender que:

- Se requiere hacer un desglose del desembarque total por tipo de actividad extractivista y cosecha de los centros de cultivo, de manera de poder cuantificar el porcentaje de extracción que hace la pesca industrial en comparación a la pesca artesanal. Sin embargo, se ha podido constatar que, independiente de la actividad extractivista, la extracción de recursos marinos ha tendido al alza con el paso del tiempo en los dos puertos contenidos en la Región del Maule, lo cual se ha visto reflejado en el aumento de desembarques totales.
- Dada la escasa cantidad de recursos hidrobiológicos regularizados por UP a nivel nacional, y a que, en el caso de algunos recursos, como los bentónicos, su información biológica-pesquera se restringe a bancos o zonas específicas, es que se hace necesario establecer una medida de control y consumo de las cuotas de pescas a una escala menor que UP y a nivel Regional, como a nivel de caleta, de manera de generar una mejor administración y gestión de estas especies.
- Sumado a lo anterior, se hace necesario incorporar otras especies que actualmente no se encuentran en los anuarios del estado de las principales pesquerías en Chile, puesto que pueden estar siendo actualmente extraídas por sobre el rango de captura biológicamente aceptable.

- Se ha evidenciado que gran parte de los recursos marinos administrados y gestionados por las UP, se encuentran en plena explotación o sobreexplotación, lo cual denota que dichos recursos se encuentren en o cerca de su rendimiento máximo sostenible.

Dicha situación de sobreexplotación y mal manejo de los recursos marinos, evidenciado a nivel macrorregional por medio del parámetro de productividad, ha sido también constatado en la localidad de Loanco y de Pelluhue, por parte de los mismos lugareños quienes han visto disminuidas drásticamente una serie de especies de algas como cochayuyo, ulte, chasca fina, luga, entre otros, debido al mal manejo por parte de algunos usuarios quienes muchas veces lo extraen de raíz. Además, se ha observado una disminución en la abundancia de especies de moluscos, crustáceos y cnidarios como: choritos, choro zapato, jaibas, poto de mar, respectivamente, producto del aumento en la cantidad de pescadores en la zona.

6.5. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Referente a la variación geomorfológica costera, se tiene que caleta Loanco fue la que evidenció los mayores cambios durante estos últimos 13 años tras el paso del terremoto y posterior tsunami del año 2010, en comparación a la localidad de Chovellén-Cardonal.

Como se mencionó en el capítulo de resultados, entre las variaciones geomorfológicas observadas en la costa de Loanco destacan: un ensanchamiento paulatino de la playa, una mayor acumulación de sedimentos en la costa en la actualidad y el desarrollo de campos de dunas costeras.

Dicho ensanchamiento de la playa, debido a la emersión de la zona litoral en ~ 30 cm tras el terremoto producto de su cercanía local con respecto a la fosa (Quezada y otros, 2012), resultó beneficioso en un principio para la gente de la caleta, dado que al quedar expuesta la biota intermareal facilitó sus labores de extracción y recolección. Sin embargo, posteriormente debido a la falta de agua, dichos recursos marino-bentónicos que vivían adheridos a las rocas litorales ahora expuestas terminaron pereciendo, quedando desecados. Ejemplo de lo anterior constituye la biota intermareal expuesta en el borde occidental de la península de Arauco, e isla Santa María, donde entre la biota encontrada destacan picorocos (*Balanus*), choritos (*Perumytilus*), estrellas de mar (*Stichaster striatus*), huiros (*Macrocystis pyrifera*) y luce (*Ulva lactuca*), entre otras especies, las cuales quedaron desecadas y en descomposición (Quezada y otros, 2012).

En la actualidad, que haya una mayor acumulación de sedimentos en la costa y un avance de la línea de costa, ha resultado según los mismos lugareños en que estos tengan que recolectar ciertos productos marinos más al interior del mar (como algas), en comparación a lo que hacían previo al terremoto del año 2010. Dicha acumulación de sedimentos puede provenir del alzamiento cosísmico remanente tras el terremoto del año 2010, el cual todavía no es contrarrestado por la subsidencia intersísmica debido al ciclo sísmico de subducción.

Otras explicaciones a la mantención del ensanchamiento de la playa en Loanco podrían recaer en: las réplicas tras el terremoto del año 2010, el oleaje marino, las marejadas en 2010 y 2011, las cuales redepusieron las arenas litorales que quedaron sueltas tras el tsunami (Quezada y otros, 2012); y en la escasa intervención humana en la costa de Loanco, cuyas edificaciones se encuentran mayoritariamente sobre los acantilados costeros del sector o en zonas de altas cotas, lo cual favorecería la restauración de la morfología costera en periodos de calma, y que los procesos erosivos no sean significativos en comparación a áreas de mayor desarrollo, donde existen construcciones costeras y urbanización (Schnack y otros, 1997).

6.6. PARÁMETROS SOCIOLÓGICOS

En cuanto a la cartografía social sobre los actores locales clave en el manejo y cuidado del agua confeccionada sobre los 3 territorios, se ha podido advertir la necesidad de aumentar el rol de incidencia en el manejo y cuidado del agua, de manera de contrarrestar o mitigar los impactos negativos sobre el escenario de escasez hídrica.

Si bien esta cartografía social constituyó una primera aproximación a la problemática del agua, considerando a quienes influyen sobre este recurso, es necesario comparar esta percepción con datos cuantitativos o con análisis geoestadísticos, que ayuden a la población a tomar mejores decisiones y a un mejor actuar frente a las entidades que afecten nocivamente a este bien común.

Ahora, dado como se mencionó en subcapítulos anteriores, que se dispone de una baja resolución de los datos y de una escasa disponibilidad de información, es que se hace preciso fomentar la ciencia ciudadana, de tal manera que sea la misma comunidad de cada territorio la encargada de involucrarse en la realización efectiva de actividades que le permitan dar un sustento científico a las problemáticas que los aquejan en el ámbito hídrico.

Por otra parte, se hace indispensable que durante futuras jornadas de trabajo en donde se ahonden problemáticas, ya sea sobre el escenario escasez hídrica u otros conflictos que aquejen a las comunidades, participen los actores cuyas acciones sobre el territorio han sido percibidas en forma negativa por parte de las comunidades y cuyo actuar posea una alta capacidad de incidencia en la toma de decisiones sobre el territorio. Tales actores, en el caso del ámbito hídrico corresponden a: municipalidades, forestales, comités de agua, comités de riego, entre otros. Lo anterior, permitiría gestar instancias de intercambio de experiencias entre la gente local y los actores involucrados, de tal manera de propiciar acuerdos o soluciones entorno a los conflictos existentes.

6.7. LIMITACIONES, DESAFÍOS Y REFLEXIONES FINALES

Si bien a lo largo de este trabajo se ha podido representar en gran medida los parámetros bio-geofísicos determinantes en el estado de los bienes comunes junto a sus efectos, para cuya determinación resultaron claves los relatos obtenidos durante la cooperación con actores claves y el trabajo con la comunidad, muchas fueron las dificultades al momento de acceder y de procesar la información disponible, limitando así la precisión y la calidad de los resultados obtenidos. Dichas limitaciones recayeron en: la baja resolución a escala local de la información disponible; errores de georreferenciación, ortográficos, numéricos, entre otros, presentes en algunas bases de datos; errores durante la descarga de capas vectoriales desde plataformas GIS de entidades gubernamentales como CIREN, DGA, MOP, MINAGRI, SIT CONAF, SHOA, entre otros; la falta de registros de datos continuos para amplios rangos de tiempo por parte de estaciones de variables climáticas como: precipitación, temperatura, humedad, las que en algunos casos pese a encontrarse en funcionamiento desde hace décadas no contaban con registros disponibles para su acceso, poseían una descripción no actualizada de su estado o contaban con gráficas o tablas vacías; la falta de bases de datos locales en parámetros como el oceanográfico, los que contaban solo con modelos de Océano global (con sesgos a nivel regional) y no a escala del Océano Pacífico.

El desafío ahora es tomar los resultados expuestos y los efectos que los parámetros bio-geofísicos estarían provocando sobre el estado de los bienes comunes (priorizando en primer lugar al común hídrico, dado que la gran mayoría de los resultados recae en un impacto negativo sobre este común; en segundo lugar, aquellos comunes que ayudan a la preservación del común hídrico, como el bosque y los matorrales nativos; en tercer lugar aquellos comunes que dependen ya sea del común

hídrico, del bosque nativo o de ambos como los RFNM, la apicultura y las viñas patrimoniales, y sobre cuyos efectos pueden actuar, ya sea por medio de planes de acción y de gestión, la misma comunidad local; en cuarto lugar, el común suelo, el cual depende a su vez de las estrategias de restauración del bosque nativo a futuro en los territorios; y finalmente, la zona costera y las áreas de manejo de la pesca artesanal, dado que este común si bien posee sus recursos marinos en o cerca de su rendimiento máximo sostenible, todavía no está en un estado tan crítico como el resto de los bienes comunes mencionados, además de que requiere de la acción conjunta de las comunidades costeras, para mitigar las acciones de mal manejo o de sobreexplotación sobre los recursos marinos), e idear una estructura de trabajo tal que facilite el seguir trabajando a futuro con esta información con miras de ser entregada a las comunidades.

Para ello, el primer reto es ver como traspasar la representación gráfica y cartográfica de los parámetros a una base SIG online, de tal manera de que quede con insumo para los territorios. Lo anterior se podría lograr, partiendo en primera instancia, con todos aquellos parámetros bio-geofísicos sobre cuyos efectos pueden intervenir directamente, ya sea por medio de planes de acción y de gestión, la misma comunidad (parámetros hídricos, edafológicos, sociológicos y marino-costeros como la productividad). Posteriormente, se subiría de manera secundaria a la base SIG online, el resto de los parámetros restantes (climatológicos principalmente, seguido de los oceanográficos), inherentes de la variabilidad climática, y sobre cuyos efectos se requiere de la acción de territorios de mayor escala, ya sea regional o a nivel país.

Pese a que no se ha llevado a cabo todavía lo anteriormente señalado, ya ha sido posible mostrar parte de los resultados obtenidos en este trabajo a las comunidades de las localidades específicas durante la primera reunión anual del “Laboratorio de co-diseño para el Cambio Climático en el Maule”, llevada a cabo el 21 de abril del año 2023 en la localidad de Cauquenes. Durante dicha instancia, fueron reunidos miembros de organizaciones de productores locales y medioambientales de los 3 territorios en cuestión, junto a investigadores de la Universidad Católica del Maule y de la Universidad de Concepción, para dar continuidad al trabajo de co-diseño en el secano maulino. Parte de estos resultados, a su vez fueron expuestos durante la reunión entre vecinos y organizaciones territoriales con la Dirección General de Aguas (DGA), con el objetivo de tratar problemáticas acerca del manejo hídrico en los territorios.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

El presente estudio ha realizado una compilación y análisis de los parámetros bio-geofísicos que pueden afectar el estado de los comunes costeros en los territorios de Coronel de Maule-Cauquenes, Chovellén-Cardonal y de Loanco a nivel de subcuenca en el contexto de cambio climático. Para ello se siguió una estructura de trabajo basada en datos recopilados tanto bibliográficamente como en terreno, con los cuales fue posible comparar y validar los resultados.

Si bien gran parte de los datos estaban disponibles para las áreas de estudio, lo que limitó la precisión y la calidad de los resultados obtenidos fueron diversos sesgos y limitantes al momento de acceder a la información como: baja resolución a escala local de los datos; errores de georreferenciación, numéricos, en la descarga de datos, entre otros.

Gracias a la integración de los resultados y de los relatos otorgados durante la cooperación con actores claves y el trabajo con la comunidad, se ha podido advertir a grandes rasgos como el panorama de la subcuenca río Cauquenes es preocupante, dado que es en esta en donde se han percibido los mayores efectos negativos, debidos tanto a la variabilidad climática como a factores antropogénicos. Estos son: aumento de la LST y de su nivel de extensión, aumento de la proporción de incendios, grandes niveles de Fe y Mn en sus aguas, valores extremadamente bajos de IPE, aumento de la T° promedio mensual, decrecimiento significativo del caudal de su principal curso de agua, suelos con altos niveles de erosión y degradación. Referente a las otras subcuencas (Pinotalca y Chovellén), se ha percibido un aparente mejor panorama a nivel continental (aumento de la humedad relativa del aire, leve aumento de la T° promedio, mejor calidad de sus aguas, menor cambio de uso de suelo, menor proporción de incendios), aunque no menos preocupante.

A nivel marino-costero, pese a que se han percibido cambios significativos de las variables oceanográficas, dado que los modelos disponibles cuentan con sesgos a nivel local, es que solo constituyen una referencia del panorama local frente a costa de la Provincia de Cauquenes.

Por otra parte, referente a la acción antropogénica en la costa y a su nivel de incidencia en los recursos marinos, si se ha podido constatar que a escala macro-regional dichos recursos se

encuentran en su mayoría en o cerca de su rendimiento máximo sostenible, considerando solo lo informado a SERNAPESCA Y SUBPESCA.

En cuanto a la entrega de los resultados obtenidos en este trabajo a las comunidades de las localidades específicas, estas fueron proporcionadas durante la primera jornada de reunión anual del “Laboratorio de co-diseño para el Cambio Climático en el Maule”, y durante la reunión entre vecinos y organizaciones territoriales con la Dirección General de Aguas (DGA).

Finalmente, en el marco de las observaciones anteriores se puede concluir que, pese a que los resultados obtenidos pueden no ser precisos por el tamaño de las áreas de investigación y de la cantidad de registros, gran parte de estos dieron cercanos a la realidad y constituyen un precedente de la situación climática en zonas de estudio tan acotadas. A su vez, entre otras contribuciones al proyecto están: el haber ayudado a concretar la primera línea de trabajo del proyecto, específicamente en el ámbito del catastro de los bienes comunes, identificación de sus amenazas, jerarquización de los forzantes climáticos clave en la calidad y estado de los bienes comunes y actualización de la información pública disponible; y el haber dado pie a la siguiente línea de trabajo, la cual tiene por objetivo centrarse en la gobernanza y cuidado de los comunes.

7.2. RECOMENDACIONES

- Es necesaria la creación de estaciones de calidad de aguas, pluviométricas, fluviométricas y climatológicas hacia el secano costero, dado la carencia de información en las cuencas costeras, no solo en esta zona, sino que a nivel país.
- Dado que el ciclo natural del agua es la herramienta más eficaz de depuración del agua para su consumo y su utilización, es que se debe buscar en primera instancia potenciar la restauración del ciclo natural del agua. En paralelo a esto, se debe potenciar con urgencia, decisiones políticas tales como: gestión integrada de cuencas, planes de gobernanza hídrica, fortalecimiento de los sistemas de agua potable y la confección de mapas hidrogeológicos regionales, entre otros.
- Si persisten los problemas de desabastecimiento en las 3 zonas de estudio, se deben buscar alternativas sustentables que contribuyan al resguardo de este común. Algunas propuestas consisten en la construcción de humedales depuradores que permitan la reutilización de las aguas grises para riego y la utilización de las aguas pluviométricas. En el caso de la primera

estrategia, esta, ya se está implementando a lo largo de Chile, de la mano del proyecto ANID Sequía FSEQ210015, mientras que la segunda fue verificada en terreno en Faro Carranza y en la escuela Escritora Marcela Paz.

- Se propone potenciar la ciencia ciudadana, de manera que sean los mismos actores locales, interesados en el resguardo y cuidado de sus bienes comunes, los involucrados en la toma de datos y su interpretación. Para eso, es necesario capacitar a la gente local, en temas de su interés como: metodología de muestreo de agua en terreno y determinación de su calidad, toma de datos GPS, bioindicadores y su significado, metodología de muestreo de basura en ríos y playas. Para este último, se puede utilizar parte de la metodología estandarizada empleada por el programa de ciencia ciudadana “Científicos de la Basura”, integrado por investigadores de la Universidad Católica del Norte (UCN, Coquimbo), escolares y profesores de todo Chile, quienes desde el año 2007 aplican el método científico para estudiar el problema de la basura en el medioambiente, como también proponer acciones para enfrentar esta importante problemática socioambiental.
- Teniendo en cuenta la gran cantidad de cárcavas encontradas en algunos sectores de Coronel de Maule y su grandes dimensiones, es que se requiere evaluar a mayor cabalidad las repercusiones a futuro de estas geoformas de erosión por medio de la evaluación del estado actual de los suelos de aquellas zonas no visitadas en Coronel de Muele, y de la medición del ritmo de avance que presentan en la actualidad. Lo anterior, se podría lograr por medio de la utilización de estacas colocadas en las paredes y en las cabeceras de las cárcavas, tal como se aplicó en la tesis de Peña (1999). En función de esta nueva toma de datos, a su vez se podría crear un índice de riesgo que evalué el nivel de amenaza de cada cárcava y su vulnerabilidad, con la finalidad de escoger la mejor estrategia de control y manejo en el cuidado de una cárcava, tales como los implementados por el INIA, que consisten en: el repoblamiento de las laderas y cabecera de las cárcavas con vegetación, eliminación de los bordes degradados de la cárcava, repoblamiento del interior de la cárcava y construcción de barreras físicas en el interior de la cárcava.
- Debido a los valores extremadamente ácidos reconocidos en los suelos de la zona de Coronel de Maule, de sus implicancias negativas y de errores en el protocolo de muestreo, es que se hace necesario replicar este estudio nuevamente en la zona de Coronel de Maule, junto a la toma de una mayor cantidad de muestras y de duplicados, procurando darle preferencia al

análisis en terreno por medio de un peachímetro, y a la medición en laboratorio del pH en la muestra con su humedad inicial y después de ser secada al aire. Este estudio, además podría ser replicado en las otras localidades de estudio, con el propósito de cuantificar el pH del suelo e identificar sectores con poca disponibilidad de nutrientes o susceptibles a sufrir algún tipo de toxicidad. Junto a lo anterior, es preciso realizar un análisis de nutrientes, con la finalidad de ver la correlación pH vs. disponibilidad de nutrientes en el suelo.

- Dado que el pH es afectado por parámetros climáticos como las precipitaciones pluviales, es preciso constatar la variación del pH del suelo en distintas épocas del año, para visualizar así si este parámetro varía estacionalmente, o si está condicionado por otros factores que no sean netamente antropogénicos.
- Considerando que los datos extraídos desde los productos del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus de la Unión Europea presentaban sesgos a nivel regional, es que se requieren de estudios más precisos en la costa y con ello del monitoreo de parámetros principalmente de concentración de nutrientes y de nivel de oxígeno disuelto, de manera de poder establecer el real impacto del arrojado de desechos o residuos por parte del rubro turístico, gastronómico o inclusive de gente local a ríos como el río Chovellén y Pinotalca, debido a la falta de soluciones al sistema de alcantarillado en la zona.
- Finalmente, sobre la base de este estudio se pueden desarrollar investigaciones más precisas y acotadas, apoyadas con otros software (SNAP, ENVI, Surfer) y de otras variables estadísticas (varianza, desviación estándar, entre otros), con el propósito de discernir de mejor forma entre variabilidad climática, cambio climático o cambios antropogénicos.

8. REFERENCIAS

- ACUÑA-SOSSA, M., & GARCÍA-GONZÁLEZ, I. 2019. Co-diseño de prácticas educativas abiertas en una universidad a distancia. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, Vol. **18** (2).
- AGROMET: RED AGROCLIMÁTICA NACIONAL. Reportes históricos. [En línea]. Disponible en: < <https://www.agromet.cl/>>. [Consulta: 29/09/2022].
- AGUIRRE, L.; HERVÉ, F. & GODOY, E. 1972. Distribution of metamorphics facies in Chile an outline. *Kristallinikum*. Vol. **9**: 7-19. Praga.
- ALARCÓN, M. 2020. Análisis estructural y petrológico del Complejo Hipabisal Ancoa (35°50'S), Región del Maule. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ciencias de la Tierra (Inédito): 112 pp. Santiago.
- ALDUNCE, P.; GONZÁLEZ, M.P.; LAMPIS, A.; PARDO-BUENDÍA, M.; POATS, S.V.; POSTIGO, J.C.; ROSAS, A.; SAPIAINS ARRUE, R.; UGARTE CAVIEDES, A.M.; YAÑEZ FUENZALIDA, N. 2020. Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países RIOCC – Informe RIOCCADAPT. McGraw Hill: 782 pp. Madrid, España.
- ÁLVAREZ, C., LARA, A., BOISIER, J., & GALLEGUILLOS, M. 2019. The impacts of native forests and forest plantations on water supply in Chile. *Forests*, Vol. **10** (6): 473.
- ANDALUCÍA, J. 2021. “Metodología para declarar un suelo contaminado”: Muestreo y conservación de las muestras. 16 pp.
- BALCORTA, C. & ARENAS, R. 2010. Eutrofización: Abundancia que mata. 4 pp.
- BASHIR, S., JAVED, A., BIBI, I., & AHMAD, N. 2017. *Soil and water conservation. Pakistan, University of Agriculture, Faisalabad*: 263-286.
- BELLO, M., BARBIERI, M. A., SALINAS, S., & SOTO, L. 1997. Surgencia costera en la zona central de Chile, durante el ciclo El Niño-La Niña 1997–1999. *El Niño-La Niña, 2000*: 77-94.
- BERNDT, M. 2023. *Estudio del estado de los bienes comunes pertenecientes de la zona costera de la comuna de San Juan de la Costa (40°28'-37'S y 73°40'-47'W), Región de los Lagos, Chile, por medio de un enfoque interdisciplinar dentro del contexto de cambio climático*. [Manuscrito no publicado]. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 206 pp. Concepción.
- BIANCHI, A., OSIROFF, A., BALESTRINI, C. F., PIOLA, A. & PERLENDER, H. I. 2010. Atrapando CO2 en el mar patagónico.
- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN). Reportes Comunales. [En línea]. Disponible en: < <https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales>> [Consulta: 23/08/22].

- BIRO, L. 1982. Revisión y redefinición de los Estratos de Quiriquina, Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo, en la Isla Quiriquina a 36°27' latitud sur, Chile, Sudamérica, con su perfil complementario en Cocholgue. Congreso Geológico Chileno N° 3. Actas **1**: 29-64. Concepción.
- BORJA, Á., FRANCO, J., & MARINA, A. T. 2006. Los Océanos y el Cambio Climático en las zonas costeras. *CAMBIO CLIMÁTICO*: 55.
- BÖRGEL, J. 1983. Geomorfología y Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. 373 pp. Santiago.
- BROM, J., NEDBAL, V., PROCHÁZKA, J., & PECHAROVÁ, E. 2012. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis. *Ecological Engineering*, Vol.**43**: 45-52.
- CAMPOS, R. 2016. Análisis de Marejadas Históricas y recientes en las costas de Chile. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico. Universidad de Valparaíso, Facultad de Ingeniería (Inédito): 210 pp. Valparaíso.
- CAMUS, P. & JAKSIC, F. 2021. Clima y sociedad: El fenómeno El Niño y La Niña en la historia de Chile. Ediciones CAPES/GEOLibros, Pontificia Universidad Católica de Chile. 168 pp. Santiago
- CARRASCO J., RUBILAR F., VIAL M., Y SILVA L. 2020. Control y manejo de cárcavas menores [en línea]. Rengo: Informativo INIA Rayentué. N° 73. Disponible en: <<https://hdl.handle.net/20.500.14001/67468>> [Consultado: 10 diciembre 2022].
- CARTES, I. 2004. Petrografía y ambiente de depositación de las metapelitas paleozoicas con huellas fósiles, entre Tomé y Lirquén, VIII Región del Biobío, Chile. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 115 pp. Concepción.
- CASANOVA, M., SALAZAR, O., SEGUEL, O., & LUZIO, W. 2013. The Soils of Chile. World Soils Book Series.
- CASTELLANOS, B., GALLARDO, F., SOL, A., LANDEROS, C., DÍAZ, G., SIERRA, P., & SANTIVÁÑEZ, J. 2016. Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, Vol. **2** (1), 1-19.
- CASTELLANOS, E., M.F. LEMOS, L. ASTIGARRAGA, N. CHACON, N. CUVI, C. HUGGEL, L. MIRANDA, M. MONCASSIM VALE, J.P. OMETTO, P.L. PERI, J.C. POSTIGO, L. RAMAJO, L. ROCO, AND M. RUSTICUCCI. 2022. Central and South America. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Portner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Loschke, V. Moller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA: 1689–1816.

- CASTRO, N. 2018. Estratigrafía y paleontología de la formación Quiriquina, en la localidad de Loanco, región del Maule, Chile Central. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad Nacional Andrés Bello, Facultad de Ingeniería (Inédito): 127 pp. Santiago.
- CAUQUENESNET.CL. Cauquenes: corte suprema ordena a viña Santa Carolina el cese de la intervención del río San Juan en Coronel de Maule. [En línea]. Disponible en: < <https://cauquenesnet.cl/2021/09/15/cauquenes-corte-suprema-ordena-vina-santa-carolina-el-cese-de-la-intervencion-del-rio-san-juan-en-coronel-de-maule/> > [Consulta: 07/03/2023]
- CECIONI, G. 1983. Chanco Formation, a potential Cretaceous reservoir, central Chile. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 6 (1), 89-93.
- CEMBRANO, J.; LAVENU, A.; YAÑEZ, G.; RIQUELME, R.; GARCÍA, M.; GONZÁLEZ, G. y HÉRAIL, G. 2007. Neotectonics. The geology of Chile. Moreno, T. y Gibbons, W. editors. *The Geological Society*: 231-261. Barcelona.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 1997. Estudio Agroecológico de la VII Región. 601 pp.
- CENTRO D CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2012. Estudio Agroecológico de la VII Región. pp. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/26089>
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Síntesis de resultados. 50 pp
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). Clase de Capacidad de uso de los suelos. [En línea]. Disponible en: < [https://mauleproductivo.ciren.cl/layers/geonode:CCAUS#/>](https://mauleproductivo.ciren.cl/layers/geonode:CCAUS#/) [Consulta: 29/08/2022]
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2014. Redefinición de la red hidrográfica de Chile".
- CIREN&SITrural. 2015. Región de maule, provincia Cauquenes, comuna de Chanco: recursos naturales y proyectos. 18 pp.
- CIREN & SITrural. 2015. Región de maule, provincia Cauquenes, comuna de Pelluhue: Turismo. 14 pp.
- CIREN & SITrural. 2020. Comuna de Cauquenes y sus atractivos turísticos. 18 pp.
- CIREN & SITrural. 2020. Comuna de Cauquenes - recursos naturales. 28 pp.
- CIREN & SITrural. 2020. Comuna de Chanco y sus atractivos turísticos. 13 pp.
- CIREN & SITrural. 2020. Comuna de Pelluhue y sus atractivos turísticos. 20 pp.
- CIREN & SITrural. 2021. Recursos naturales: comuna de Tucapel: Turismo. 6 pp.
- CORFO & Price Water House Coopers. 2009. Efectos del cambio climático sobre la industria vitivinícola de Argentina y Chile: Estudio sobre los impactos y las medidas de adaptación en un escenario de calentamiento global hacia el año 2050. 84 pp.

- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1995. Manual de cartografía de la vegetación. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco, Geotécnica Consultores. Santiago, Chile. 64 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1999. Plan de manejo, Reserva Nacional los Ruiles.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2014. Plan de manejo, Reserva Nacional los Ruiles. 86 pp.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2014. Plan de manejo, Reserva Nacional los Queules. Realizado por la Gestión de Patrimonio Silvestre, región del Maule. 115 pp.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). Catastro de suelo y vegetación. [En línea]. Disponible en: < <https://sit.conaf.cl/> > [Consulta: 25/08/2022]
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2018. Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región del Maule. 48 pp. Santiago.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2020. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). Reserva Nacional Federico Albert. [En línea] Disponible en: <https://www.conaf.cl/parques/reserva-nacional-federico-albert/> [Consulta: 30/08/22]
- CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (CORFO). 1964. Suelos: descripciones, proyecto aerofotogramétrico Chile /o.e.a./b.i.d. Realizado por el Instituto de investigación de recursos naturales de la CORFO, con la cooperación del ministerio de Agricultura y del departamento de Conservación de Suelos y Aguas.
- COSTAS, E., & RODAS, V. L. 2011. El papel del fitoplancton en el cambio climático: ¿cuánto depende nuestro destino de unas pequeñas microalgas? *In Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, Vol. **77** (1).
- CREIXELL, C. 2001. Petrología y Geotermobarometría de las Rocas Intrusivas de la Cordillera de la Costa entre los 36°30' S y 38°00' S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 149 pp. Concepción.
- DECKART, K.; HERVÉ, F.; FANNING, C.; RAMÍREZ, V.; CALDERÓN, M. & GODOY, E. 2014. U-Pb Geochronology and Hf-O Isotopes of zircons from the Pennsylvanian Coastal Batholith, South-Central Chile. *Andean Geology*. Vol. **41** (1): 49-82. Santiago.
- D'ALISA, G. 2013. Bienes comunes: las estructuras que conectan. *Ecología política*, (45), 30-41.
- DEL CANTO P. Y POZO A. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII región. p.15-36. Chillán, Chile.

- DIARIO CONSTITUCIONAL.CL. CS acogió un recurso de protección y ordenó a empresa vitivinícola cese de intervención de río San Juan en la región del Maule. [En línea]. Disponible en: < <https://www.diarioconstitucional.cl/2021/09/16/cs-acogio-un-recurso-de-proteccion-y-ordeno-a-empresa-vitivinicola-cese-de-intervencion-de-rio-san-juan-en-la-region-del-maule/> > [Consulta: 07/03/2023]
- DÍAZ, I. 2020. Producción vitivinícola en el secano de Chile Central. Villa Alegre: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 418.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: cuenca del río Maule. Santiago, Región Metropolitana, Chile, Ministerio de Obras Públicas.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2009. Diagnóstico y clasificación de sectores acuíferos, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Geohidrología Consultores LTDA, Santiago.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2018. Diagnóstico de la calidad de aguas subterráneas de la Región del Maule. Santiago, Región Metropolitana, Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH).
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2021. Diagnóstico de la calidad de aguas subterráneas de la Región del los Lagos. Santiago, Región Metropolitana, Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH).
- ESCOBAR, P. 2013. Inventario de remociones en masa desencadenadas por el sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile Central. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (Inédito): 120 pp. Santiago.
- ESCOBAR, F., GUZMÁN, R., VIEIRA, G. 1977. Avance Geológico de las hojas Rancagua-Curicó, Talca-Linares, Chanco, Concepción-Chillán. Santiago: USGS, CCHEN, IIG. 56p.
- ESPINOSA, T., GAXIOLA, G., ROBLES, J., & NÁJERA, S. 2001. Temperature, salinity, nutrients and chlorophyll a in coastal waters of the Southern California Bight. *Ciencias marinas*: Vol. 27 (3): 397-422.
- FARÍAS, M. 2007. Tectónica y erosión en la evolución del relieve de los Andes de Chile Central durante el Neógeno, Tesis para optar al Grado de Doctor en ciencias c/m Geología, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago.
- GALILEA, O. 2020. Cambio climático y desastres naturales. Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos: 262 pp.
- GALLEGUILLOS, M., GIMENO, F., PUELMA, C., ZAMBRANO.BIGIARINI, M., LARA, A. & ROJAS, M. 2021. Disentangling the effect of future land use strategies and climate

change on streamflow in a Mediterranean catchment dominated by tree plantations. *Journal of Hydrology*, Vol. **595**: 126047.

- GLODNY, J.; ECHTLER, H.; COLLAO, S.; ARDILES, M.; BURÓN, P. & FIGUEROA, O. 2008. Differential Late Paleozoic Active Margin Evolution in South-Central Chile (37°S-40°S) the Lanalhue Fault Zone. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **26**, N° 4: 397-411. Potsdam.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. & AGUIRRE, L. 1970. Metamorphic facies series of the crystalline basement of Chile. *Geologische Rundschau*. Vol. **59**, N° 3: 979-994. Stuttgart.
- HEREDIA, S., MALMOD, A., & TEJADA, C. C. S. 2016. Índice de vegetación NDVI, para la visualización de la Dinámica Espacial de áreas en expansión. *Ponencias de las XI Jornadas IDERA*, 134.
- HERVÉ, F. 1977. Petrology of the Crystalline Basement of the Nahuelbuta Mountains, South Central Chile. Comparative studies on the geology of the Circum-Pacific Orogenic Belt in Japan and Chile (Ishikawa, T. & Aguirre L. editores). Japan Society for the promotion of Science: 1-51. Tokyo.
- HERVÉ, F.; THIELE, R.; PARADA, M.A. 1976. Observaciones geológicas en el Triásico de Chile central entre las latitudes 35°30' y 40°00' Sur. En Primer Congreso Geológico Chileno: 17 pp. Santiago.
- HERVÉ, F.; GODOY, E.; PARADA, M.; RAMOS, V.; RAPELA, C.; MPODOZIS, C. & DAVIDSON, J. 1987. A general View on the Chilean-Argentine Andes, with Emphasis on their Early History. Geodynamics Series. *Circum - Pacific Orogenic Belts and Evolution of the Pacific Ocean Basin*. Vol. **18**: 97-114. Michigan.
- HERVÉ, F. 1988. Late Palaeozoic Subduction and Accretion in Southern Chile. *Episodes Journal of International Geoscience*. Vol. **1**, N° 3: 183-188. París.
- HERVÉ, F.; FAÚNDEZ, V.; CALDERÓN, M.; MASSONNE, H. & WILLNER, A. 2007. Metamorphic and plutonic basement complexes. The Geology of Chile (Moreno, T. & Gibbons, W. editores). *The Geological Society of London*. Vol. **22**, N° 3: 5-19. Londres.
- HESS, C., & OSTROM, E. (EDS.). 2007. Understanding knowledge as a commons: From theory to practice.
- HUERTA, E. (2014). La co-creacion y el diseño colaborativo. Recuperado de http://www.esdi.es/content/pdf/articuloweb_esdi-4_ehuerta180913.pdf.
- HULLEY, G. C., GHENT, D., GÖTTSCHE, F. M., GUILLEVIC, P. C., MILDREXLER, D. J., & COLL, C. (2019). Land Surface Temperature. *Taking the Temperature of the Earth*: 57-127.
- HUERTA, E. (2014). La co-creacion y el diseño colaborativo. Recuperado de http://www.esdi.es/content/pdf/articuloweb_esdi-4_ehuerta180913.pdf.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1987. *Norma Chilena Oficial Nch1333 of, 78, requisitos de calidad del agua para diferentes usos*.

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 2005. *Norma Chilena Oficial NCh409/1 of, 2005, requisitos de calidad del agua potable*.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1992. Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación. Bogotá, ICA.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). Ciudades, pueblos y aldeas censo 1992-2017, Región del Maule. [En línea]. Disponible en: <<https://ine-chile.maps.arcgis.com/>> [Consulta: 23/08/2022].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 2019. División político-administrativa y censal, Región del Maule. Realizador por el Departamento de Geografía, Región del Maule, Chile, Instituto Nacional de Estadísticas.
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza:104 pp.
- IPCC. 2018. Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. 24 pp.
- IROUME, A., GAYOSO, J., & HERNÁNDEZ, M. 1994. Caracterización de cárcavas en las regiones VIII y IX de Chile. *Bosque*, Vol. **15** (2): 65-75.
- JEREZ, B. 2022. *Análisis preliminar comunas Coronel de Maule*. [Manuscrito no publicado]. Universidad de Concepción. 7 pp. Concepción.
- JIMÉNEZ, J. 2018. Geología de los cerros Pillay y Gupo en la comuna de San Javier, VII Región del Maule, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad Nacional Andrés Bello, Facultad de Ingeniería (Inédito): 133 pp. Concepción.
- LAFFOLEY, D. & BAXTER, J. 2019. La desoxigenación de los océanos: un problema de todos: causas impactos, consecuencias y soluciones, resumen para los responsables de formular políticas. 28 pp.
- LE CONTE, Y., & NAVAJAS, M. 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, Vol. **27** (2): 499-510.
- LUCASSEN, F.; TRUMBULL, R.; FRANZ, G.; CREIXELL, C.; VÁSQUEZ, P.; ROMER, R. & FIGUEROA, O. 2004. Distinguishing crustal recycling and juvenile additions at active continental margins: the Paleozoic to recent compositional evolution of the Chilean

- Pacific margin (36°-41° S). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. **17**, N° 2: 103-119. Amsterdam.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN N. J.; KLIEST J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *In Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA*. American Meteorological Society. 179-184. Boston.
- MEJÍA, V., ORELLANA, D., & CABRERA-BARONA, P. 2021. Cambio de uso de suelo en la Amazonía norte del Ecuador: un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes LANDSAT. *Universidad-Verdad*, Vol. **1** (78): 10-29.
- MELNICK, D. 2007. Neogene seismotectonics of the south-central Chile margin: subduction-related processes over various temporal and spatial scales. Doctoral dissertation, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO 2012. Plan regulador intercomunal de Cauquenes, Canco y Pelluhue. 35-40 pp. Región del Maule, Chile.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2017. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II). Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2018. Informe de biodiversidad: Informe Resultados: Mapeo Colectivo. Ministerio del Medio Ambiente, Fondo de Protección Ambiente (FPA).
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2018. Informe Resultados: Conociendo la Biodiversidad de aves del río Chovellén. Ministerio del Medio Ambiente, Fondo de Protección Ambiente (FPA).
- MONTOYA, E. & ROJAS, R. 2016. Elementos sobre la gobernanza y la gobernanza ambiental. *Gestión y ambiente*, Vol. **19** (2): 302-317.
- MORALES-URRUTIA, E., OCAÑA, J. M. C., AGUIRRE, J. L. S., & PÉREZ-MARÍN, D. 2019. Interfaz de usuario enfocado en el co-diseño con niños. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E22): 147-160.
- MORENO, H. 1979. Geología y Recursos Minerales de los Cuadrángulos Sauzal, Melozal y Pichibelco, Región del Maule. SERPLAC - Región del Maule, Talca. 73 pp.
- MORENO, J. M., LAGUNA DEFIOR, C., CALVO BUENDÍA, E., MARENGO, J. A., & OSWALD, Ú. 2020. *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos—Informe RIOCCADAPT*. McGraw-Hill.
- MUNICIPALIDAD DE CAUQUENES. 2014. Plan de Desarrollo Comunal 2014 - 2018. 103 pp.
- MUNICIPALIDAD DE CHANCO. 2015. Actualización del Plan del Desarrollo Comuna. 126 pp.
- MUNICIPALIDAD DE CHANCO. 2022. Guía turística “Turismo Chanco”. 6 pp.
- MUNICIPALIDAD DE PELLUHUE. 2016. Plan del Desarrollo Comunal 2016 - 2019. 126 pp.

- MUNICIPALIDAD DE PELLUHUE. Río Chovellén. [En línea]. Disponible en <https://www.munipelluhue.cl/turismo/atractivos-turisticos/rio-chovellen/> [Consulta: 30/08/2022].
- MUÑOZ CRISTI, J., GONZALEZ PACHECO, E. 1953. “Geología de los Yacimientos de pirofilita de Arrayán en la provincia de Maule”. Publ. N°3, Instituto de Geología de la Universidad de Chile: 26 pp. Santiago.
- MUÑOZ CRISTI, J. 1973. "Geología de Chile pre-paleozoico, paleozoico y meozoico. Editorial Andrez Bello.
- NEMOGÁ, G. R. (2016). Diversidad biocultural: innovando en investigación para la conservación. *Acta biológica colombiana*, Vol **21**(1): 311-319.
- NOAA NCEP CLIMATE PREDICTION CENTER. Gridded Climate Data. [En línea]. Disponible en: < <https://psl.noaa.gov/data/gridded/index.html> > [Consulta: 22/12/22]
- OLIVOS, Á. R. 2013. El concepto de bienes comunes en la obra de Elinor Ostrom. *Ecología política*, (45): 116-121.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). (2017). Los efectos del cambio climático y los cambios atmosféricos conexos en los océanos: resumen técnico de la primera evaluación integrada del medio marino a escala mundial. 26 pp.
- OTERO, R. 2015. Síntesis preliminar del registro fósil de vertebrados en Faro Carranza (Región del Maule) y su aporte al conocimiento geológico del área. Actas XIV Congreso Geológico Chileno, La Serena.
- OSTROM, E. 2002. Reformulando los bienes comunes. *El cuidado de los bienes comunes: Gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía*. Lima: Instituto del Bien Común, Instituto de Estudios Peruanos: 49-77.
- OSORIO, N. W. 2012. pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal*, Vol. **1** (4): 1-4.
- OVALLE, C. 1994. Características ecológicas y la acción del hombre en el Secano Interior. *La agricultura del secano interior*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Cauquenes, Chile: 234.
- OVANDO, G., BOCCO, M., SAYAGO, S., & WILLINGTON, E. A. 2014. *Evaluación del contenido hídrico del suelo en la región central de Córdoba a partir de imágenes Landsat*. In *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIIO)-VI Congreso Argentino de AgroInformática (CAI) (Buenos Aires, 2014)*.
- PAREDES, J., ALLARD, J., OLAZÁBAL, S., VALLE, M., SIMEONI, A., & FERNANDEZ, M., MONTES, A., OCAMPO, S., CASTRO I., FOIX, N., & T, J. 2017. Sistemas fluviales efímeros e inundaciones repentinas en Comodoro Rivadavia: causas, procesos y mitigaciones.
- PEÑA, F. 1999. Bases para la planificación territorial del curso inferior del río Itata: Análisis integrado de los sistemas geográficos. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción (Inédito): 259 pp. Concepción.

- PIZARRO, O., HORMAZABAL, S., GONZALEZ, A., & YAÑEZ, E. 1994. Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. *Investigaciones marinas*, Vol. **22**: 85-101.
- QUEZADA, J., JAQUE, E., FERNÁNDEZ, A., & VÁSQUEZ, D. 2012. Cambios en el relieve generados como consecuencia del terremoto Mw= 8, 8 del 27 de febrero de 2010 en el centro-sur de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (53): 35-55.
- RAMÍREZ, F. 2002. Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas. Memoria para optar al Título de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía (Inédito): 144 pp. Valdivia.
- RABI, T. 2018. “Caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica de la cuenca del río Cauquenes”. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 144 pp. Santiago.
- REYES M., MARISOL Y DÍAZ G., IRINA (EDS.). 2011. Denominación de origen para el vino y aceite de oliva: Una apuesta a la diferenciación de Cauquenes. [en línea]. Villa Alegre, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 217. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7402> [Consulta: 24/08/22].
- SADZAWKA, A., CARRASCO, M. A., GREZ, R., MORA, M. L., FLORES, H., & NEAMAN, A. 2004. Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos. *Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Santiago, Chile*. Vol. **113**.
- SAN MIGUEL, M. 1958. Manual de Geología. Tercera edición, Editorial Manuel Marín y Cía. Bilbao, España.
- SANTIS, G. 2005. Mapa de reconocimiento de suelos de la región de Bío-bío (sector norte). Memoria para optar al Título de Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía (Inédito): 179 pp. Santiago.
- SARI, I. L., WESTON, C. J., NEWNHAM, G. J., & VOLKOVA, L. 2022. Developing Multi-Source Indices to Discriminate between Native Tropical Forests, Oil Palm and Rubber Plantations in Indonesia. *Remote Sensing*, Vol **14** (1): 3.
- SCHNACK, E., POUSA, J. L., & ISLA, F. I. (1997). Olas, tormentas y playas. *Museo*.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (SERNAPESCA). Caleta: portal de la pesca artesanal. [En línea]. Disponible en: < <https://www.caletaenlinea.cl/inicio#/region/8/Regi%C3%B3n-del-Maule> > [Consulta: 30/08/22].
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (SERNAPESCA). 2011. Anuario estadístico de pesca y acuicultura. 240 pp.

- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA DE MINERÍA (SERNAGEOMIN). 2003. Mapa Geológico de Chile: versión digital. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital, No. 4 (CD-ROM, versión 1.0, 2003). Santiago.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL SIT CONAF. Catálogo de Contenidos de CONAF. [En línea]. Disponible en: < <https://sit.conaf.cl/> > [Consulta: 31/10/22]
- SISMEMA INTEGRADO DE MONITOREO DE ECOSISTEMAS FORESTALES NATIVOS (SIMEF). [En línea]. Disponible en < <https://esri.ciren.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d058d49e817e495486d4ba5e035588ef> > [Consulta: 31/10/2022]
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA). 2020. Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente, Sistema Nacional de Información Ambiental, Departamento de Información Ambiental de la División de Información y Economía Ambiental.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA). 2021. Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente, Sistema Nacional de Información Ambiental, Departamento de Información Ambiental de la División de Información y Economía Ambiental.
- SOTO, L., & MALDONADO, I. 2015. Spatio-temporal variability of NDVI and land surface temperature in the Maule and Biobío Regions (2000-2012). *Chilean journal of agricultural research*, Vol. **75** (4), 434-442.
- STOLPE, N. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. *Publicaciones del Departamento de Suelos y Recursos Naturales*, (1): 96 pp.
- SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA (SUBPESCA). Cuenta pública de estado de recursos. [En línea]. Disponible en: < <https://www.subpesca.cl/portal/618/w3-propertyvalue-792.html> > [Consulta: 18/12/22]
- THE COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE (CMEMS). Copernicus Marine Data Store. [En línea]. Disponible en: < https://data.marine.copernicus.eu/products?option=com_csw&task=results > [Consulta: 23/11/22].
- TOLEDO, S., & MUÑOZ, E. 2018. Determinación de un régimen de caudal ambiental para el río Ñuble considerando actividades recreacionales y requerimientos de hábitat de peces. *Obras y proyectos*, (24): 71-81.
- TOLEDO, V. 2013. Cuantificación de la erosión regresiva en cabeceras y pérdida de suelo en cárcavas en el sector de Susucal, estado Lara Venezuela. *Revista de Investigación*, Vol. **37**(80): 117-138.
- UNIVERSIDAD DE CHILE. 2018. Informe país, estado del medio ambiente en Chile 2018. Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

- VALLES, R., TATE, R., KELAHER, B., SAVINS, D., DOWELL, A. & BENKENDORFF, K. 2015. Ocean warming and CO₂-induced acidification impact the lipid content of a marine predatory gastropod. *Marine drugs*, Vol **13** (10): 6019-6037.
- VARGAS, G., FARÍAS, M., CARRETIER, S., TASSARA, A., BAIZE, S., & MELNICK, D. 2011. Coastal uplift and tsunami effects associated to the 2010 Mw8.8 Maule earthquake in Central Chile. *Andean Geology*, Vol. **38** (1): 219-238.
- VÁSQUEZ, P. 2001. Petrología y Geotermobarometría del Basamento Metamórfico de la Cordillera de la Costa entre los 36°30' S y 38°00' S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 172 pp. Concepción.
- VIDAL, L. 2016. Análisis de eventos de marejadas en las costas de Chile. 32 pp.
- VIDE, J. M. 2009. Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente. *Investigaciones Geográficas* (Esp), (49): 51-63.
- VILLALOBOS, A. 2020. Caracterización hidrológica de la cuenca Cauquenes (Chile) y evaluación del impacto del cambio climático utilizando Hydro-BID.
- WILLNER, A. 2005. Pressure-temperature evolution of an Upper Paleozoic paired metamorphic belt in Central Chile (34°-35°30'S). *Journal of Petrology*. Vol. **46** (9): 1.805-1.833. Oxford.
- WILLNER, A.P.; GERDES, A.; & MASSONNE, H.J. 2008. History of crustal growth and recycling at the Pacific convergent margin of South America at latitudes 29°–36° S revealed by a U–Pb and Lu–Hf isotope study of detrital zircon from late Paleozoic accretionary systems. *Chemical Geology*. Vol. **253** (3-4), 114–129.
- WINDER, M., & SOMMER, U. 2012. *Phytoplankton response to a changing climate*. *Hydrobiologia*, Vol. **698** (1): 5–16.
- WORLDCLIM. Global climate and weather data. [En línea]. Disponible en: <<https://www.worldclim.org/data/index.html>> [Consulta: 01/11/22].
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2004. *Guidelines for drinking-water quality*. world health organization. Vol. **1**.
- ZAGA, E., SADZAWKA, A. 2007. Protocolo de Métodos de Análisis para Suelos y Lodos. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía: 103 pp. Chillán.
- ZAMBRANO, C. 2019. Informe país, estado del medio ambiente en Chile 2018. Tesis Doctoral. Universidad de Chile (Inédito): 603 pp.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		Página
A.	Ficha para el catastro de comunes y de las variables claves para el codiseño de la gobernanza.....	202
B.	Errores derivados de la implementación del protocolo de muestreo de suelo para determinación de pH.....	209
C.	Marco regulatorio de la pesca en Chile.....	212

ANEXO A. FICHA PARA EL CATASTRO DE COMUNES Y DE LAS VARIABLES CLAVES PARA EL CODISEÑO DE LA GOBERNANZA



ACT 210037

COMUNES COSTEROS: LABORATORIOS PARA EL CODISEÑO

Catastro de comunas y variables claves para el codiseño de la gobernanza

En el marco del Proyecto ACT210037, “Laboratorios de codiseño para el Cambio Climático: gobernanza y cuidado de comunas en zonas costeras del centro sur de Chile”, se ejecuta el presente Catastro para dar cumplimiento al objetivo específico número 1¹.

Los principales aspectos a recoger con este Catastro es la identificación de comunas, stakeholders (partes interesadas), conflictos, amenazas, sistemas de gobernanza y dinámicas en contexto de cambio climático.

Este Catastro recogerá información en las tres regiones en que se emplaza el proyecto, específicamente, con actores de las localidades de San Juan de la Costa (Región de Los Lagos), Lebu (Región del Biobío), y Coronel de Maule (Región del Maule).

Su participación en este Catastro es de vital importancia para la pertinencia del trabajo del proyecto y la conformación de los equipos de cada laboratorio en su primera etapa. Su conocimiento es una contribución básica para el buen desarrollo de la metodología científica del codiseño.

¹ Diagnosticar los comunas territoriales relevantes ubicados en el borde costero, incluyendo su estado y calidad, sus *stakeholders*, sus conflictos, sus actuales sistemas de gobernanza y dinámicas en contexto de cambio climático. El Proyecto ACT210037 es ejecutado por la Universidad de Concepción, junto a la Universidad Católica del Maule y la Universidad de Los Lagos.

I. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PARTICIPAN DEL CATASTRO

Nombre	Rol/actividad	Organizaciones/instituciones)	Teléfono/ email	Región/Comuna

1. Fecha y lugar o modalidad de aplicación (señalar si es virtual o presencial)

--

II. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES

1. Cuadro de identificación preliminar de comunes (marcar los comunes identificados y ampliar la lista)

Maule	Lebu	San Juan de la Costa
Agua Bosque nativo Apicultura Viñas patrimoniales	Algas Nalcas Recursos pesquero- artesanales ECMPO APR Recolección (ciclo de recolección de frutos como mutilla, hongos, maqui). Chapes, recolección costera	Peces Algas Mariscos Mitología Cultivo agrícola en laderas Intercambios APR Organizaciones Recolección de PFM ²

2. ¿Qué otro común material considera usted que podrían agregarse?

3. ¿Qué otro común inmaterial (conocimientos, organización) considera usted que podrían agregarse?

4. ¿Qué otro común conoce usted que haya desaparecido?

5. ¿Qué vínculos posee o cómo se relaciona usted con estos u otros comunes?

² Productos Forestales No-Maderables

6. Caracterización de estado de los comunes

¿En qué lugares o zonas geográficas se encuentran ubicados? (precisar ubicación de cada común descrito)
¿En qué estado se encuentran estos comunes? (presentes, en abundancia, en riesgo o bajo amenazas, otras).
¿A qué se debe que estos comunes estén en riesgo o bajo amenaza?
¿Cuál es la importancia que tienen para las culturas locales?
¿Cuál es la importancia que tienen para el sustento económico de parte de la población?
¿Cuál es la importancia para las dinámicas ecológicas y el sistema de vida del territorio?
¿Qué pasa con estos comunes en contexto de cambio climático? (se han visto afectados por falta o exceso de agua o de lluvia, de qué manera, otro)
Otro, ¿Cuál?

7. ¿En qué estado considera usted que se encuentran los comunes identificados? (indique solo una alternativa con una X o complete, según corresponda)

Bien cuidados y conservados por la comunidad	¿cómo, con qué acciones?
Bien conservados por un pequeño grupo o particular	¿cómo, con qué acciones?
Escasamente cuidados	¿por qué?, ¿quiénes los descuidan?
Apropiados por privados	¿quiénes?, ¿con qué procesos?
Descuidados completamente	¿Por qué? Cómo?
Otro, ¿Cuál?	

8. En comparación a años o décadas atrás, ¿qué cambios ha identificado usted en los comunes?

9. ¿Qué factores han incidido o provocado estos cambios? (si no hay respuesta, sugerir opciones del listado)

- a) *Cambio climático*
- b) *Mala administración de los usuarios*
- c) *Acción de privados con mayor poder (despojo)*
- d) *Escasa o nula fiscalización gubernamental*
- e) *Otros*

10. ¿Cree usted que el cambio climático ha afectado el estado de los comunes identificados?
¿de qué manera?

III. Stakeholders, conflictos, gobernanza y cambio climático

1. ¿Qué actores, organizaciones o instituciones son relevantes para el resguardo de los comunes identificados?

2. ¿Existen conflictos en torno a la disponibilidad y uso de los comunes?, ¿cuáles serían estos conflictos?

3. ¿Cómo se resuelven esos conflictos actualmente o cómo se han resuelto en el pasado?

4. ¿Qué amenazas existen hoy para el buen cuidado y gobernanza de los comunes?

IV. Acciones a proseguir

1. ¿De qué manera cree usted que debería impulsarse o promoverse el cuidado de los comunes identificados?, ¿por qué?
2. ¿Qué aspectos y actores serían claves, a su juicio, en el diseño del cuidado de comunes?, ¿por qué?

3. ¿Le interesaría integrarse al laboratorio de codiseño³?

Sí, a título personal	Agregar nombres y contactos
Si, como organización, deseamos figurar en los registros públicos (ej. pag web)	Agregar nombres y contactos
Si, mi organización desea participar de las actividades pero no figurar en registros públicos (ej. pag web)	Agregar nombres y contactos
No	

³ Los laboratorios serán grupos de trabajo locales, integrados por actores claves en torno al cuidado y gobernanza de comunes e investigadores/as del proyecto. Estos Laboratorios iniciarán su trabajo en el mes de marzo de 2022, con la convocatoria a los grupos y la planificación participativa de sus programas centrados en la elaboración de diagnóstico territorial prospectivo.

ANEXO B. ERRORES DERIVADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELO PARA DETERMINACIÓN DE PH

Dada la alta discrepancia entre los resultados de pH obtenidos con las dos modalidades de muestra en laboratorio y los pH obtenidos en terreno, es que se hace necesario esclarecer la proveniencia de dicha disimilitud. Esta puede proceder de:

- La alta incertidumbre derivada de errores en el muestreo en terreno, y de la calidad de los papeles de pH.
- El tiempo de secado al que fueron sometidas las muestras (48 horas aproximadamente), ya que dada su baja cantidad (inferior a 80 gr) puede haberse reducido su masa en más de un 5%, lo cual puede haber afectado algunas características físicas y químicas del suelo. Por consiguiente, que la muestra S1-CM, haya alcanzado el mismo pH en las dos modalidades de muestra analizadas, puede deberse netamente a la gran humedad con la que contaba el suelo de bosque nativo, provocando que esta haya sido la única muestra que por ende haya conservado su masa al momento de secado, no viéndose afectado su pH durante el análisis de laboratorio. Dado que las otras dos muestras de suelo de bosque nativo (S5-CM Y S6-CM) no contaban con una suficiente cantidad de masa (inferior a 50 gr), es que no se puede afirmar con certeza lo planteado anteriormente.
- Falta de tamizado posterior al secado de la muestra con el propósito de extraer aquellas partículas con un tamaño superior a los 2 mm y la materia orgánica.
- El tiempo transcurrido entre la extracción de la muestra en terreno y su análisis en laboratorio, ya que por lo general es altamente recomendable que las muestras se analicen tan pronto como sea posible, de manera que el tiempo que pueda transcurrir antes del análisis de pH sea como máximo de 14 días, de lo contrario deben conservarse en una cámara frigorífica a 4°C (Andalucía, 2021).

En el marco de las observaciones anteriores, se puede interpretar que la diferencia observada entre los pH obtenidos en terreno con los de laboratorio, recae netamente en errores derivados del procedimiento durante la preparación de la muestra y de la calidad de los materiales utilizados en terreno.

Ahora, considerando, según lo descrito anteriormente, al tiempo de secado y a la humedad como los factores causantes de la diferencia entre los resultados de pH obtenidos con las dos modalidades de muestra, es que se han comparado los pH resultantes de la zona de Coronel de Maule, con los pH resultantes de la tesis desarrollada en el marco de este mismo proyecto en la zona de San Juan de la Costa, cuya cantidad recabada en terreno por cada muestra fue aproximadamente de 300 gr. La comparación entre ambos resultados se presenta en la Tabla B.1.

Tabla B.1. Comparación entre los pH de las muestras de suelo obtenidos en la zona de Coronel de Maule (a la izquierda en la tabla) vs. los de San Juan de la Costa (a la derecha de la tabla). Datos de San Juan de la Costa extraídos de Berndt (2023).

N° muestra	pH lab. 1	pH lab. 2	Error absoluto	% Error	N° muestra	pH lab. 1	pH lab. 2	Error absoluto	% Error
1S-CM	5,14	5,14	0	0,00	S1	5,06	5,40	0,34	6,30
2S-CM	4,33	5,03	0,7	13,92	S2	5,33	5,33	0	0,00
3S-CM	4,32	4,63	0,31	6,70	S3	5,75	5,92	0,17	2,87
4S-CM	4,67	5,6	0,93	16,61	S4	4,46	4,28	0,18	-4,21
5S-CM	5,28	-----	-----	-----	S5	6,12	5,52	0,6	-10,87
6S-CM	4,28	-----	-----	-----	S6	4,78	4,50	0,28	-6,22
7S-CM	4,33	4,95	0,62	12,53	S7	4,83	4,82	0,01	-0,21
8S-CM	4,35	5,23	0,88	16,83	S8	6,03	5,93	0,1	-1,69
9S-CM	5,26	6,26	1	15,97	S9	5,88	5,11	0,77	-15,07
10S-CM	5,23	6,19	0,96	15,51	S10	5,43	5,34	0,09	-1,69
11S-CM	4,68	5,45	0,77	14,13	S11	4,90	4,92	0,02	0,41
12S-CM	4,89	5,55	0,66	11,89	S12	5,53	5,30	0,23	-4,34
13S-CM	4,78	5,39	0,61	11,32	S13	5,33	5,12	0,21	-4,10
14S-CM	5,22	5,94	0,72	12,12	S14	4,93	4,83	0,1	-2,07
15S-CM	4,99	5,97	0,98	16,42	S15	6,24	6,23	0,01	-0,16
16S-CM	4,48	5,40	0,92	17,04	S16	5,02	4,93	0,09	-1,83
17S-CM	4,88	5,57	0,69	12,39	S17	4,76	4,80	0,04	0,83
18S-CM	5,08	5,38	0,3	5,58	S18	5,00	5,05	0,05	0,99
19S-CM	4,74	-----	-----	-----	S19	5,40	5,53	0,13	2,35
Error absoluto promedio			0,69		Error absoluto promedio			0,18	

De la Tabla B.1, se desprende que los pH obtenidos en la zona de San Juan de la Costa, para ambas modalidades de muestra, cuentan con un error absoluto promedio de 0,18, muy por debajo del error absoluto promedio obtenido en el territorio de Coronel de Maule: 0,69. Dicho error se obtiene a partir del promedio de la diferencia absoluta entre el valor considerado real (pH de la muestra húmeda), producto que siguió los protocolos establecidos, y el valor considerado aproximado (pH de la muestra seca).

Referente a las muestras de suelo del territorio de San Juan de la Costa, estas fueron extraídas principalmente desde zonas con bosque nativo, seguido en menor proporción de plantaciones

forestales, praderas y humedales (Berndt, 2023), las que fueron sometidas en terreno a papeles indicadores de pH de alta calidad.

Por otra parte, dichas muestras extraídas en terreno al contar con un gran porcentaje de humedad, y dado el tiempo de secado al que fueron sometidas (24 horas según el protocolo de Sadzawka, y otros, 2004), no vieron mayormente afectadas su masa y su porcentaje de humedad.

Lo descrito anteriormente, hace posible sostener la idea de que: no es que el tiempo de secado y la humedad de las muestras de Coronel de Maule afectaran los resultados en la segunda modalidad de muestra, sino que fueron los procedimientos empleados en el muestreo de suelo de San Juan de la Costa y durante la preparación de las muestras los que apegaron más a los protocolos establecidos, resultado por ende en un menor sesgo de los resultados.

ANEXO C. MARCO REGULATORIO DE LA PESCA EN CHILE

Dado los problemas asociados a la sobreexplotación y a la pérdida de recursos marinos, debido a la operación de flotas de pesca mayores a la disponibilidad de los recursos y por las implicancias en las poblaciones de peces (cuya mayoría se encuentra en estado de declinación), lo cual ha traído como consecuencia impactos negativos en la sostenibilidad de las pesquerías y del sector mismo, es que el estado de Chile ha establecido la conservación y resguardo de dichos recursos hidrobiológicos y la regulación de toda actividad pesquera extractiva, de acuicultura y de investigación que se realice en aguas terrestres, playa de mar, aguas interiores, mar territorial o zona económicamente exclusiva del país y de las áreas adyacentes a esta última sobre las que exista o pueda llegar a existir jurisdicción nacional de acuerdo con las leyes y tratados internacionales, por medio de “Ley general de Pesca y Acuicultura” creada en el año 1989, y modificada en los años 1991 y 2011.

Esta ley, a modo de ordenamiento de las capacidades extractivas ha establecido en el inciso c) del artículo N°3 de la Ley 20.657 la fijación de cuotas anuales de captura por especie en un área determinada o cuotas globales de captura. De estas cuotas globales de captura se asignan en menor proporción un porcentaje para investigación, imprevistos y reserva para consumo humano. Otras medidas de administración de los recursos hidrobiológicos constituyen el establecimiento de dos tipos de vedas: biológicas por especie en un área determinada y extractiva por especie o por sexo en un área determinada.

Ahora, considerando solo las cuotas globales de captura y con el propósito cuantificar la sobreexplotación y el mal manejo de los recursos marinos, es que a lo largo del país se han establecidos las denominadas Unidades de Pesquería (UP), quienes administran y gestionan el régimen de explotación de los diversos recursos marinos. Estas son informadas a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), quienes año a año desde el año 2012, elaboran un informe sobre la situación de las principales pesqueras chilenas. Estas según su estatus y régimen de explotación han sido subdivididas, según la definición establecida en el numeral 59 del Artículo 2° de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en 4 categorías:

- **Pesquería subexplotada:** aquella en que el punto biológico actual es mayor en el caso de considerar el criterio de la biomasa, o menor en el caso de considerar los criterios de tasa de explotación o de mortalidad por pesca.
- **Pesquería en plena explotación:** aquella cuyo punto biológico está en o cerca de su rendimiento máximo sostenible.
- **Pesquería sobreexplotada:** aquella en que el punto biológico actual es menor en el caso de considerar el criterio de la biomasa o mayor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca.
No es sustentable en el largo plazo, sin potencial para un mayor rendimiento y con riesgo de agotarse o colapsar.
- **Pesquería agotada o colapsada:** aquella en que la biomasa del stock es inferior a la biomasa correspondiente al punto biológico límite que se haya definido para la pesquería, no teniendo capacidad de ser sustentable y cuyas capturas están muy por debajo de su nivel histórico, independientemente del esfuerzo de pesca que se ejerza.

Cada una de estas unidades de pesquería (UP), establecidas para un rango de regiones, se encuentra a cargo de un recurso marino, los que han sido comprendidos entre 4 grupos: pesquerías pelágicas, demersales, de crustáceos y bentónicas.

En el caso de aquellas comprendidas en la Región del Maule, según el informe anual del estado de las pesquerías en Chile, estas corresponden a 20 UP, cada una de las cuales se encuentra a cargo de los recursos comprendidos en la Tabla C.1.

Tabla C.1: UP comprendidas en la Región del Maule. Modificado de informes extraídos desde SUBPESCA.

Unidad de pesquería (UP)	Tipo de pesquería	Año informe	Estado de la Pesquería	Régimen de explotación	Administrado con	Recurso
UP entre la V y la X Región	Pelágica	2012	Sobreexplotado	Plena explotación	Desde el año 2014 mediante Licencias transables de pesca	Anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>)
		2013 - 2018	Agotada o colapsada			
		2019	Sobreexplotado			
		2020 - 2021	Plena explotación			

Continúa en la página 214.

Continuación de la Tabla C.1.

Unidad de pesquería (UP)	Tipo de pesquería	Año informe	Estado de la Pesquería	Régimen de explotación	Administrado con	Recurso
UP entre la V y la X Región	Pelágica	2012-2020	Plena explotación	Plena explotación	Desde el año 2014 mediante Licencias transables de pesca	Sardina común (<i>Strangomera bentincki</i>)
		2021	Sobreexplotado			
UP de la XV a la X Región		2012 - 2016	Sobreexplotado	Plena explotación	Desde el año 2014 mediante Licencias transables de pesca	Jurel (<i>Trachurus murphyi</i>)
		2017	Plena explotación			
		2018	Sobreexplotado			
		2019 - 2021	Plena explotación			
UP de la XV a la XII Región		2012 - 2013	Plena explotación	Plena explotación	Asimilada a un estado de plena explotación	Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)
		2014 - 2021		Libertad de pesca		
UP de la XV a la XII Región		2014 - 2019	Asimilada a un estado de plena explotación	Libertad de pesca	Asimilada a un estado de plena explotación	Jibia (<i>Dosidicus gigas</i>)
		2020 - 2021	Sobreexplotada	Libertad de pesca		
UP de la XV a la XII Región	2014 - 2016	Asimilado a un estado de plena explotación	Libertad de pesca	Asimilada a un estado de plena explotación	Reineta (<i>Brama australis</i>)	
	2017	Sobreexplotado	Libertad de pesca			
	2018 - 2021	Sobreexplotado	Régimen general de acceso asimilado a un estado de plena explotación			
UP de la IV Región al paralelo 41°28,6 S	Demersal	2012	Sobreexplotado con riesgo de agotamiento	Plena explotación	Desde el año 2014 por medio de licencias transables de pesca	Merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>)
		2013	Sobreexplotado			
		2014 - 2015	Agotada o colapsada			
		2016 - 2021	Sobreexplotado			
UP desde la V a la XII Región desde 2014, antes entre V y la X Región	2012	Sobreexplotado con riesgo de agotamiento	Plena explotación	Desde el año 2014 por medio de licencias transables de pesca	Merluza de cola (<i>Macruronus magellanicus</i>)	
	2013-2015	Sobreexplotado				
	2016 - 2021	Agotada o colapsada				

Continúa en la página 215.

Continuación de la Tabla C.1.

Unidad de pesquería (UP)	Tipo de pesquería	Año informe	Estado de la Pesquería	Régimen de explotación	Administrado con	Recurso	
UP entre la III y la X	Demersal	2012 - 2021	Agotada o colapsada	Plena explotación	Desde 2014 a 2016 mediante veda extractiva, luego desde el año 2017 sin licencia transable de pesca	Besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>)	
UP de la XV a la XII Región		2012	Sobreexplotado con riesgo de agotamiento	Plena explotación	Desde 2014 a 2016 mediante veda extractiva, luego desde el año 2017 sin licencia transable de pesca	Alfonsino (<i>Beryx splendens</i>)	
		2013 - 2021	Agotada o colapsada				
UP de la XV al paralelo 47°S		2012 - 2013	Sobreexplotado	Plena explotación	Libertad de pesca asimilada a régimen de plena explotación	Desde 2015 asimilado a estado de plena explotación	Bacalao de profundidad (<i>Dissostichus eleginoides</i>)
		2014	Asimilada a un estado de plena explotación				
		2015	Sobreexplotado				
	2016	No definido					
	2017- 2018	Agotada o colapsada					
	2019 - 2021	Sobreexplotado					
UP entre la II y la VIII Región	Crustáceos	2012 - 2020	Plena explotación	Plena explotación	Desde el año 2014 por medio de licencias transables de pesca	Camarón nailon (<i>Heterocarpus reedi</i>)	
		2021	Subexplotado				
UP entre la V-VIII Región		2012 - 2020	Plena explotación	Recuperación y desarrollo incipiente	Desde el año 2014 por medio de permisos extraordinarios de pesca	Langostino amarillo (<i>Cervimunida johni</i>)	
		2021	Subexplotado				
UP entre la V-VIII Región		2012 - 2014	Plena explotación	Recuperación y desarrollo incipiente	Desde el año 2014 por medio de permisos extraordinarios de pesca	Langostino colorado (<i>Pleuroncodes monodon</i>)	
		2015 - 2017	Sobreexplotado				
	2018 - 2021	Plena explotación					

Continúa en la página 216.

Continuación de la Tabla C.1.

Unidad de pesquería (UP)	Tipo de pesquería	Año informe	Estado de la Pesquería	Régimen de explotación	Administrado con	Recurso	
UP entre la IV y X Región	Bentónico	2015 - 2021	Asimiladas a un estado de plena explotación	- Libertad de pesca - Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos - Plan de manejo desde 2021		Cochayuyo	
UP de la XV a la XII Región		2012 - 2013	No definido	Plena explotación		Lapa (<i>Fissurella</i> sp.)	
		2014 - 2021	Asimilado a un estado de plena explotación	- Libertad de pesca (asimilado a un régimen de plena explotación) - Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos			
UP de la XV a la XII Región		2012 - 2013	No definido	Plena explotación		Loco (<i>Concholepas concholepas</i>)	
		2014 - 2021	Asimilado a un estado de plena explotación	- Libertad de pesca (asimilado a un régimen de plena explotación) - Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos			
UP entre la XV y la XII Región en 2014, 2015 entre XV y la XI Región, entre la XV y la X Región en 2016-2021			2014 - 2021	Asimilada a un estado de plena explotación	- Libertad de pesca (asimilado a un régimen de plena explotación) - Plan de manejo - Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos		Macha (<i>Mesodesma donacium</i>)
UP de la XV a la XII Región			2012 - 2013	No definido	Asimilado a un estado de plena explotación		Erizo rojo

Continúa en la página 217.

Continuación de la Tabla C.1.

Unidad de pesquería (UP)	Tipo de pesquería	Año informe	Estado de la Pesquería	Régimen de explotación	Administrado con	Recurso
UP entre la XV y la XI Región entre 2014-2017 y 2020, y entre la XV y la XII Región en el periodo 2012-2013 y 2018, 2019 y 2021		2012 - 2013	No definido	- Libertad de pesca (asimilado a un régimen de plena explotación) - Plan de manejo - Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos		Algas pardas: conformada por el huiro negro (<i>Lessonia nigrescens</i>), huiro palo (<i>Lessonia trabeculata</i>) y huiro flotador (<i>Macrocystis</i> sp.)
		2014-2021	Asimilada a un estado de plena explotación			

Para cada uno de estos recursos hidrobiológicos desde el año 2013 el Comité Científico-Técnico de Pesquerías ha establecido un punto biológico de referencia (PBR), el cual tiene por objetivo establecer la medida a partir de la cual queda definido el estado de una pesquería (subexplotado, plena explotación, sobreexplotado, agotado o colapsado), pudiendo referirse a: biomasa, mortalidad por pesca o tasa de explotación; y al estado y recomendación del rango biológicamente aceptable (CBA) del recurso en su UP.