



Universidad de Oviedo



# **IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA PROVINCIA DE PETORCA, ENTRE LOS AÑOS 1980 Y 2019**

Trabajo de Fin de Máster para la obtención del Título de  
Máster en Investigación y Gestión de Desastres

Alfredo Díaz González

Pedro Arcos González

Director de Tesis

2022

Declaro que esta tesis titulada Impacto del Cambio Climático, en la Provincia de Petorca, entre los años 1980 y 2019, es únicamente el resultado de mi propio trabajo de investigación y que todas las fuentes de información utilizadas (impresas, sitios web, etc.), procedentes de otros autores o trabajos, se indican en la lista de referencias de acuerdo con las normas establecidas.

Firma: .....

Recuento total de palabras: 19.110

El Prof. Pedro Arcos González aprueba esta tesis para su presentación.

Pedro Arcos González

Director de Tesis

## RESUMEN

El cambio climático es un fenómeno que ha afectado fuertemente a nuestro país. Sus efectos se han hecho notar en diversos sectores, pero la Provincia de Petorca, se ha transformado en uno de los más emblemáticos.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es identificar y cuantificar los impactos de este cambio. Para esto, se analizaron diferentes variables climáticas y los efectos que éstas han producido en diferentes actividades económicas en la zona estudiada.

La obtención de los datos requeridos para el análisis antes mencionado se realizó a través de una revisión bibliográfica. En primer término, se examinaron las fuentes oficiales que recopilan antecedentes relacionados con la temática estudiada. Posteriormente, se analizaron diferentes estudios efectuados por Universidades y ONGs, que, en algunos casos, aportaron informes y antecedentes más actualizados que los existentes en los organismos oficiales.

Al analizar la información recopilada se comprueba que las precipitaciones, caudales de los ríos y evotranspiración presentan alteraciones en los valores recopilados. Los dos primeros, con notables disminuciones y, la tercera, con un sostenido aumento. Esto trae una serie de consecuencias en diferentes áreas estudiadas, por ejemplo, en la disponibilidad de agua, tanto para consumo humano como para riego y, en la agricultura y la ganadería dentro del sector agropecuario.

Finalmente, se pudo concluir que el fenómeno del cambio climático en la Provincia de Petorca está generando diversas alteraciones que han afectado a la población, lo que, incluso, ha ocasionado que algunos de los habitantes de esta zona estén abandonando sus hogares por la escasez de agua para ellos y sus animales.

Palabra (s) Clave:

*Petorca, cambio climático, precipitaciones, caudal, agricultura, ganadería, migración.*

## ABSTRACT

Climate change is a phenomenon that has strongly affected our country. Its effects have been noted in various sectors, but the Province of Petorca has become one of the most emblematic.

The objective of this Master's Thesis is to identify and quantify the impacts of this change. For this, different climatic variables and the effects that these have produced in different economic activities in the studied area were analysed.

The data required for the analysis was obtained through a literature review. In the first place, the official sources that collect information related to the subject studied were examined. Subsequently, different studies carried out by Universities and NGOs were analysed, which, in some cases, provided more up-to-date reports and background information than those existing in official agencies.

When analysing the collected information, it is verified that rainfall, river flows and evapotranspiration present alterations in the collected values. The first two, with notable decreases and the third, with a sustained increase. This brings a series of consequences in different areas studied, such as the availability of water both for human consumption and for irrigation and within the agricultural sector, the most affected are agriculture and livestock.

Finally, it was possible to conclude that the phenomenon of climate change in the Province of Petorca is generating various alterations that have affected the population, which has even caused some of the inhabitants of this area to abandon their homes due to scarcity of water for them and their animals.

Keywords:

Petorca, climate change, rainfall, flow, agriculture, livestock, migration

Hierro Viejo	24
Gráfico 5 Gráfico de Temperatura Máxima Diaria Estación Alicahue	25
Gráfico 6 Evapotranspiración Potencial (ETP) Estación Rio Petorca en Peón o Hierro Viejo	26
Gráfico 7 Evapotranspiración Potencial (ETP) Estación Rio La Ligua en Placilla	26
Gráfico 8 Porcentaje de Captación de Agua de ESVAL durante el año 2020	33
Gráfico 9 Usos de Agua (m <sup>3</sup> /s) Agropecuario para las Cuencas de los ríos Petorca y La Ligua	40
Gráfico 10 Comparación de superficie sembrada total y por tipo de cultivo entre el año 1997 y 2007	41
Gráfico 11 Número total de Cabezas de Ganado Bovino en la Provincia de Petorca, por año	44
Gráfico12 Comparación de Existencia de Ganado Bovino, 1997 - 2007.	44
Gráfico13 Comparación de Existencia de Ganado Caprino, 1997 – 2007.	45
Gráfico14 Comparación de Existencia de Ganado Ovino, 1997 – 2007	46
Gráfico15 Comparación de Existencia de Ganado Porcino, 1997 – 2007	46
Gráfico16 Comparación de Existencia de Ganado Caballar, 1997 – 2007	47
Gráfico17 Comparación de Existencia de Ganado Bovino, por categoría, 2007 – 2019	48
Gráfico18 Uso de Agua (%) Estimada por Sector Económico en la Cuenca del Río Petorca.	49
Gráfico19 Uso de Agua (%) Estimada por Sector Económico en la Cuenca del Río La Ligua.	49
<b>FIGURAS</b>	
Figura 1 Maqueta virtual del Embalse Las Palmas.	38

## ÍNDICE

Contenido	Pág
Resumen	3
Abstract	4
Índice	5
Acrónimos	8
Introducción	9
Materiales y Métodos	15
Resultados	19
A. Generalidades	19
B. Identificación de los Efectos del Cambio Climático en la Provincia de Petorca	19
1. Disminución de Precipitaciones	19
2. Disminución del Caudal de los Ríos	21
3. Aumento de las Temperaturas	23
4. Aumento de la Evotranspiración Potencial	25
5. Cambios en los Océanos	26
6. Desertificación	27
7. Erosión	29
8. Impactos Proyectados del Cambio Climático en la Provincia de Petorca	31
C. Cuantificación de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos, las Actividades Económicas Primarias y la Demografía, en la Provincia de Petorca	31
1. Impacto en los Recursos Hídricos	31
a. Impacto en la Disponibilidad de Agua Potable	32
b. Impacto en la Disponibilidad para Riego	36
2. Impacto en las Actividades Económicas Primarias	39
a. Sector Silvoagropecuario	39
i. Impacto en el sector agrícola	40
ii. Impacto en el sector ganadero	42
iii. Impacto en el sector forestal	48

b. Sector Pesquero	49
c. Sector Minero	50
3. Impacto Demográfico	51
Discusión	54
Conclusiones	57
Anexos	60
Agradecimientos	71
<b>LISTADO DE MAPAS</b>	
Mapa 1 División Política Administrativa de la Región de Valparaíso	10
Mapa 2 Provincia de Petorca, destacada en color rojo	10
Mapa 3 Áreas de restricción y zonas de prohibición declaradas por la DGA entre las Regiones de Arica-Parinacota y Metropolitana	12
Mapa 4 Índice Relativo de Riesgo de Pérdida de la Diversidad de la Flora por Cambios en las Precipitaciones. En el círculo azul se destaca la Provincia de Petorca.	21
Mapa 5 Cuencas y subcuencas de los ríos La Ligua y Petorca	22
Mapa 6 Ubicación Geográfica Estación Alicahue	24
Mapa 7 Riesgo de Desertificación, año 2021	28
Mapa 8 Tasas netas de migración por cada 1.000 habitantes. Región de Valparaíso	52
<b>LISTADO DE TABLAS</b>	
Tabla 1 Actores institucionales que tienen relación con la gestión del recurso hídrico en Chile	13
Tabla 2 Agua distribuida por camiones aljibe en la comuna de La Ligua durante el año 2020	35
Tabla 3 Variación porcentual estimada en superficie cultivada en la Provincia de Petorca entre 2011 y 2013.	42
<b>LISTADO DE GRÁFICOS</b>	
Gráfico 1 Anomalía Porcentual de Precipitaciones a nivel nacional desde 1961	19
Gráfico 2 Precipitación Anual Estación Meteorológica Longotoma (1980 – 2020)	20
Gráfico 3 Temperatura Anual Estación Río La Ligua en Placilla	23
Gráfico 4 Temperatura Anual Estación Río Petorca en Peón o	

## ACRÓNIMOS

APR	Agua Potable Rural.
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales.
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNR	Comisión Nacional de Riego.
DGA	Dirección General de Aguas.
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil.
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas.
ESVAL	Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral.
GORE	Gobierno Regional.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario.
INE	Instituto Nacional de Estadísticas.
MMA	Ministerio de Medio Ambiente.
MOP	Ministerio de Obras Públicas.
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar.
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
ONG	Organización No Gubernamental.
SEREMI	Secretario Regional Ministerial.
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios.
TSM	Temperatura superficial del mar.
VBP	Valor Bruto de Producción.

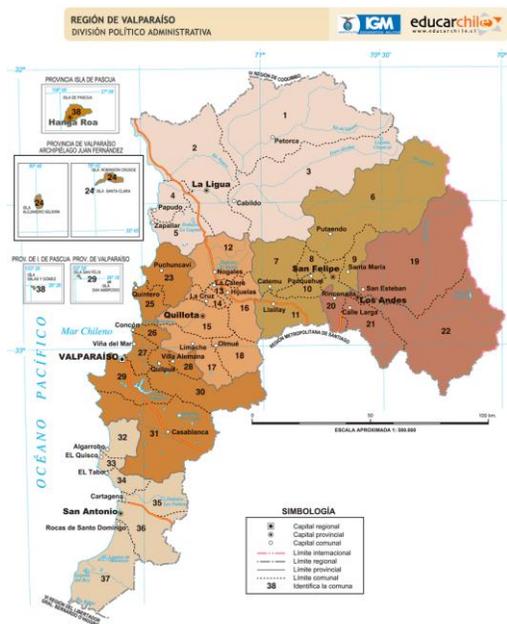
## INTRODUCCIÓN

“El cambio climático, en lo referente a la influencia antropogénica en los sistemas climáticos, se ha convertido en el mayor desafío que ha debido enfrentar la humanidad”<sup>1</sup>. Su relación con el bienestar humano y la pobreza es cada vez más visible. Si no se controla, empujará a ciento treinta y dos millones de personas a la pobreza en los próximos diez años, revirtiendo los avances en materia de desarrollo logrados con gran esfuerzo. Aunque los flujos de financiamiento para la adaptación han aumentado en un 35% en los últimos años, aún no son suficientes para lo que se necesita, particularmente en los países en desarrollo.<sup>2</sup>

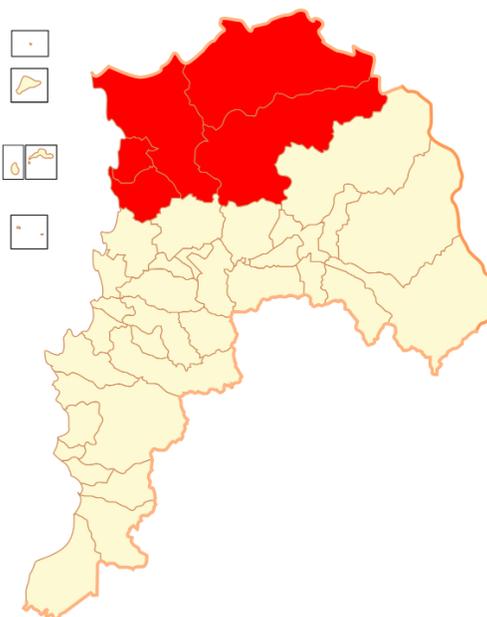
“Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, cumpliendo con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a saber: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos”<sup>3</sup>.

Según el Ministerio del Medio Ambiente, la Región de Valparaíso es “la más vulnerable al cambio climático del país, ya que existirán aumentos en las temperaturas mínimas, medias y máximas de todas las comunas de la zona, junto con una disminución de precipitaciones. Esto último, sumado al cambio de los vientos y una condición seca del aire, suelo y vegetación, provocan un aumento en la probabilidad de incendios forestales. Además, se espera que debido a la baja cantidad de precipitaciones y al aumento de temperatura, se produzca una reducción en la acumulación de nieve en la cordillera, con la consecuente disminución en los caudales de río. También es necesario contar con estadísticas sobre el abandono de huertos en la región debido a la sequía que ha afectado al país.”<sup>4</sup>

En la zona norte de la mencionada Región, se encuentra la Provincia de Petorca. Ésta tiene una superficie de 4.589 km<sup>2</sup>, lo que la convierte en la más extensa de dicha Región y está enmarcada, de oriente a poniente, por la Cordillera de Los Andes y el Océano Pacífico y, de norte a sur, entre los 32° 05' y 32° 40' de latitud sur. Esta zona se encuentra a 220 kilómetros al norte de la ciudad de Santiago de Chile y a 190 kilómetros al este de la capital regional, Valparaíso. La provincia está constituida por las comunas de Petorca, Papudo, Zapallar, Cabildo y La Ligua, siendo ésta última su Capital<sup>5</sup>.



Fuente IGM  
 Mapa 1 División Política Administrativa de la Región de Valparaíso



Fuente IGM  
 Mapa 2 Provincia de Petorca, destacada en color rojo

Por su condición de provincia interior, cercana a la precordillera, posee un clima de carácter templado semiárido de temperaturas moderadas, que promedian los 20° C en primavera-verano y 6° C en la temporada otoño-invierno. Posee excelentes aptitudes del suelo, que permiten una producción frutícola de gran calidad.<sup>6</sup>

“La vegetación de los valles es generalmente rala y del tipo de pastos de temporada típico de climas secos. Se presentan algunos matorrales relativamente densos en fondos de quebradas. En sectores asociados a vertientes se encuentran cubiertas vegetacionales que corresponden a terrenos de vegas o pantanosos. La parte central del valle presenta características favorables para la producción de frutales y chacarería temprana”<sup>7</sup>.

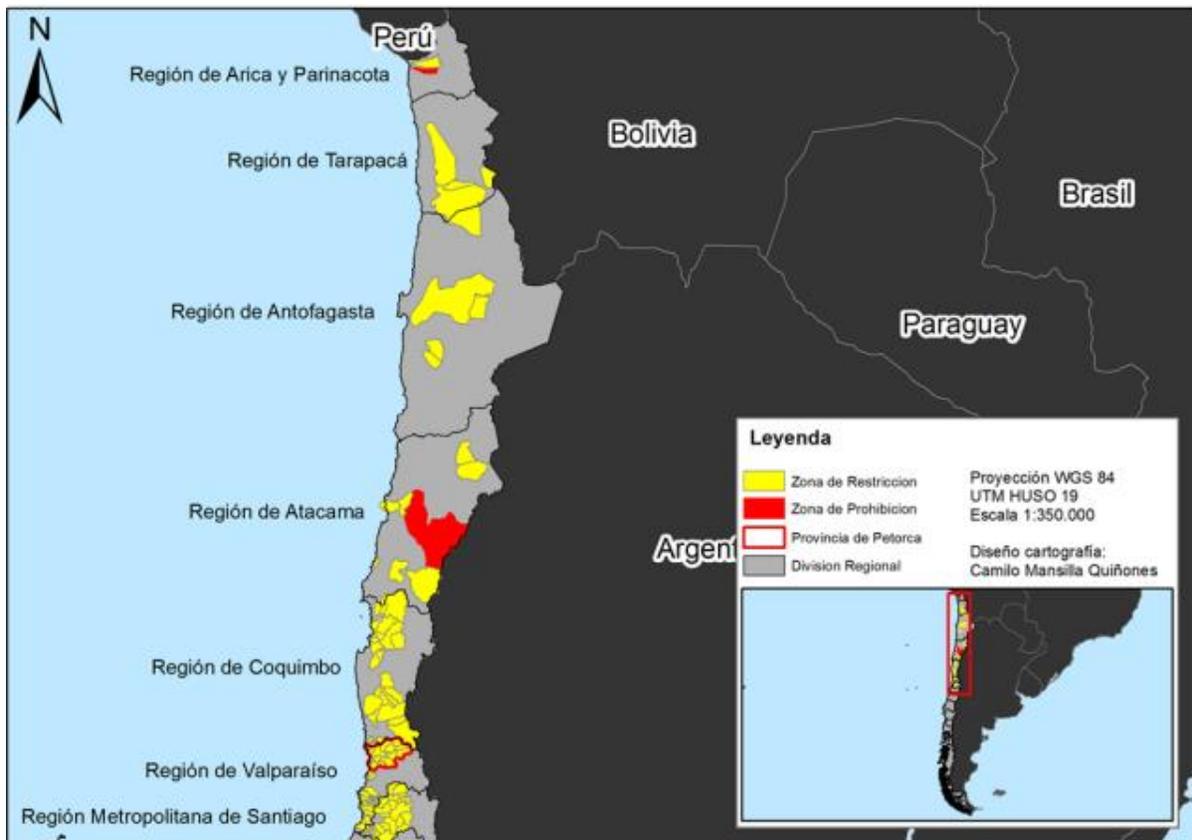
Los principales cursos de agua son el Río Petorca y el Río La Ligua. El primero se localiza cercano al límite septentrional de la Provincia. Nace en la Cordillera de Los Andes y su cuenca tiene una superficie aproximada de 2.669 km<sup>2</sup>. Su pendiente es de 3,22% con una dirección general hacia el suroeste y desemboca en el mar en la bahía de La Ligua; sus aguas se utilizan para el riego en el Valle de Petorca. El río La Ligua se localiza al sur del río Petorca, desembocando junto con este último en la bahía de La Ligua. Tiene una superficie de 1.900 km<sup>2</sup>. Nace en la Cordillera de Los Andes y tiene un curso de 162 kilómetros, con una dirección suroeste en su curso superior y en curso medio e inferior, hacia el oeste. El Río La Ligua permite el riego en un sector del valle del mismo nombre<sup>8</sup>.

En la Provincia de Petorca, la principal actividad económica es la agricultura, la que se desarrolla en torno a los valles de los ríos nombrados en el párrafo anterior. La producción de frutales como paltos y limones, son los de mayor importancia para esta provincia, llegando a convertirse en una de las zonas que más exporta este tipo de productos en el país.<sup>9</sup>

La actividad minera es la segunda en importancia, destacando la explotación de concentrado de Cobre y Oro. Además, posee importantes reservas de recursos no metálicos como caolín, feldespatos, cuarzo, carbonato de calcio, calizas y piedras marmóreas de carácter ornamental<sup>10</sup>.

En la actualidad, como consecuencia del cambio climático, la Provincia de Petorca se encuentra enfrentando un complejo escenario debido a la escasez de agua. Una forma de enfrentar esta situación se encuentra estipulada en el artículo 314 del Código de Aguas, que contempla la prerrogativa de que, el Presidente de la República, en épocas extraordinarias de sequías, pueda decretar zonas de escasez hídrica en algunos puntos del país, por 6 meses no prorrogables<sup>11</sup>. La facultad para suscribir estos decretos se encuentra delegada al Ministro de Obras Públicas, mediante el Decreto N° 19 de 2001 de la Secretaría General de la Presidencia, bajo la fórmula “Por Orden del Presidente de la República”<sup>12</sup>. Estos “decretos de escasez se dictan con el objeto de proveer determinadas herramientas a usuarios del agua y a la población en general para reducir al mínimo los daños derivados de la sequía. Da atribuciones a la Dirección General de Aguas para establecer criterios y delimitaciones para las autorizaciones de extracción de aguas”<sup>13</sup>. Esta situación se refleja en el Decreto MOP N° 20 de 08 de febrero de 2022<sup>14</sup>, que declara zona de escasez hídrica a la Provincia de Petorca, Región de Valparaíso, vigente hasta el 10 de agosto de 2022.

Además de la Provincia de Petorca, existen una serie de zonas que se encuentran declaradas como zonas de restricción y prohibición a lo largo del país. En el mapa que se muestra a continuación, se pueden observar áreas que mantienen esa condición en la zona centro norte del país. Además, se puede apreciar que existe una gran superficie del territorio nacional que se encuentra declarada zona de restricción, como también, otras que se encuentran con prohibición. En cuanto a las primeras, las más afectadas se encuentran en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana; en cuanto a las segundas, ellas se concentran especialmente en la Región de Atacama.



Fuente: Politización de la crisis hídrica en Chile: Análisis del conflicto por el agua en la provincia de Petorca. Agua y Territorio  
 Mapa 3 Áreas de restricción y zonas de prohibición declaradas por la DGA entre las Regiones de Arica-Parinacota y Metropolitana.<sup>15</sup>

El rol preponderante en esta materia lo posee la DGA (Dirección General de Aguas). Este “servicio, tiene participación en los informes técnicos que justifican la declaración de escasez, como señala el inciso primero del art. 314 del Código de Aguas; en la calificación previa de las épocas de sequía, en virtud del inciso segundo de la disposición en comento; y en el ejercicio de ciertas atribuciones una vez declarada la escasez”<sup>16</sup>. Estos decretos entregan atribuciones a la DGA para la administración de los recursos hídricos entre las que se pueden señalar<sup>17</sup>:

1. En caso de que los titulares de derechos de aprovechamiento no lleguen a acuerdo para redistribuir las aguas, la DGA podrá hacerlo respecto de las disponibles en las fuentes naturales con el fin de reducir al mínimo los daños generales derivados de la sequía. Igualmente podrá suspender las atribuciones de las Juntas de Vigilancia, como también, los seccionamientos de las corrientes naturales que estén comprendidas dentro de la zona de escasez.
2. Una vez declarada la zona de escasez, la DGA podrá autorizar extracciones de aguas, ya sean superficiales o subterráneas, desde cualquier punto sin necesidad de constituir derechos de aprovechamiento de aguas y sin la limitación del caudal ecológico mínimo.

3. En las corrientes naturales o cauces artificiales en que aún no se hayan constituido organizaciones de usuarios, la DGA podrá, a petición de una de las partes, hacerse cargo de la distribución, en zonas declaradas de escasez.

Una vez revisados los diferentes antecedentes recopilados durante la investigación, se puede señalar que existe una alta cantidad de información en relación con los efectos del cambio climático en la Provincia de Petorca. Sin embargo, producto de la actual institucionalidad de nuestro país, existe una gran cantidad de organismos gubernamentales que recopilan información relacionada con este tema. Del mismo modo, existen numerosas ONGs (Organizaciones No Gubernamentales) y centros de investigación que han abordado esta temática. Esta situación produce que este gran volumen de información se encuentre disperso en estos diferentes organismos y, en muchos casos, resulte difícil poder efectuar comparaciones entre los datos que maneja cada ente gubernamental y no gubernamental. En la siguiente tabla se muestran los organismos involucrados en la gestión del recurso hídrico en Chile.

ORGANISMOS DE GOBIERNO		15	Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)	ORGANISMOS AUTÓNOMOS	
1	Ministerio de Obras Públicas (MOP)	16	División de Desarrollo Urbano (DDU)	30	Ministerio Público (Fiscalía)
2	Dirección General de Aguas (DGA)	17	Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU)	31	Poder Judicial (PJ)
3	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	18	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)	32	Tribunal de Defensa a la Libre Competencia (TDLC)
4	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	19	Gobierno Regional (GORE)	33	Tribunales Arbitrales (TA)
5	Instituto Nacional de Hidráulica (INH)	20	Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI)	34	Tribunales de Medio Ambiente
6	Ministerio de Energía (MINE)	21	Ministerio de Salud (MINSAL)	35	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI)
7	Comisión Nacional de Energía (CNE)	22	Instituto de Salud Pública (ISP)	36	Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS)
8	Ministerio de Agricultura (MINAGRI)	23	Ministerio de Economía (MINECON)	37	Contraloría General de la República (CGR)
9	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	24	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)	38	Conservador de Bienes Raíces (CBR) y Notarios
10	División de Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN)	25	Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)	39	Municipios
11	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	26	Ministerio de Medio Ambiente (MMA)	<b>ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA</b>	
12	Comisión Nacional de Riego (CNR)	27	Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	40	Juntas de Vigilancia (JdV)
13	Corporación Nacional Forestal (CONAF)	28	Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)	41	Asociaciones de Canalistas (ASCAN) y Comunidades de Aguas (COMAG)
14	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)	29	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)	42	Comunidades de Obras de Drenaje (COD)

Fuente; Fundación Terram. Erosión de Suelos y Crisis Hídrica: Las sombras del modelo agroexportador del Palto

Tabla 1 Actores institucionales que tienen relación con la gestión del recurso hídrico en Chile

Con el objeto de reunir la mayor cantidad de antecedentes posibles en un solo documento, se hace imprescindible realizar un estudio que señale los efectos del cambio climático en la Provincia de Petorca, de tal forma de poder relacionar cada uno de estos efectos y sus consecuencias, con diversas situaciones que se han ido desarrollando en esta zona, las que han llevado, incluso, a que algunas personas hayan decidido abandonar los lugares que habitaban, situación que, como se expondrá más adelante, podría estar relacionada con las consecuencias que ha tenido este fenómeno en la zona de la Provincia de Petorca.

Para el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Máster se han fijado los siguientes objetivos:

**1. Objetivo general:**

Identificar y cuantificar los efectos del cambio climático en la Provincia de Petorca, entre los años 1980 y 2019.

**2. Objetivos específicos:**

- a. Identificar los impactos generados por el cambio climático en el medioambiente de la Provincia de Petorca, entre los años 1980 y 2019.
- b. Cuantificar los impactos provocados por el cambio climático en las actividades económicas primarias y la demografía en la Provincia de Petorca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Siguiendo la metodología PRISMA para la publicación de revisiones sistemáticas, se realizó una revisión bibliográfica cuyas fuentes de datos fueron, en primer término, los sitios web de los organismos gubernamentales que mantienen la información oficial relacionada con el cambio climático a nivel nacional y, seguidamente, lo concerniente a este fenómeno en la Provincia de Petorca. Para ello se recurrió a los sitios web del Ministerio del Medio Ambiente; Dirección General de Aguas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas; Dirección Meteorológica de Chile; Comisión Nacional de Riego, del Ministerio de Agricultura y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, entre otros. De estos sitios se obtuvo una gran cantidad de registros oficiales relacionados con las temperaturas, precipitaciones y caudales de ríos. Del mismo modo, con el objetivo de recopilar mayores antecedentes concernientes al tema de este trabajo de fin de Máster, se realizó una revisión bibliográfica de estudios y publicaciones no oficiales asociadas a la temática en comento, la que se concretó a través de las plataformas Google Scholar, Researchgate, ProQuest, Scielo, Issu.com y Academia.edu, logrando ubicar diferentes estudios, trabajos de investigación, proyectos de tesis, sitios web de diferentes ONGs y otros sitios con alguna relación con los fenómenos relacionados con el cambio climático en la Provincia de Petorca, entre los años 1980 y 2019. Los términos utilizados en la búsqueda corresponden a “cambio climático en la Provincia de Petorca” y “crisis hídrica en la Provincia de Petorca”.

Al revisar los artículos encontrados, algunos fueron descartados, en primer término, de acuerdo con su título y área analizada. Otros tantos debieron desecharse por cuanto analizaban la temática desde un punto de vista nacional y no particular de la zona estudiada. En la siguiente etapa, se analizaron los resúmenes de aquellos que mencionaban la zona en estudio, dejando fuera los que hacían referencia explícita a alguna tendencia de carácter político y/o aquellos financiados por organizaciones que agrupan a algunos agricultores del sector, escogiendo, finalmente, para la lectura completa y análisis, aquellos que describían, estudiaban y/o analizaban las causas y consecuencias del cambio climático en la Provincia de Petorca.

Igualmente, además de la revisión bibliográfica y de los sitios web detallada con anterioridad, se solicitó información, de tipo técnico, a diferentes estamentos gubernamentales que mantienen antecedentes relacionados con el cambio climático en Chile, como también, a la empresa que presta los servicios de abastecimiento de agua potable en la Provincia.

En el caso de los datos relacionados con el agua caída en la zona, se obtuvieron registros de los diferentes Anuarios Meteorológicos que se encuentran disponibles en el sitio web de la Dirección Meteorológica de Chile, los que fueron revisados y analizados año por año para extraer la información requerida. Una vez recopilados los antecedentes, se consideraron las estaciones denominadas “Valle Hermoso” y “Longotoma”; utilizando los criterios de ubicación geográfica y que contaran con registros suficientes, condiciones que permiten conocer la realidad hídrica de la Provincia, tal como se señala en los Informes de Condiciones Hidrometeorológicas que acompañan a los diferentes Decretos que declaran a la Provincia como Zona de Escasez Hídrica. No se puede dejar de mencionar que, en la zona investigada, existen diversas estaciones con registros incompletos para el período estudiado.

Por otra parte, para determinar los datos empleados para la variable de caudal de los cursos de agua, se utilizaron pautas similares, primando la ubicación geográfica de las estaciones escogidas, “Río Alicahue en Colliguay” y “Sobrante en Piñadero”, ya que al estar en la parte alta de las cuencas de los ríos La Ligua y Petorca, respectivamente, permiten conocer la cantidad de agua que ingresa a la cuenca, sin que el valor registrado se vea influenciado por la extracción, legal o ilegal de agua, en cada uno de ellos. Ambas estaciones corresponden al tipo estación fluviométrica-sedimentaria<sup>18</sup>. Existen períodos de ausencia de datos, los que se han reflejado en los gráficos respectivos. Esta carencia puede deberse a fallas técnicas, siendo las más frecuentes para este tipo de estaciones las relacionadas con la transmisión satelital, agotamiento de baterías, embanques y/o cambios en la sección de aforo.<sup>19</sup>

Los datos de temperatura y evotranspiración fueron obtenidos de la base de datos CAMELS-CL (Catchment Attributes and Meteorology for Large Sample Studies, Chile Dataset). Este registro, “integra información física e hidro-meteorológica de cuencas de todo Chile (17.8 S – 55.0 S). La base de datos contiene las cuencas aportantes a 516 estaciones fluviométricas a lo largo de Chile, para las cuales se compilan los registros públicos de caudal diario, y se generan las siguientes series hidro-meteorológicas promediadas a escala de cuenca: 1) cuatro series de precipitación diaria en base a productos grillados (uno basado en CR2MET y tres basados en observaciones satelitales); 2) series diarias de temperaturas medias, máximas y mínimas, basadas en CR2MET; 3) evapotranspiración potencial (PET) acumulada a 8 días basada en imágenes MODIS y PET a escala diaria estimada con a la fórmula de Hargreaves; 4) series diarias de equivalente en agua de nieve procesadas en base a los datos de UCLA SWE Reanalysis. Además, se procesan datos de

topografía, cobertura de suelo, suelos y geología a escala de cuenca. Para cuantificar intervención antrópica dentro de las cuencas, se procesaron datos públicos de derechos de agua superficial y subterránea, y ubicación de embalses a lo largo del país. Todas estas bases de datos se sintetizan mediante una serie de atributos de cuencas (atributos climáticos, hidrológicos, topográficos, etc.). Estos atributos sirven para caracterizar las cuencas y extraer información de su comportamiento hidrológico, entre otros”<sup>20</sup>. Estos datos fueron cruzados por el suscrito con los de la Dirección Meteorológica de Chile y son coincidentes.

Del mismo modo, se utilizaron los datos del Explorador Climático del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>. Esta plataforma permite generar mapas y gráficos, utilizando como fuente, los datos de temperatura, precipitación y caudal del territorio nacional, obtenidos por estaciones de medición de la Dirección Meteorológica de Chile y la Dirección General de Aguas desde, 1940 hasta 2015<sup>21</sup>.

Para la obtención de los registros relacionados con agricultura y ganadería, se utilizaron como principal fuente de datos, los dos últimos Censos Agropecuarios realizados en nuestro país, los años 1997 y 2007, los que se encuentran disponibles y dentro del período analizado. Cabe hacer presente, que el año 2021, se desarrolló el VII Censo Agropecuario y Forestal, cuyos resultados definitivos deberían estar publicados en agosto de 2022<sup>22</sup>. Al contar con esas cifras, se podrá dimensionar el real impacto del fenómeno estudiado en el sector silvoagropecuario en la zona investigada. Como una forma de actualizar estos índices, se utilizaron como fuente otros estudios más recientes, elaborados por otros organismos, lo que permite transmitir, de mejor forma, la situación actual de la zona observada.

Para la tabulación de los datos y la elaboración de los gráficos, se utilizó el software de planilla cálculo Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO (versión 2204 compilación 16.0.15128.20158) de 64 bits.

En relación con la información presentada sobre la seguridad del abastecimiento de agua potable, esta fue solicitada, en primer término, a ESVAL S.A (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral), la que respondió, mediante carta número 78816 de fecha 09 de noviembre de 2021, que “debido a lo sensible de la información, no es posible entregar mayores datos respecto a lo solicitado”. Ante la respuesta negativa, la información fue requerida, vía Transparencia, a la

Superintendencia de Servicios Sanitarios, la que entregó, en forma general, los antecedentes solicitados para el desarrollo de la investigación.

Asimismo, una vez que las condiciones sanitarias generadas por la pandemia de COVID-19 lo permitieron, se concurrió, en forma presencial, a la biblioteca del CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), del Ministerio de Agricultura, con el objeto de obtener información sobre los estudios relacionados con el tema tratado en la presente investigación que ha efectuado dicho estamento.

La cartografía del nivel de riesgo de la provincia, de acuerdo con diferentes factores asociados a la presente investigación, se obtuvo del Atlas de Riesgo Climático elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente. Este proyecto fue desarrollado por el Centro de Investigación del Clima y la Resiliencia (CR2) y el Centro de Cambio Global (CCG-Universidad Católica de Chile), con la colaboración de otras instituciones nacionales e internacionales. La elaboración de este documento fue apoyada por el Programa Mundial de Evaluación y Gestión de Riesgos para la Adaptación al Cambio Climático (Pérdidas y Daños), por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. La plataforma Web de ARCLim fue desarrollada por Meteodata y se encuentra disponible para todos los usuarios en Internet<sup>23</sup>.

Finalmente, se asume el riesgo de la existencia de algún tipo de sesgo en la selección de la información encontrada, especialmente en la referida a fuentes no gubernamentales, lo que podría afectar, de algún modo, el presente estudio.

## RESULTADOS

### A. GENERALIDADES

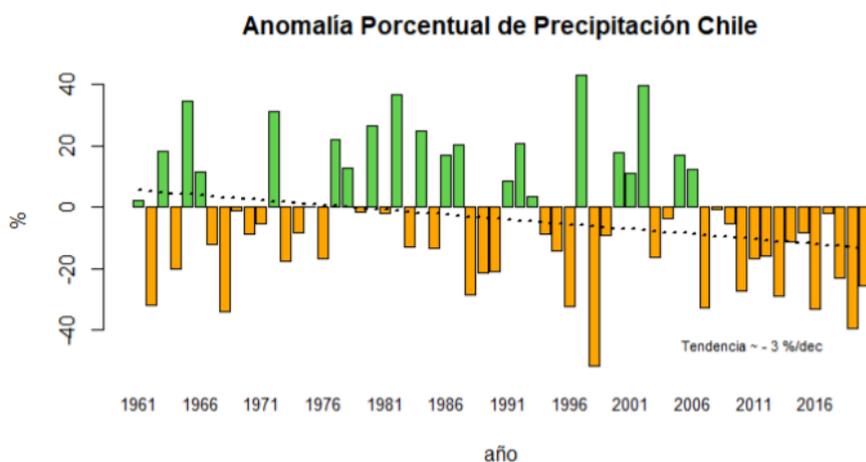
En este apartado, se expondrán los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica de las diferentes fuentes revisadas para comprender el fenómeno del cambio climático que afecta a la Provincia de Petorca, en la Región de Valparaíso.

### B. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PROVINCIA DE PETORCA

La Provincia de Petorca ha sido fuertemente golpeada por los efectos del cambio climático. En el presente apartado, se identificarán los cambios más significativos que se han percibido en la zona durante las últimas décadas.

#### 1. DISMINUCIÓN DE PRECIPITACIONES

Las precipitaciones en Chile se han presentado bajo el promedio 1961-1990, de manera continua, desde el año 2007. El año 2020, estas alcanzaron un déficit del 26% en promedio. Los años que han presentado un mayor déficit de precipitaciones a nivel nacional desde 1961 son el año 1998 y 2019, alcanzando el 52% y 39% respectivamente. En cuanto a períodos más largos de tiempo, entre los años 2011-2020, vale decir la última década del período en estudio, se registra un promedio, a nivel nacional, de un 20.4 % de déficit<sup>24</sup>. En el gráfico siguiente, se observa claramente la tendencia a la baja, que se genera en relación con las precipitaciones a nivel nacional.



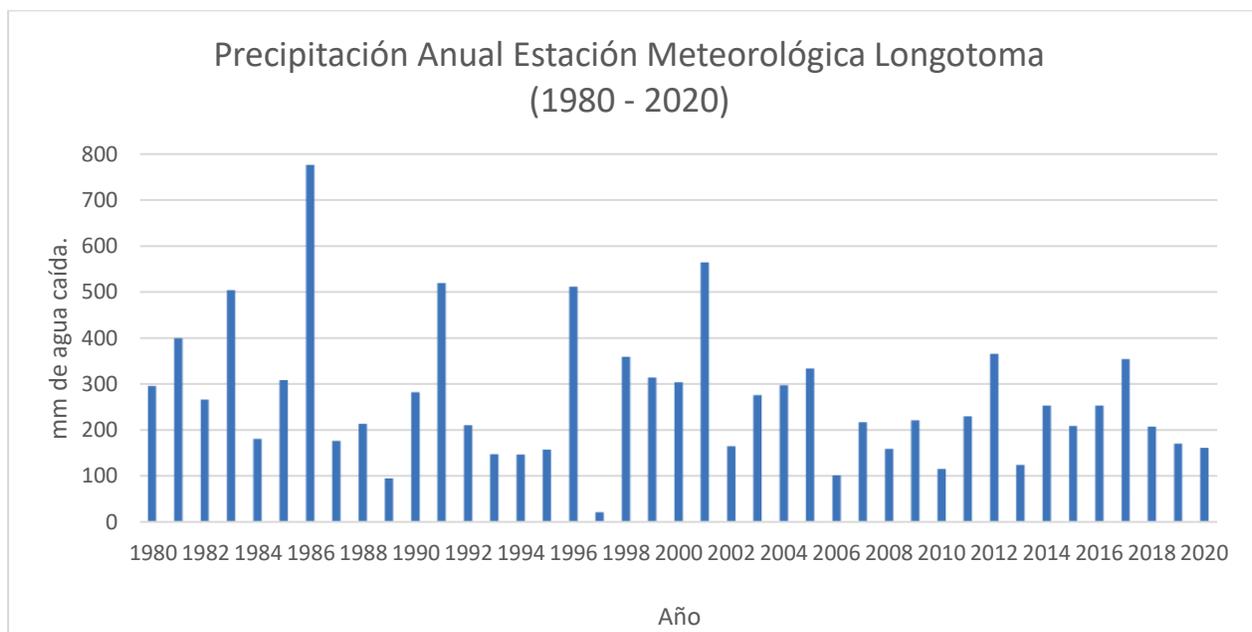
Fuente: Reporte Anual de la Evolución del Clima en Chile 2020. Dirección Meteorológica de Chile.

Gráfico 1 Anomalía Porcentual de Precipitaciones a nivel nacional desde 1961

La sequía declarada que afecta al país, “ha tenido en la región de Valparaíso una de sus expresiones extremas”<sup>25</sup>. En el caso de la Provincia de Petorca, lo anterior se puede confirmar al estudiar los datos que se presentan en gráfico de ANEXO 1, donde se muestran los datos recopilados por la Estación Meteorológica Longotoma.

En este se pueden observar, en forma clara, ciclos con alta presencia de precipitaciones y otros donde los registros son muy bajos. Asimismo, se advierte una tendencia notoria en la disminución de ellas, incluyendo los años en los que ha caído agua en mayor cantidad, 2012 y 2017, en los cuales el total registrado no supera los 400 mm.

En el caso del agua caída anual, se observa que, a lo largo del tiempo, ha presentado una disminución sostenida en la cantidad total de agua caída anual, lo que se refleja en el siguiente gráfico.



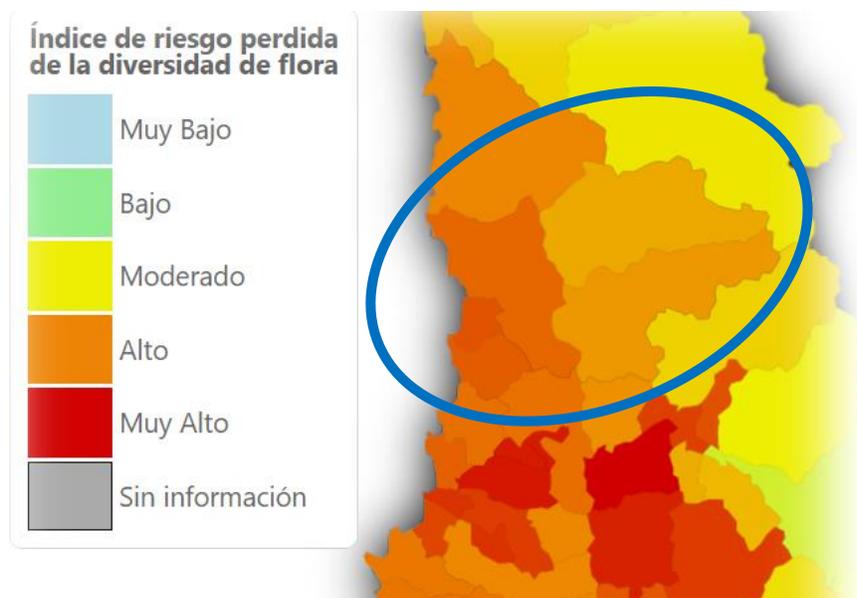
Fuente: elaboración propia en base a los datos recopilados por la Estación Meteorológica Longotoma.

Gráfico 2 Precipitación Anual Estación Meteorológica Longotoma (1980 – 2020)

Para confirmar lo señalado anteriormente, en ANEXO 2 se muestran gráficos con los datos de precipitación, de otras estaciones meteorológicas ubicadas en la zona analizada, para el período en estudio, todos con claras tendencias a la disminución en sus registros.

Los cambios en las precipitaciones han generado un aumento en el riesgo de pérdida de la diversidad de la flora. El mapa que se presenta a continuación describe los efectos “adversos sobre la distribución de la biodiversidad de especies vegetales producto del cambio futuro de las

condiciones de precipitación promedio anual en Chile continental. La información se presenta a nivel comunal<sup>26</sup>, donde se percibe que toda la superficie de la Provincia presenta un índice entre Moderado y Alto. La zona en estudio se destaca en un círculo azul.

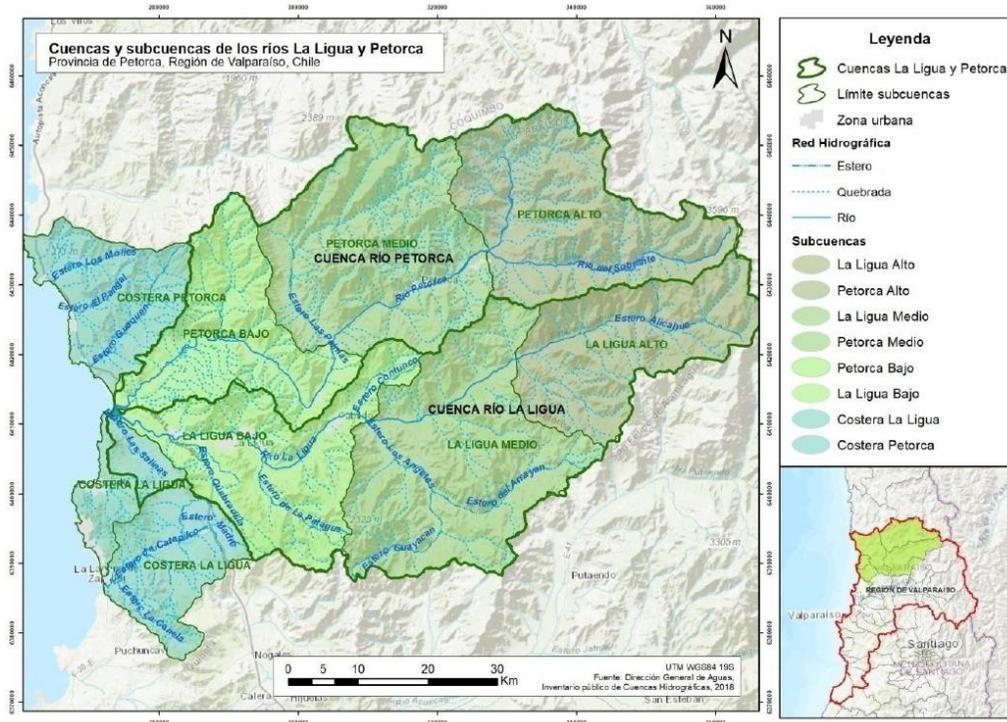


Fuente: Atlas de Riesgo Climático

Mapa 4 Índice Relativo de Riesgo de Pérdida de la Diversidad de la Flora por Cambios en las Precipitaciones. En el círculo azul se destaca la Provincia de Petorca.

## 2. DISMINUCIÓN DEL CAUDAL DE LOS RÍOS

En lo referente a las características hidrogeológicas, como se indicó anteriormente, la Provincia de Petorca posee dos cuencas principales, los ríos La Ligua y Petorca. Un aspecto importante de ellas es que su régimen es casi completamente pluvial, lo que se traduce en una situación de vulnerabilidad respecto a la disponibilidad de agua, ante la ausencia de precipitaciones<sup>27</sup>. Esto se debe a que ambas cuencas tienen una penetración en la Cordillera Andina tan solo hasta las estribaciones de ésta, con una limitada altitud y sólo en su punto más elevado alcanzan hasta 4.000 m.s.n.m., presentando un muy restringido depósito nival de altura. Lo anterior ocasiona que el flujo de su derretimiento dure un período inferior al requerido para el regadío<sup>28</sup>. Ambas cuencas se caracterizan por contener un acuífero no confinado y poco profundo, lo que conlleva a que las aguas subterráneas y las superficiales se encuentren estrechamente relacionadas.<sup>29</sup> Asimismo, los valles en estudio pueden clasificarse como accidentes de categoría menor y muestran tramos propios a angosturas o cañones, presentando una dirección general este – oeste y sus afluentes mayores, usualmente de corto recorrido, se orientan corrientemente en dirección norte – sur.



Fuente: Impactos de la Escasez Hídrica en las Prácticas de Uso de Agua de las Mujeres Rurales de la Comuna de Petorca  
Mapa 5 Cuencas y subcuencas de los ríos La Ligua y Petorca.<sup>30</sup>

En nuestro país, para la medición del caudal se emplean estaciones fluviométricas. Estas “miden la cantidad de agua que fluye en ríos (caudal) lo que permite conocer la cuantía disponible del recurso en un momento o período de tiempo dado. Los caudales se expresan en unidades de volumen por unidad de tiempo, son medidos y procesados por la DGA y la información se puede entregar a través de diferentes reportes, como, por ejemplo, caudales instantáneos, caudales medios diarios, caudales medios mensuales y/o anuales. Estas estaciones se ubican en los cauces naturales o artificiales. Existen diversos tipos de estaciones fluviométricas, siendo las más comunes aquellas que se encuentran en la ribera natural de los ríos o adosadas a infraestructura vial. Otro tipo de estructura de medición son aquellas ubicadas en ambas orillas unidas por medio de cables que permiten el desplazamiento de un carro de aforo, posibilitando la medición en varios puntos a lo ancho del cauce”<sup>31</sup>.

La estación denominada “Río Alicahue en Colliguay”, ubicada en la cuenca del Río La Ligua, muestra una clara tendencia en la disminución progresiva del caudal de agua registrado al ingreso de esta. En el gráfico que se adjunta en ANEXO 3, se puede distinguir claramente un primer período de baja del caudal, que se inicia a fines de 1993 terminando a mediados de 1997. Desde este año hasta inicios de 2009, los valores registrados se encuentran sobre el promedio obtenido para el

período de estudio con valores cercanos a los normales. Luego, a partir de este punto, se observa un período constante de disminución del caudal, encontrándose, en la actualidad, bajo el promedio del ciclo investigado.

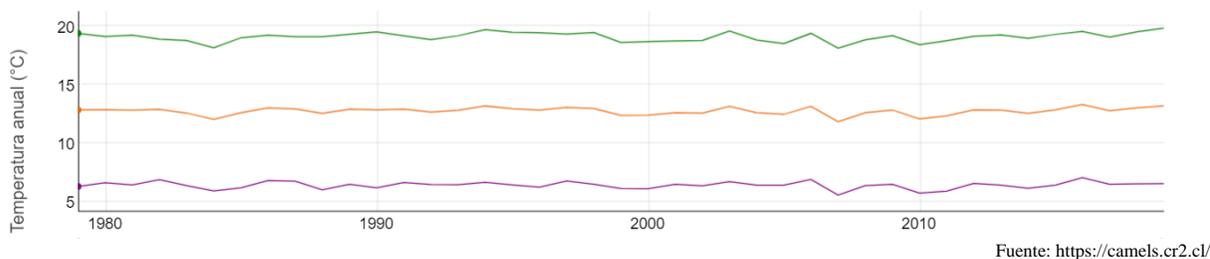
En el caso de la segunda estación seleccionada, denominada “Sobrante en Piñadero”, localizada en la cuenca del Río Petorca, muestra la misma tendencia en la disminución progresiva del caudal. En el gráfico de ANEXO 4, al igual que en el caso anterior, se divisan dos períodos con una notoria disminución del caudal. El primero que se inicia a mediados de 1994 y, el segundo, comienza desde fines de 2009 y se prolonga hasta la fecha.

De igual forma, no se puede dejar de notar que, a partir de 2009, los valores registrados por ambas estaciones son cercanos a cero, lo que demuestra que la cantidad de agua que ingresa en ambas cuencas, durante los últimos diez años, es casi nula.

### 3. AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS

En los últimos años, el régimen térmico de nuestro país ha mostrado, a nivel de todo el territorio, cambios que se han manifestado de distintas maneras en las zonas costeras y en el interior del territorio. En las primeras, las temperaturas máximas han presentado una tendencia a la baja con veranos más frescos, mientras que las mínimas han aumentado. En las últimas, se observa una tendencia al alza tanto en las mínimas como en las máximas<sup>32</sup>.

En lo que respecta a la Provincia de Petorca, en el período en estudio, se puede visualizar un aumento del promedio anual de las temperaturas máximas y mínimas. Esto puede observarse en los gráficos que se exponen a continuación.

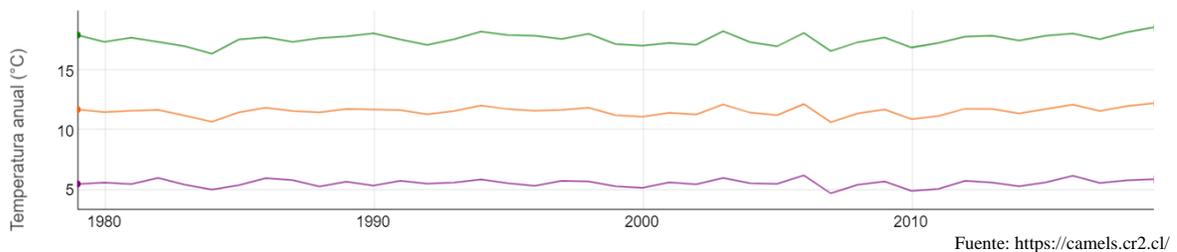


– Máxima – Media – Mínima  
Gráfico 3 Temperatura Anual Estación Río La Ligua en Placilla

En el gráfico precedente, elaborado con datos obtenidos de la Estación Río La Ligua en Placilla, una de las dos estaciones que miden esta variable en la cuenca del mismo nombre, se establece que,

tanto la temperatura máxima como la mínima muestran una tendencia al alza. En efecto, en la primera medición, se puede determinar que, en 1980, la temperatura máxima promedio anual fue de 19,11 °C y en 2019 de 19,83 °C, siendo esta la mayor registrada en el período. Para las mínimas, en 1979, el promedio fue de 6,3 °C y en 2019 fue de 6,54 °C, verificándose la más alta el año 2016, con un valor promedio de 7,06 °C.

En la cuenca del Río Petorca, se encuentra la estación denominada Río Petorca en Peón o Hierro Viejo, cuyas lecturas se resumen en el gráfico que se muestra a continuación:

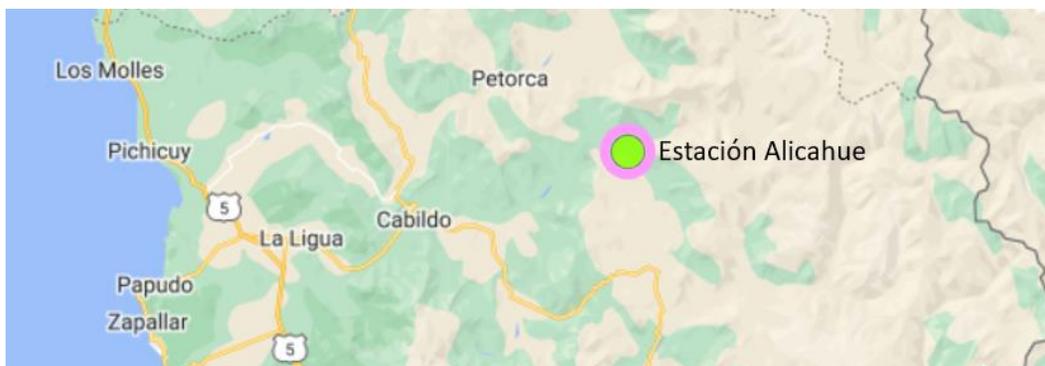


– Máxima – Media – Mínima

**Gráfico 4 Temperatura Anual Estación Río Petorca en Peón o Hierro Viejo**

En este esquema se observa que la temperatura media anual máxima del año 1980 es de 17,39 °C, mientras que, para 2019, es de 18,61 °C, siendo la más alta registrada en el período en estudio. En cuanto a las mínimas, en 1980 el promedio fue de 5,61 °C, mientras que en 2019 se registraron 5,88 °C, detectándose el valor más alto el año 2006 con un promedio de 6,21 °C.

Analizando solamente la variable de temperatura máxima, existen estaciones que registran aumentos que son mucho más preocupantes que los mostrados recientemente. Este es el caso de la estación de Alicahue que se está ubicada en la zona central del área de estudio, tal como se observa en el siguiente mapa.



Fuente: Explorador Climático CR<sup>2</sup>

**Mapa 6 Ubicación Geográfica Estación Alicahue**

La información reportada por la estación en comento muestra un sostenido aumento en la temperatura máxima verificada, registrándose, en el año 2016, 1,7 °C más que en 1980. El gráfico que se muestra a continuación confirma estos antecedentes.

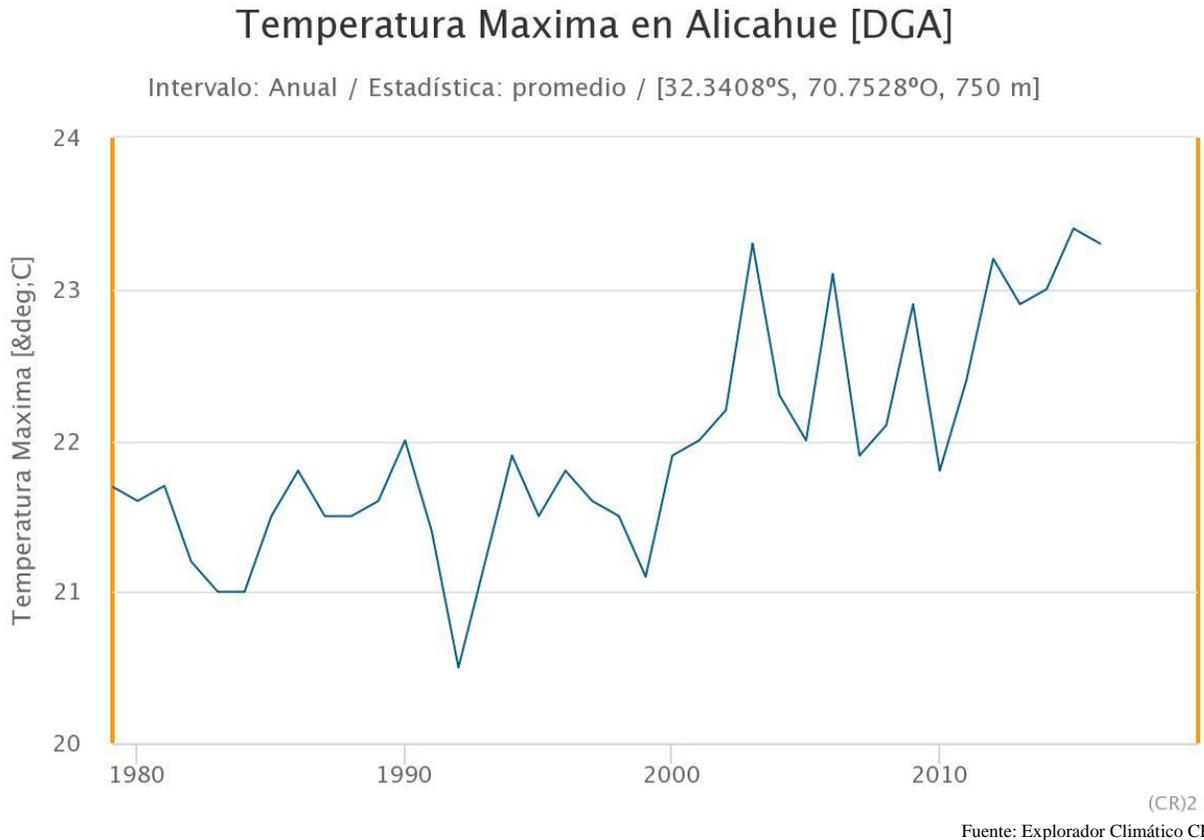


Gráfico 5 Gráfico de Temperatura Máxima Diaria Estación Alicahue

Además, las temperaturas máximas diarias han aumentado hasta alcanzar máximos históricos en diversas zonas del país. Esto queda refrendado en el mapa que se muestra en ANEXO 5, donde se puede apreciar la temperatura máxima registrada por diferentes estaciones meteorológicas el día 26 de enero de 2019, donde los valles interiores fueron los más afectados. Incluso, algunas estaciones superaron el extraordinario umbral de los 40°C, principalmente al interior de la Región de Valparaíso. Estas temperaturas son totalmente inusuales en la zona, toda vez que, en promedio, las máximas rondan en torno a los 25°C durante el mes de enero.<sup>33</sup>

#### 4. AUMENTO DE LA EVOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Este es un “parámetro clave en el balance de energía del sistema Tierra Atmósfera, en la detección de estrés hídrico vegetal, en la predicción del rendimiento de los cultivos, en el cálculo del balance

hídrico y en la caracterización climática de las distintas zonas”<sup>34</sup>. Consiste en la “suma del agua evaporada del suelo más el agua transpirada por una superficie de pasto bajo condiciones ideales, siendo un buen estimador de las necesidades hídricas de un cultivo”<sup>35</sup>.

Para la cuenca del Río Petorca se analizaron los datos de la Estación Río Petorca en Peón o Hierro Viejo, cuyo resumen se distingue en el gráfico que se muestra a continuación.

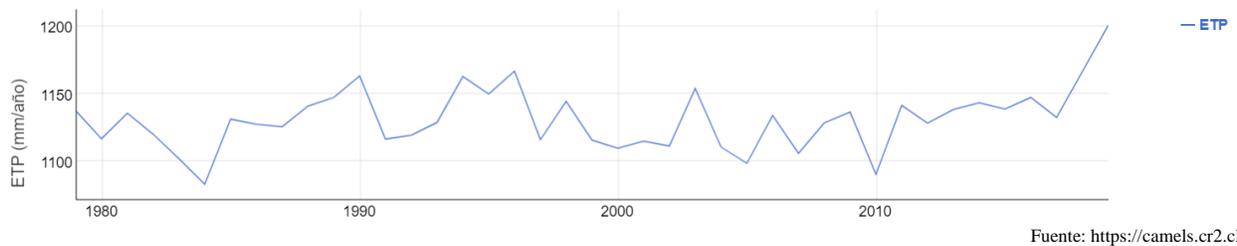


Gráfico 6 Evapotranspiración Potencial (ETP) Estación Río Petorca en Peón o Hierro Viejo

En éste se advierte que el valor se mantiene relativamente estable hasta el año 2010, momento en el cual el valor de la evapotranspiración aumenta en forma sostenida, lo que indica que la vegetación de la cuenca se encuentra con un nivel alto de estrés hídrico. En el caso del Río La Ligua, se analizaron, para esta variable, los datos de la estación Río La Ligua en Placilla, los que se sintetizan en el siguiente gráfico.

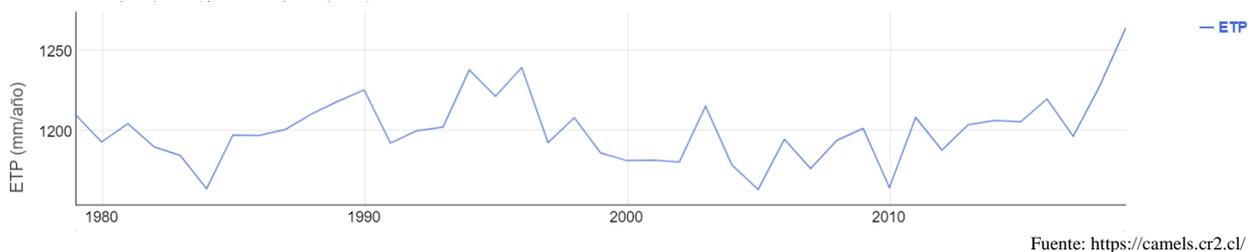


Gráfico 7 Evapotranspiración Potencial (ETP) Estación Río La Ligua en Placilla

En este gráfico se aprecia una situación similar a lo ocurrido en la cuenca del Río Petorca, observándose que el estrés hídrico de la vegetación, en la cuenca del Río La Ligua, aumenta rápidamente a partir del año 2010. En el mapa de ANEXO 6, se representan las zonas con mayor evotranspiración de referencia en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, el que confirma los altos valores detectados para esta variable<sup>36</sup>. La zona en estudio se encuentra identificada por el círculo rojo.

## 5. CAMBIOS EN EL OCÉANO

Chile es un país que cuenta con una costa de más de 4.000 kilómetros de extensión, por lo que, “tanto el Océano Pacífico como la Corriente de Humboldt, condicionan en gran medida la conducta

de los elementos climáticos de la región. Las direcciones predominantes de los vientos, todas de componente oceánico y portadoras de humedad, explican la constante presencia de este factor en el clima regional. El carácter frío de la corriente de Humboldt también determina la existencia permanente de una banda de bajas temperaturas vecinas a la costa, contribuyendo al descenso de las temperaturas continentales”<sup>37</sup>.

Los impactos del cambio climático más evidentes en las grandes masas de agua del planeta son “el calentamiento de los océanos, el incremento del grado de acidez de sus aguas, la pérdida de oxígeno en el agua de mar y la disminución de la productividad”<sup>38</sup> de estos. En la actualidad, no existen estudios que aborden los cambios que se han presentado en el océano frente a las costas de la Provincia de Petorca, probablemente por su escasa extensión. Sin embargo, existen investigaciones a nivel nacional que presentan resultados interesantes de ser expuestos en este trabajo.

En términos generales, durante los últimos 40 años, las playas chilenas, en promedio, se encuentran retrocediendo, al menos, 1,2 m por año. Asimismo, se estima que, desde el año 2026 al 2045, más de 46 mil personas y 18 mil viviendas vivirán en zona de riesgo de inundación en el país, al igual que 17 puentes, 4.245 puntos de la red vial, ocho centros de distribución de energía por hidrocarburos, una central termoeléctrica, dos subestaciones eléctricas y 53 elementos de infraestructura sanitaria. Lo anterior, considerando que, para entonces, el nivel mar en las costas chilenas aumentará entre 0,15 a 0,18 m.<sup>39</sup>

## **6. DESERTIFICACIÓN**

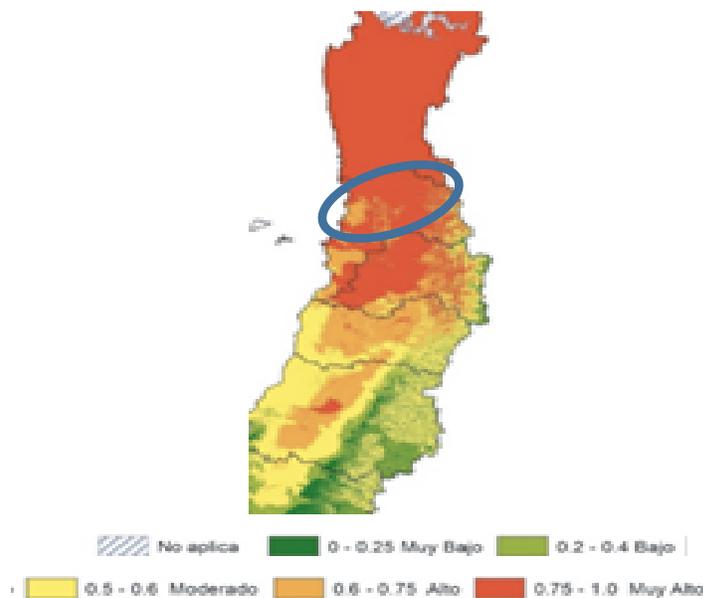
La desertificación se define como la “degradación de la tierra ocurrida en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas a causa de diversos factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas. Cuando la degradación de las tierras sucede en tierras secas, se suelen crear condiciones similares a las de un desierto”<sup>40</sup>.

Una de las principales consecuencias del aumento de las temperaturas y de la disminución de las precipitaciones, es el aumento de la velocidad con que el desierto avanza. En el caso de nuestro país, el Desierto de Atacama ha ganado terreno progresivamente, en dirección norte a sur. Este fenómeno está ocurriendo con una velocidad de unos 500 metros al año, cambiando el clima mediterráneo que ha caracterizado a la zona centro del país, con matorrales y bosques esclerófilos, por uno semiárido e incluso desértico. Este desierto, que antes llegaba hasta La Higuera, está

acercándose a Ovalle, 150 kilómetros al sur. La zona hiperárida, con vegetación limitada a áreas concretas, ya está entre La Serena y Los Vilos y se está instalando en la región de Valparaíso, desplazando las condiciones áridas y secas desde lugares como Petorca hasta la región Metropolitana.<sup>41</sup>

En un estudio realizado en el año 2016, denominado Actualización de Cifras y Mapas de Desertificación; Degradación de la Tierra y Sequía en Chile a Nivel de Comunas, se determinó que de las 5 comunas que forman la Provincia de Petorca, cuatro, Cabildo, La Ligua, Petorca y Papudo, se encuentran con un riesgo de desertificación moderado<sup>42</sup>

Sin embargo, en el documento denominado Actualización a Escala Nacional de los Mapas de Desertificación, Degradación de las Tierras y Sequía (DDTS) de Chile, publicado en enero de 2021, se puede observar un mapa de riesgo de desertificación, en el que la totalidad de la superficie de la zona estudiada, aparece clasificada como en categoría de riesgo de desertificación Alto o Muy Alto<sup>43</sup>. A continuación, se presenta una parte de este mapa, en el que se ha resaltado con un círculo azul la zona en estudio.



Fuente: Actualización a escala nacional de los mapas de Desertificación, Degradación de las Tierras y Sequía (DDTS) de Chile

Mapa 7 Riesgo de Desertificación, año 2021.

En la actualidad, puede considerarse que la provincia de Petorca es la primera línea de la desertificación al encontrarse en el límite norte de la Región de Valparaíso.<sup>44</sup> También es la más afectada por este fenómeno, la degradación de las tierras y las pérdidas de VBP (Valor Bruto de

Producción), que superan los 8.466 millones de pesos anuales. Dentro de esta provincia, las comunas de Cabildo, Petorca y La Ligua son las que registran las mayores pérdidas de VBP por este concepto.

## **7. EROSIÓN**

“Los suelos de la Provincia de Petorca se caracterizan por su origen aluvial con ligera influencia coluvial, perteneciendo a la zona de los Pardos no Cálcidos, según la clasificación de los grandes grupos de suelos de Chile, que incluyen la Zona Central de Chile entre Talca y Los Vilos. Los suelos pardos no cálidos, predominan en las áreas bien drenadas existiendo, además, suelos aluviales”<sup>45</sup>.

El recurso suelo tiene una gran importancia para el desarrollo de cualquier actividad agropecuaria. Su pérdida y deterioro provoca, además, el avance de la desertificación y detrimento de la calidad paisajística. Asimismo, de este recurso surge el forraje, que constituye la base de la alimentación para los diferentes tipos de ganado existentes en la zona<sup>46</sup>.

“Desde el punto de vista agronómico, la degradación del suelo y las praderas puede definirse como una disminución de su capacidad actual y potencial para producir alimentos y bienes de origen vegetal y animal, provocada por causas naturales y antrópicas”<sup>47</sup>.

“Las pérdidas de suelo por erosión se producen naturalmente por escurrimiento superficial de aguas lluvias y por la acción del viento. La gestión inadecuada del hombre para utilizar y proteger los recursos naturales renovables ha alterado el equilibrio ecológico del sistema suelo-agua-flora-fauna de los ecosistemas frágiles de esta cuenca. No obstante, las pérdidas en cantidad y calidad del recurso suelo provocan no sólo una disminución de rendimientos, opciones de uso o daños extraprediales, sino también un empobrecimiento y migración de la población rural, debido a la baja calidad de vida que desarrollan. Además, provoca un incremento agudo de la aridez ecosistémica generado en la reducción de la capacidad de infiltración de las precipitaciones y de una reducción de la eficiencia hídrica”<sup>48</sup>.

“En las grandes extensiones que presenta la Cuenca de Petorca, se caracterizan terrenos erosionados en diversas formas y variados grados de intensidad, esto se vincula a la fragilidad de sus ecosistemas. Entre los factores que inciden en esta fragilidad, se destaca la accidentada topografía de lomajes, cerros y montañas que predominan en el área, el grado de destrucción de la

cobertura vegetal y las características de clima y suelo. A estos factores se agrega el desarrollo de explotaciones silvoagropecuarias, las cuales no buscan una optimización en cuanto al manejo de cosecha de forraje”<sup>49</sup>.

El año 2010, “las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 25,9%, considerando un 19,6% de superficie no afecta a erosión. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 32,1%, principalmente en los cerros ubicados al nororiente de la provincia de Petorca. Los suelos sin erosión y con erosión ligera, alcanzan el 23,0% de la superficie provincial, y se ubican preferentemente al sur oriente de la provincia y en los valles agrícolas de los ríos La Ligua y Petorca”<sup>50</sup>.

En el mapa de ANEXO 7, se muestra el riesgo asociado para la variable de Erosión Actual para la Región de Valparaíso en el año 2010, en el que se aprecia que, en ese momento, la Provincia de Petorca, ubicada como se ha señalado, anteriormente, en la zona más septentrional de ésta, se encontraba con un alto grado de riesgo de que sus suelos sean erosionados. Del mismo modo en ANEXO 8 se muestra el riesgo asociado para la variable de Erosión Potencial para la Región de Valparaíso en el año 2010

En un estudio realizado el año 2019, la Comuna de Petorca presentaba un 48 % de su superficie total clasificada en las clases de erosión actual de severa y muy severa; en tanto, la Comuna de Cabildo registraba un 36% en estas mismas categorías, siendo las más afectadas por este fenómeno en la zona norte de la Región de Valparaíso. Esta misma tendencia se repite para la variable erosión potencial, quedando un 79,2% de los suelos de la Comuna de Petorca en las clases de riesgo alto y muy alto de erosión potencial, siguiéndola, nuevamente, Cabildo con un 70,6% en estas mismas categorías<sup>51</sup>.

## **8. IMPACTOS PROYECTADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PROVINCIA DE PETORCA.**

Los fenómenos descritos con anterioridad implicarán diversos cambios en la zona de estudio, los que traerán diversas consecuencias. Entre los impactos que se proyectan se pueden mencionar, entre otros, los siguientes:

- a. La temperatura promedio aumentará en el futuro, generando mayores consumos de agua.

- b. La isoterma 0 estará a más altura, reduciendo la posibilidad de acumular nieve en la cordillera e impactando sobre los glaciares, que actúan como reserva para los momentos de sequía o escasez.
- c. El alza de la isoterma 0 traerá, además, lluvia en mayor altura que escurrirá por los cauces en mayores volúmenes concentrados en poco tiempo.
- d. El aumento repentino de los caudales provocará remociones en masa, inundaciones y mayor turbiedad en las aguas para consumo humano, lo que puede superar la capacidad de las plantas de tratamiento disponibles.
- e. Las precipitaciones totales anuales continuarán su tendencia a disminuir, con lo que habrá menor disponibilidad de agua en las cuencas, a pesar de las lluvias torrenciales que se produzcan en cortos períodos.<sup>52</sup>

Finalmente, se puede indicar que, el año 2015, un estudio determinó que, debido a la combinación de todas estas variables, 4 de las 5 comunas que conforman la provincia se encuentran en tre las 5 con mayor de riesgo de enfrentar un desastre agroclimático a nivel nacional, tal como puede apreciarse en ANEXO 9

### **C. CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HIDRÍCOS, LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRIMARIAS Y LA DEMOGRAFÍA, EN LA PROVINCIA DE PETORCA**

Los efectos identificados en el punto anterior generan un sinnúmero de impactos en el medioambiente, las actividades económicas primarias y la demografía de la Provincia de Petorca, los que se detallan a continuación.

A modo general, se puede señalar que la Provincia de Petorca es la más afectada por la “desertificación y degradación de las tierras y las pérdidas de Valor Bruto de Producción (VBP) que registra, superando los 8.466 millones de pesos anuales. Dentro de esta provincia las comunas de Cabildo, Petorca y La Ligua son las que registran las mayores pérdidas de VBP.”<sup>53</sup>.

#### **1. IMPACTO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS**

Tal como se puede observar en el apartado anterior, el cambio climático altera los recursos hídricos, principalmente debido a variaciones en la precipitación y temperatura, las que afectan la temporalidad de los caudales y el volumen de agua en los ríos. A esto se suma el hecho de que, a pesar de que la mayoría de los ríos de la zona central de Chile son de carácter nivo-pluvial, en el

caso de los ríos Petorca y La Ligua el aporte nival es escaso.<sup>54</sup> Esta Provincia nos presenta una de las situaciones hídricas más críticas del país, lo que ha llevado a la DGA a renovar, desde el año 2010, sus decretos de escasez hídrica.<sup>55</sup> En cuanto a los recursos hídricos se pueden cuantificar los siguientes impactos:

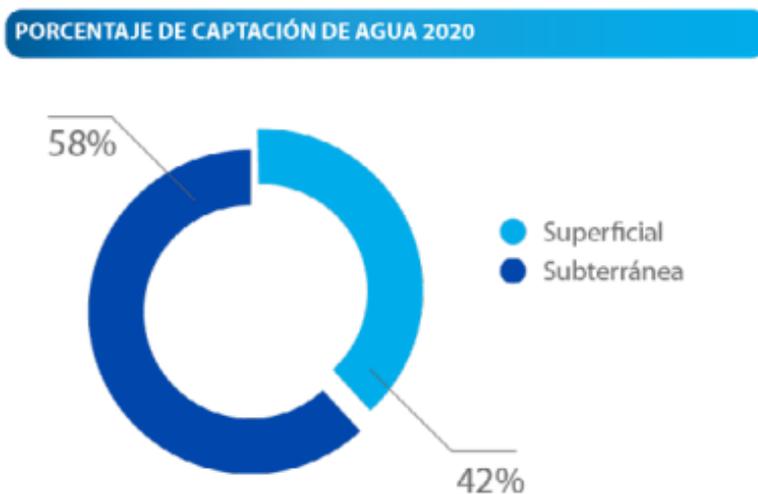
**a. Impacto en la disponibilidad de agua potable:**

Para comprender este impacto, es necesario señalar que los “Servicios Públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas, podrán establecerse, construirse y explotarse sólo en virtud de una concesión, otorgada por decreto supremo del Ministerio de Obras Públicas”<sup>56</sup>. Esta concesión otorga a su titular el derecho de dominio sobre ella y el derecho a la explotación de sus servicios<sup>57</sup>, vale decir, el derecho a cobrar por éste. A la población de la Cuenca de Petorca la abastecen dos empresas, la Empresa de Servicios Sanitarios San Isidro S.A con 1.372 clientes y la Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral, ESVAL, con 31.191 clientes, a través de 9.755 arranques.<sup>58</sup> En el caso de la población de La Ligua, esta “es abastecida de agua potable por la empresa ESVAL, con 24.078 clientes, a través de 6.595 arranques”<sup>59</sup>.

Durante el año 2014 se podían evidenciar algunos antecedentes en relación con el abastecimiento de agua potable en las diferentes comunas de la Provincia. Ese año, las tres más afectadas con la escasez de agua eran La Ligua, Cabildo y Petorca. Es importante señalar que el agua para el consumo en las áreas urbanas, que es otorgado por ESVAL S.A., se encontraba asegurado. En cambio, en las zonas rurales, se entregaba a través de camiones aljibe en muchos sectores. Durante el año señalado precedentemente, en el municipio de Cabildo, existían cuatro localidades abastecidas por camiones aljibes, lo que implica entregar el vital elemento a 4.000 personas aproximadamente. Asimismo, la Ilustre Municipalidad de La Ligua indicó que, al mes de julio del año antes mencionado, existían 16 localidades en emergencia hídrica, siendo 12.212 las personas afectadas. En la comuna de Petorca, en tanto, existían tres localidades que eran abastecidas mediante tres aducciones construidas y habilitadas por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), ubicadas en El Peñón y Zapallar. El resto de los sectores rurales de la comuna son abastecidos mediante camiones aljibe administrados por la Gobernación Provincial.<sup>60</sup>

En su Reporte de Sostenibilidad del año 2020, ESVAL señala que capta agua de dos tipos de fuentes, superficiales y subterráneas. En el caso de las primeras, se refiere a ríos tales como

Aconcagua, Petorca, La Ligua y Maipo; como también a los embalses como Los Aromos y Peñuelas; obteniéndose el agua a través de bocatomas. Por otra parte, el agua de fuentes subterráneas es extraída a través de sondajes, drenes, norias o sistemas de punteras. Durante 2020, el 41,76% del agua captada fue superficial y 58,24% fue subterránea, en tanto que en 2019 este porcentaje había sido 44,66% superficial y el 55,34% subterráneo. Esto debido a la menor disponibilidad de agua a causa de la extrema sequía que se viene experimentando en la zona hace más de una década y el bajo caudal del río<sup>61</sup>.



Fuente: Reporte de Sostenibilidad del año 2020 de ESVAL

Gráfico 8 Porcentaje de Captación de Agua de ESVAL durante el año 2020.

En el mes de noviembre de 2021 se efectuó una consulta, vía sistema de transparencia, a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, con la finalidad de determinar si el abastecimiento de agua potable se encuentra asegurado en los centros urbanos más importantes de la Provincia. Ante esta solicitud de información, la Superintendencia señaló que “ha desarrollado un trabajo de seguimiento permanente con los concesionarios del servicio sanitario en las zonas más afectadas por la sequía”, indicando además que “con las medidas que se han adoptado hasta la fecha, se ha permitido dar seguridad de abastecimiento a las áreas concesionadas de esta zona”.

Además, señala que, “en el caso particular de la provincia de Petorca se han requerido diversas medidas para reforzar la producción de agua potable en las localidades de La Ligua, Cabildo, Petorca y Chicolco, que corresponde a los 4 centros urbanos de provincia que son atendidas por una empresa concesionaria. Las medidas, específicamente han consistido en la perforación de nuevos pozos, acuerdos con agricultores y finamente también, un refuerzo a nivel de producción

mediante camiones aljibes. Sobre la base de este conjunto de medidas, ha sido posible mantener la continuidad de agua potable a través de las redes, a pesar del agudo déficit que se ha observado en este sector de la Región de Valparaíso”.

Finalmente, el organismo indicó que “para el corto y mediano plazo, no se espera ningún tipo de racionamiento en el sector, ya que las medidas implementadas han permitido mantener la continuidad de los servicios”, haciendo presente que esta situación debe mantenerse en observación permanente, ya que la situación podría requerir nuevas medidas en caso de que los déficits hídricos se hagan incluso más agudos.

Durante el año 2018, en el nivel provincial, se puede indicar que se destinaron recursos en forma permanente para el abastecimiento de agua potable a diversas localidades que no contaban con este elemento. Es así como, por concepto de Fondos de Emergencia del Ministerio del Interior, se desembolsaron alrededor de 481 millones de pesos, para costear los camiones aljibes para la entrega de agua.<sup>62</sup>

La Municipalidad de Petorca reporta, en su Cuenta Pública del año 2019, que 2.180 personas debieron ser abastecidas de agua potable a través de camiones aljibe.<sup>63</sup>

Por su parte, los habitantes de la comuna de Papudo se han visto igualmente afectados por la falta de agua para la bebida. Es así como, 20 familias que habitan en los sectores de Las Salinas y Pullally, que no cuentan con el vital elemento, deben ser abastecidas por camiones aljibe, desde el año 2008 hasta la actualidad.

En tanto, la Comuna de La Ligua, cuenta con 30 servicios de Agua Potable Rural (APR), de los cuales, catorce se encuentran en estado de emergencia. Durante el año 2020, se entregó agua potable por medio de camiones aljibe a un total de 6.190 personas. Estos camiones, son gestionados con la ONEMI a través de la Gobernación Provincial, junto con estanques familiares para almacenar agua, más el arriendo de otros camiones aljibes adicionales, para mejorar la distribución.<sup>64</sup> A continuación se muestra la cantidad de agua entregada por el municipio a los pobladores afectados por la escasez de agua potable:

Nº	APR EN EMERGENCIA	M <sup>3</sup> ENTREGADOS ANUALMENTE POR CAMIONES ALJIBES
1	Cooperativa de Valle Hermoso	84.680,00 m <sup>3</sup>
2	Rocas y Terrazas de Quinquelles	8.814,75 m <sup>3</sup>
3	El Cepo – Quebrada del Pobre	584,00 m <sup>3</sup>
4	Paso Oscuro – Quebrada del Pobre	1.752,00 m <sup>3</sup>
5	Roco Alto – Quebrada del Pobre	2.573,25 m <sup>3</sup>
6	La Higuera	17.191,50 m <sup>3</sup>
7	El Bosque – La Higuera	7.365,00 m <sup>3</sup>
8	Los Hornos	1.624,25 m <sup>3</sup>
9	Guayacán de Longotoma	438,00 m <sup>3</sup>
10	Pullacón	10.439,00 m <sup>3</sup>
11	Los Molles Altos	273,75 m <sup>3</sup>
12	Quínquimo	310,25 m <sup>3</sup>
13	Las Chacarillas	182,50 m <sup>3</sup>
14	Corrales De Molle – Los Hornos	511,00 m <sup>3</sup>
	<b>Total</b>	<b>136.739,25 m<sup>3</sup></b>

Fuente: Ilustre Municipalidad de Petorca

Tabla 2 Agua distribuida por camiones aljibe en la comuna de La Ligua durante el año 2020.

Ahora bien, el abastecimiento a través de camiones genera un sinnúmero de problemas. Tanto es así que el Municipio de Petorca indica que, actualmente, cerca de 1.000 personas que son abastecidas por camiones aljibe, no alcanzan a recibir 50 litros diarios por persona; en circunstancias que la Organización Mundial de la Salud señala que una persona debe tener, en promedio, 100 litros de agua diarios para poder subsistir.<sup>65</sup>

En cuanto a las medidas que han adoptado las diferentes autoridades se pueden mencionar las siguientes:

- La Municipalidad de Petorca creó, en mayo del año 2016, la Oficina de Asuntos Hídricos, única en la Región de Valparaíso y en el país, dedicada a fortalecer la gestión comunitaria del agua potable rural y, con ello, el acceso humano al agua. Desarrolla constantemente campañas de cuidado y protección del cauce natural del río Petorca, apoyando la presentación de denuncias, inspecciones, charlas y atenciones que permitan el progresivo ordenamiento territorial entorno al río; así como también entrega asistencia técnica que permite la regularización de proyectos de extracción de áridos desarrollado en el cauce del río Petorca. Asimismo, entrega asesoría a los pobladores para la adquisición de materiales y herramientas, como bombas de impulsión, cloradores, mangueras, cloro, reactivos, todos insumos de un sistema de agua potable rural,

permitiendo beneficiar a las comunidades rurales de la comuna, las cuales alcanzan el 60 % de la población.<sup>66</sup>

- Durante el año 2018, se realiza el lanzamiento del plan “Agua Para Petorca”, impulsado por el Ministerio de Obras Públicas y la Gobernación Provincial. Este consideraba una inversión de quince mil seiscientos millones de pesos y contemplaba 28 medidas de gestión agrupadas en tres ejes; fiscalización, regularización y mejoramiento de los 74 sistemas de agua potable rural (APR) existentes en la Provincia.<sup>67</sup>

- Este mismo año, en el marco del Plan Nacional de Plantas Desalinizadoras para consumo humano, se prevé la construcción de dos plantas en la Provincia de Petorca, para abastecer de agua a los sistemas rurales en localidades de las comunas de La Ligua, Cabildo y Petorca. La instalación de ellas está prevista en las localidades de Pullally y Longotoma, con una capacidad de 67 l/s y 48 l/s, respectivamente, asegurando un volumen anual de 3,5 millones de m<sup>3</sup> para cubrir las necesidades de agua potable de 44 mil personas al año 2035. La inversión programada para cada planta es del orden de los 26 mil millones de pesos.<sup>68</sup>

En ANEXO 10 se observa un mapa que refleja la calidad de acceso al agua para la bebida en la Comuna de Petorca, considerando la situación en diciembre de 2019, en el que se observan algunas de las localidades que no cuentan con este acceso<sup>69</sup>.

Finalmente, en el ANEXO 11 se presentan los mapas de seguridad hídrica doméstica urbana y rural. “Estos mapas describen los efectos adversos sobre la seguridad hídrica urbana y rural a nivel doméstico generados por la sequía meteorológica en distintas comunas del país, considerando condiciones climáticas, sociales e institucionales históricas y futuras”<sup>70</sup>.

#### **b. Impacto en la disponibilidad de agua para riego:**

En las cuencas existentes en la Provincia existe infraestructura que permite regar los diferentes cultivos existentes. Es así como en la cuenca del Río La Ligua, existen 190 canales, con una longitud de 246,2 km., 46 embalses menores y 8 mayores, de ella se sirven 1.906 usuarios para una superficie regada de 7.441, ha., existiendo 36 Comunidades de Agua<sup>71</sup>.

Una iniciativa regional significativa fue el programa del Gobierno Regional con el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) para la recuperación y construcción de tranques y obras de conducción con el objetivo de dar mayor seguridad de riego a la pequeña agricultura en la Región

de Valparaíso, cuyo resultado fueron 35 obras de acumulación y 19 obras de conducción entre 2014 y 2016. A ellas se agregan 9 obras de acumulación y 9 de conducción con recursos de 2017.<sup>72</sup>

La disponibilidad de agua para el riego de los diferentes cultivos ha disminuido notoriamente con el tiempo. Esta merma, sumada al aumento de hectáreas sembradas con diferentes cultivos, que se detallará más adelante en este trabajo, ha obligado a las autoridades a realizar fuertes inversiones en la infraestructura de riego, como una forma de paliar los efectos de esta escasez.

Durante el año 2013, a través de un convenio entre el INDAP y el GORE, y del Programa de Riego de INDAP se realizó una inversión récord para mejorar la infraestructura de riego y utilizar, de forma eficiente, el recurso hídrico destinado a labores agrícolas en la Región de Valparaíso, lo que se tradujo en ejecución de doscientas dieciocho obras de riego, las que buscaban enfrentar, de mejor forma, la sequía que ha afectado a la región en los últimos años. Los casi dos mil millones de pesos que se destinaron a este fin, se focalizaron, principalmente, en obras de acumulación como la rehabilitación y construcción de tranques, profundización de pozos y obras de conducción como revestimiento de canales, obras de entubación y tecnificación de riego. A través del convenio entre INDAP y el Gobierno Regional se concretó la rehabilitación y construcción de nueve tranques con un volumen total de acumulación de 110 mil m<sup>3</sup>, en tanto, a través de obras de conducción, se cubrieron unos doce mil metros lineales, beneficiando 770 hectáreas de predios agrícolas y 527 familias campesinas, lo que demandó una inversión de 950 millones de pesos, gran parte de estos recursos que se han destinado fundamentalmente a la Provincia de Petorca.<sup>73</sup>

Como una forma de disminuir el impacto de la sequía en la disponibilidad de agua para riego, se decidió concesionar la construcción, mantención y explotación de un Embalse en la zona media y baja del valle del río Petorca. Este embalse, denominado Las Palmas, tendrá un volumen total de 55 millones de m<sup>3</sup> de capacidad e inundará una superficie de 252 hectáreas. Tendrá dos muros, uno principal de tipo CFRD (Concrete Face Rockfill Dam), de 560 m de largo y 70 m de altura y, uno secundario, de 110 m de largo y 10 m de altura. Además, considera un canal alimentador de 57 km de longitud y 2 m<sup>3</sup>/s de capacidad<sup>74</sup>, que conducirá aguas del río Petorca hasta el Embalse, que beneficiará a unos 640 agricultores de las comunas de La Ligua, Cabildo y Petorca. El mencionado embalse Las Palmas, ubicado en el estero del mismo nombre, a unos 17 kilómetros al oeste del centro de la comuna de Petorca, será destinado principalmente a abastecer las necesidades de riego, lo que beneficiará a más de 2.800 hectáreas de producción agrícola, asegurando, también, recursos

hídricos para consumo humano de las comunidades rurales, ayudando a suplir los déficits en época de primavera y verano. La obra tendrá un costo de 200 millones de dólares.<sup>75</sup> Además de regular la entrega de agua para riego, para consumo humano y otorgar almacenamiento de aguas de terceros, la cubeta servirá de plataforma ecológica para crear un nuevo ecosistema<sup>76</sup>. Esta obra de ingeniería debería estar operativa el año 2025.



Fuente: <https://embalselaspalmas.cl/presentacion/>

Figura 1 Maqueta virtual del Embalse Las Palmas.<sup>77</sup>

Además de esta gran obra, en la Provincia de Petorca, existen también otras obras de acumulación, en tranques de doscientos mil m<sup>3</sup>. En julio de 2020, el SEREMI de Obras Públicas, explicó que el MOP ejecutará obras de rehabilitación, que fueron priorizadas por la Comisión Nacional de Riego, en los tranques de Chicolco y Punta Blanca ubicados en la comuna de Petorca y Cabildo respectivamente. En el primero, se trata de recuperar la capacidad de acumular doscientos mil m<sup>3</sup>, reparando filtraciones y ejecutando obras por seiscientos cuarenta millones de pesos, para contar con una estructura que pueda almacenar el agua de lluvia y deshielos. Mientras, en el segundo, que pertenece a la Asociación de Canalistas del Canal Alicahue, se podrán acopiar otros doscientos mil m<sup>3</sup>, con inversión de seiscientos millones de pesos. En este caso, además de tener un uso agrícola, puede ser considerado como fuente de apoyo para el sistema de Agua Potable Rural de La Viña-La Vega.<sup>78</sup> Finalmente no se puede dejar de señalar que en la provincia destaca la cantidad de riego tecnificado, como una forma de enfrentar esta crisis. Las comunas de Petorca, Cabildo y La Ligua que poseen importantes índices de riego tecnificado, a saber 83,8%, 78,1% y 72,4% respectivamente<sup>79</sup>.

## **2. IMPACTO EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRIMARIAS**

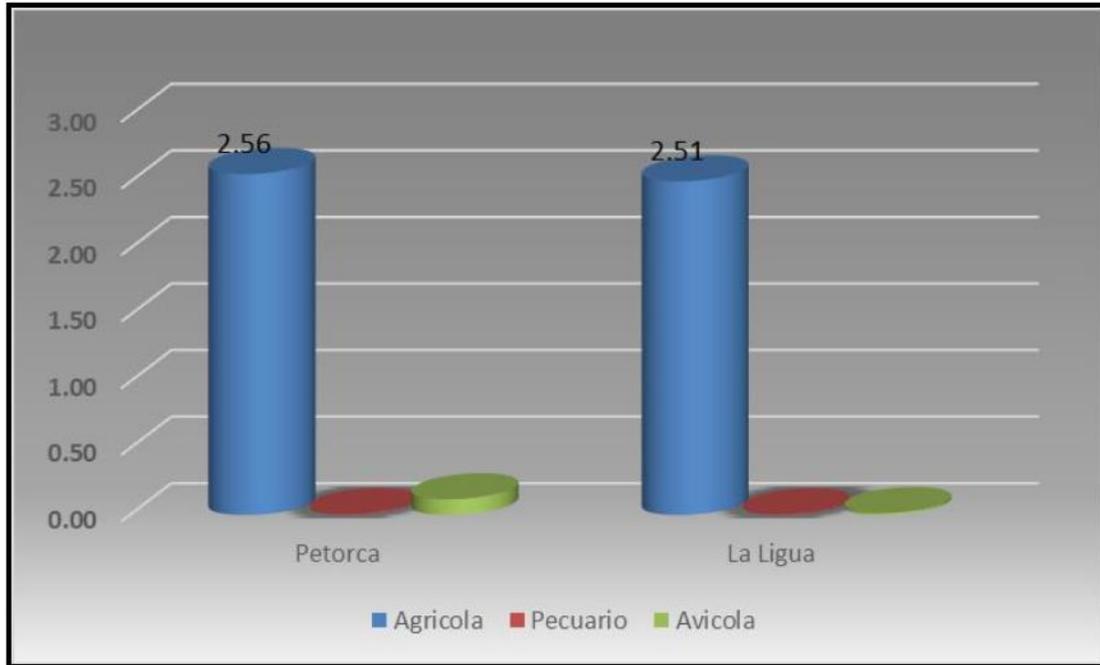
Las actividades económicas primarias son acciones y actividades realizadas por el hombre con la finalidad de extraer recursos naturales o materiales primas. Estas son agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y minería<sup>80</sup>.

La actividad económica primaria principal de la Provincia de Petorca es la agricultura, con una superficie aproximada de 6.900 has sembradas en el valle de Petorca y otras 8.700 has, en el valle de La Ligua, las que son destinadas principalmente al cultivo de paltas y limones. La actividad económica que sigue en importancia es la minería, destacando la extracción de cobre y oro<sup>81</sup>.

### **a. Sector Silvoagropecuario:**

Como se mencionó anteriormente, la principal actividad económica en esta Provincia “es la agrícola y ganadera, la que se ha visto afectada por la sequía, originándose una disminución en producción y rendimiento de hortalizas y frutales, abandono de huertos de paltos, y muerte de ganado por falta de forraje y agua para animales.”<sup>82</sup> El año 2011 la agricultura demandó 1,47 m<sup>3</sup>/s de los recursos hídricos de las cuencas en estudio, lo cual representa cerca del 92% de la demanda antrópica total de la cuenca, en contraste con los 0,05 m<sup>3</sup>/s del agua potable (3%) y los 0,08 m<sup>3</sup>/s de la demanda minera (5%).<sup>83</sup>

Esta demanda ha aumentado con el tiempo, situación que se confirma el año 2016, momento en el que el consumo del sector agropecuario se estimó, en las cuencas de Petorca y La Ligua en 2,687 m<sup>3</sup>/s y 2,527 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Asimismo, este año, dentro del sector, se puede indicar que la principal actividad consumidora de agua es la agricultura<sup>84</sup>, tal como se observa en el gráfico.



Fuente: Estudio Básico. Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en las Cuencas de los Ríos La Ligua y Petorca 2016

Gráfico 9 Usos de Agua (m<sup>3</sup>/s) Agropecuario para las Cuencas de los ríos Petorca y La Ligua.

A continuación, se detallará el impacto sufrido por este sector, debido al cambio climático, en cada uno de los sectores que lo componen.

#### i. Impacto en el sector agrícola:

Dadas las condiciones de extrema gravedad que reviste la sequía en la Región de Valparaíso, descritas con anterioridad, en el mes de febrero de 2011 fueron declaradas bajo Emergencia Agrícola, por déficit hídrico, las siguientes comunas de la Provincia de Petorca: La Ligua; Cabildo; Papudo, sector Pullally; Petorca y Zapallar, sector Catapilco. Posteriormente, La Ligua, Petorca y Cabildo, en su totalidad, fueron declaradas Zona de Catástrofe. Actualmente, las comunas antes nombradas, aún se encuentran bajo la condición de Emergencia Agrícola por déficit hídrico. Esta declaración, es una herramienta del Ministerio de Agricultura para entregar ayuda y apoyo para aquellas zonas de nuestro país afectadas por la baja disponibilidad de agua. Dicho instrumento, que es declarado por solicitud de cada Intendencia Regional, permite destinar recursos del presupuesto del año para el financiamiento de medidas, como la entrega de forraje o de alimento para abejas, entre otras. La Emergencia Agrícola por escasez hídrica es declarada por el Ministerio de Agricultura mediante resolución que determina el fenómeno climático que causa la emergencia y las comunas que se incluyen en la declaración.<sup>85</sup>

A pesar de que, a lo largo del tiempo, la cantidad de agua disponible ha disminuido en ambas cuencas, el número de hectáreas cultivadas en la zona se ha incrementado de manera importante. Esto se ve reflejado en la comparación de los datos de la estructura de cultivo, obtenidos en los Censos Agropecuarios y Forestales de los años 1997 y 2007, para la Cuenca de Petorca, que se presentan a continuación.

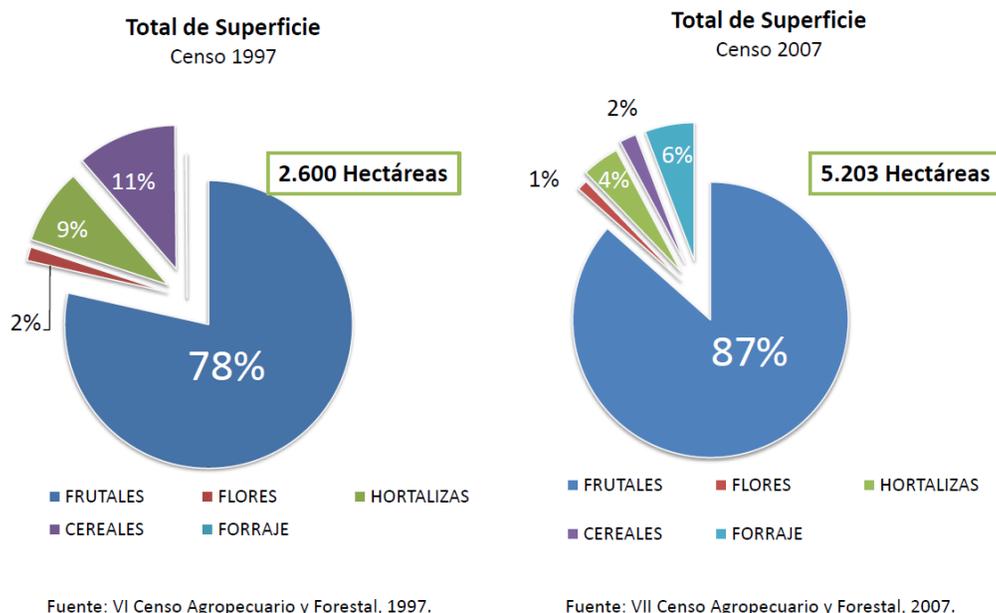


Gráfico 10 Comparación de superficie sembrada total y por tipo de cultivo entre el año 1997 y 2007.

En los datos expuestos se observa que entre los años 1997 y 2007, la superficie total sembrada aumentó en un 50,03% y que la superficie cultivada con frutales que tienen un alto consumo de agua aumentó notablemente. Esto implica que, a pesar del empleo de sistemas de riego tecnificado, el requerimiento de agua para el cultivo ha aumentado, a pesar de que el agua disponible ha ido disminuyendo en el tiempo,

A partir de este momento se detectan disminuciones en las superficies cultivadas. Entre 2007 y 2014 se destruyeron más de 6 mil hectáreas de frutales, perdiéndose más de 5.000 puestos de trabajo, 175 millones de dólares en inversiones y más de 100 millones de dólares anuales en exportaciones, afectando particularmente a la Provincia de Petorca<sup>86</sup>, “donde se produjo la mayor disminución de plantaciones de frutales, particularmente de paltos”<sup>87</sup>.

En marzo del año 2012, la Asesoría Técnica Parlamentaria del Congreso Nacional, elaboró un reporte denominado “Situación de Sequía y sus Efectos en la Región de Valparaíso”, que resumió, hasta esa fecha, los impactos sufridos por este sector, en las comunas de Cabildo, Petorca y La Ligua, los que se detallan a continuación:

- Cabildo: disminución de producción de porotos, pimientos, maíz y flores. Del mismo modo, disminuyó el rendimiento de los cultivos de papas, daño estructural en paltos y disminución de recursos forrajeros en praderas naturales.
- La Ligua: se detectó un alto porcentaje de pérdidas en la producción de hortalizas y frutales.
- Petorca: se redujo la producción de tomates en invernadero. Asimismo, se produjo la pérdida de árboles o de fruta cuajada en paltos.

Al comparar las superficies cultivadas para algunos productos entre los años 2011 y 2013 se observan los valores detallados en la siguiente tabla

Producto	Superficie en N° de hectáreas		Variación Porcentual (%)
	2011	2013	
Palta	9.307	8.110	-12,9
Naranja	884	883	-0,1
Limón	980	922	-5,9
Almendras	365	344	-5,6
Olivas	430	430	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>11.967</b>	<b>10.691</b>	<b>-10,7</b>

Fuente: "Estudio Análisis Impacto de la Sequía en Sector Agropecuario en Chile"

Tabla 3 Variación porcentual estimada en superficie cultivada en la Provincia de Petorca entre 2011 y 2013.

Se puede apreciar una disminución en la superficie cultivada de la mayoría de los cultivos, excepto en aquellos más resistentes a las condiciones de sequía, como los olivos.

La Gobernadora de la Provincia de Petorca indicó en julio de 2020, que Petorca había sido una de las provincias más afectadas con la sequía durante estos 15 años, señalando, además, que la producción agrícola ha disminuido de “15 mil hectáreas a casi 9 mil”<sup>88</sup>.

## ii. Impacto en el sector ganadero:

La ganadería ha sufrido los embates de este fenómeno. El ganado se ve afectado por dos razones. La primera es la falta de agua para la bebida y la segunda es la falta de forraje para su alimentación.

Es por esto que, a pesar de las medidas adoptadas por diferentes autoridades, se ha apreciado una disminución en la cantidad de cabezas de ganado.

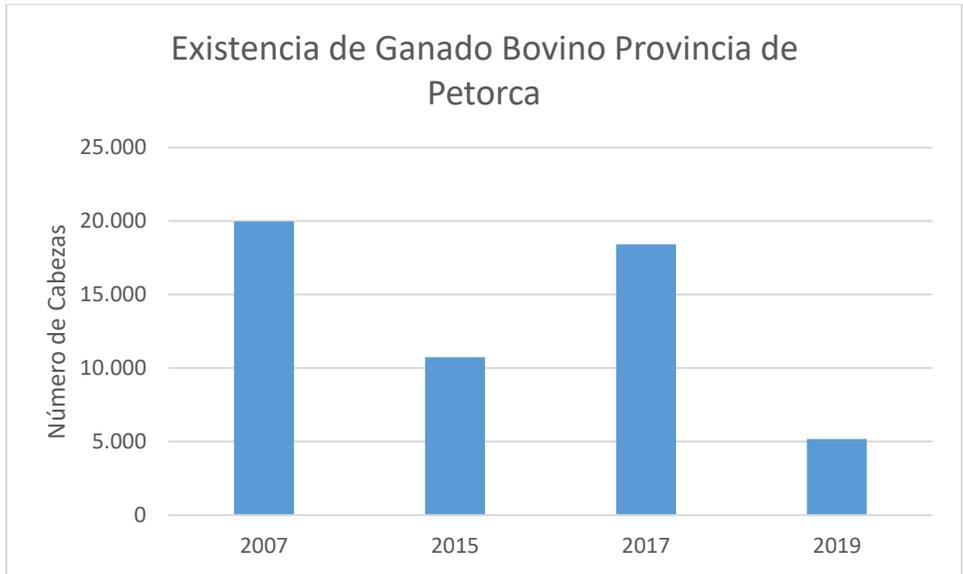
En el informe elaborado por la Asesoría Técnica Parlamentaria del Congreso Nacional, del año 2012, citado en el punto anterior, se resumen los principales efectos de esta crisis en la ganadería de esta Provincia.

- Cabildo: la disminución de recursos forrajeros en praderas naturales causó la muerte de ganado.
- La Ligua: en el sector de Longotoma Costa, la falta de alimentación y agua para animales ha causado una reducción de la ganadería. Del mismo modo, en el rubro apícola, la falta de alimento asociado a la disminución de la floricultura y la falta de agua ha causado daño en colmenares.
- Petorca: se detectó falta de alimento y muerte de animales en ganado caprino, bovino, ovino y equino, agravado por el daño de predadores como pumas o zorros. En lo relativo a la apicultura, se observó una pérdida de producción de miel en colmenas, por menor abastecimiento de alimentos y dificultades de crecimiento en nuevos núcleos apícolas, con muerte de colonias completas en sus cajones.

En la comuna de Papudo, durante el año 2020, producto de la sequía, la masa ganadera se ha visto muy afectada por la falta de agua y forraje, al punto que algunos de sus dueños han comenzado a vender sus animales a bajo precio, ante el riesgo que mueran o se enfermen por la mala alimentación<sup>89</sup>. Por ello, dos veces por semana, las autoridades de la zona entregan agua para los bebederos de los animales a los vecinos de Las Salinas y Pullally, intentando, de esta forma, paliar en parte esta situación.<sup>90</sup>

A continuación, se muestra una comparación de la existencia de los tipos de ganado más importantes en la provincia, empleando los datos de los Censos Agropecuarios de 1997 y 2007. En algunos casos, se pudo obtener datos para complementar y actualizar los antecedentes de los censos antes nombrados.

La cantidad de cabezas de ganado bovino ha disminuido a lo largo de los años, lo que se refleja en el siguiente gráfico, que contiene datos a partir del año 2007 y hasta el 2019.

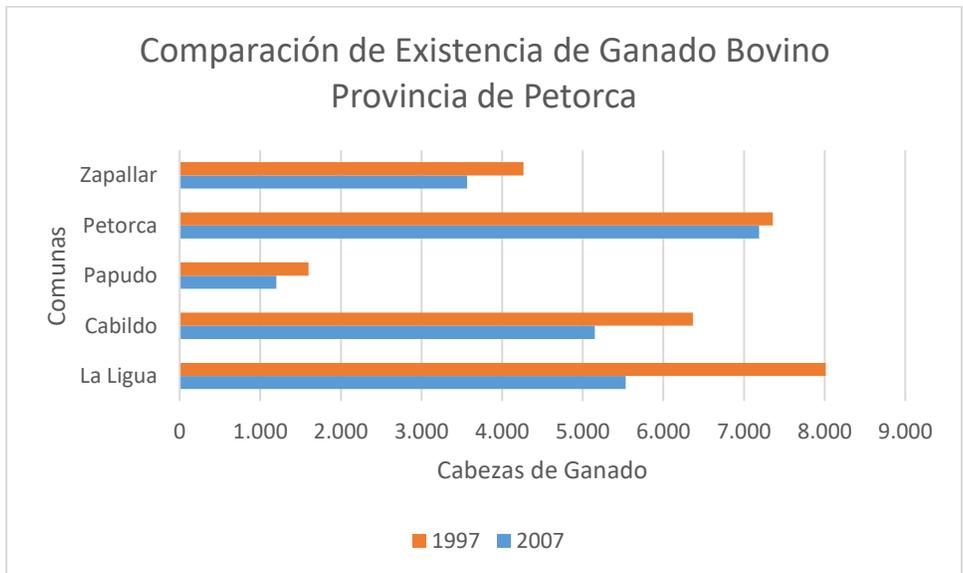


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico 11 Número total de Cabezas de Ganado Bovino en la Provincia de Petorca, por año.

En este se puede comprobar la progresiva disminución de cabezas de ganado bovino, con un aumento el año 2017, que coincide con un aumento en la cantidad de agua caída, que se verificó ese año.

Además, en una comparación realizada entre los dos últimos censos agropecuarios realizados en el país, en los años 1997 y 2007, se observa una disminución en la cantidad de cabezas de ganado bovino en cada comuna y, por ende, en toda la Provincia. Esta pérdida es de un 21,9% equivalente a 4.968 cabezas de ganado. Los datos pueden observarse en el siguiente gráfico.

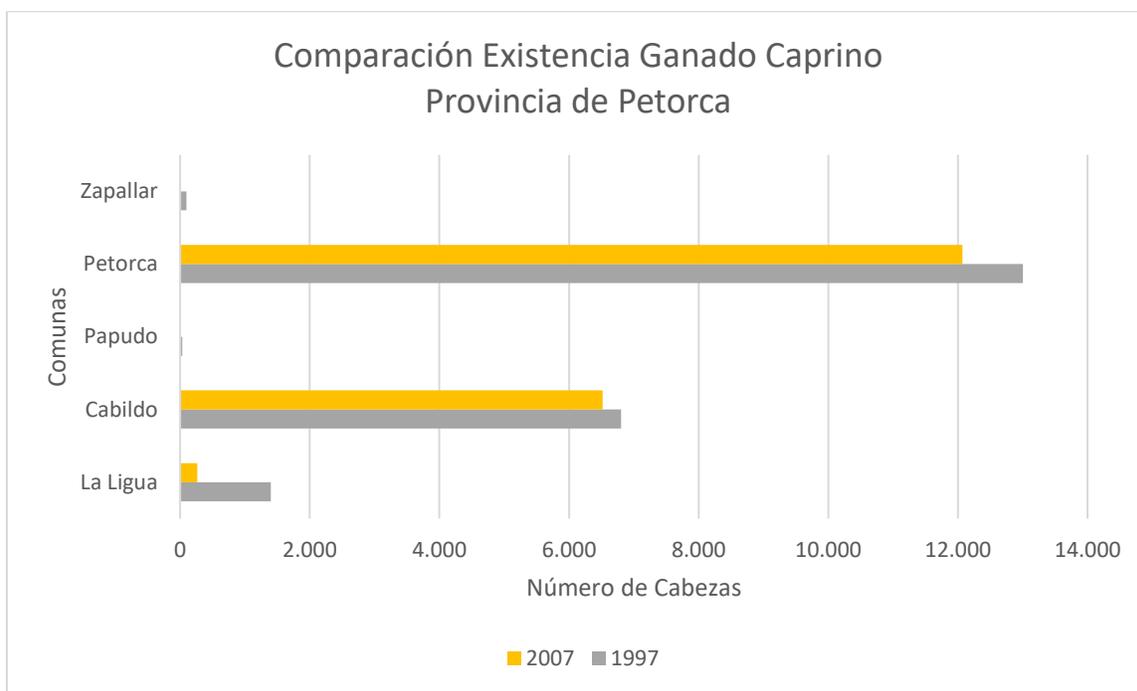


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico12 Comparación de Existencia de Ganado Bovino, 1997 - 2007.

En este se comprueba la disminución de la cantidad de bovinos en la totalidad de las comunas, siendo, La Ligua, la más afectada.

En cuanto al ganado caprino, también puede observarse una disminución en el número de cabezas existentes, aunque menor que en el caso de los bovinos. El detalle de este perjuicio, por cada comuna de la provincia, está en el siguiente gráfico.

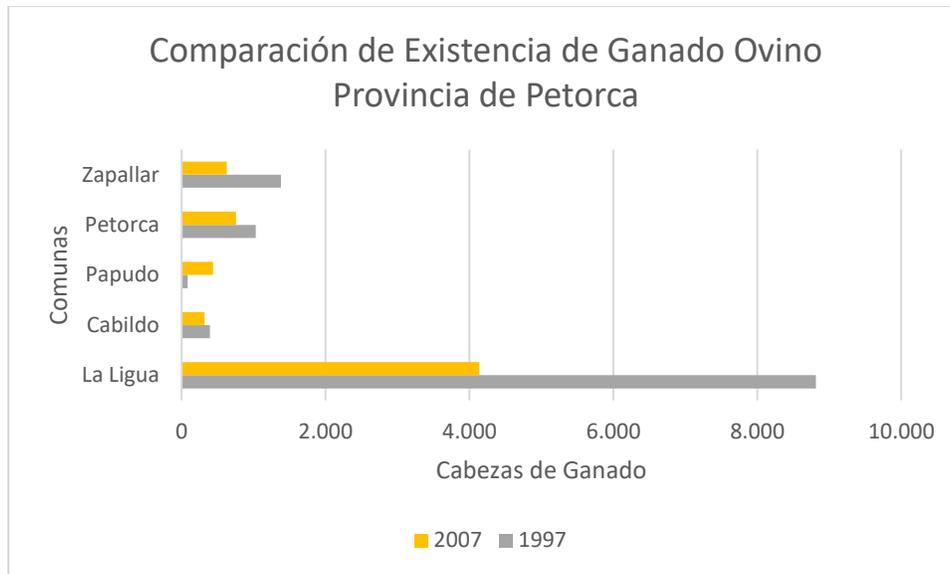


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico13 Comparación de Existencia de Ganado Caprino, 1997 – 2007.

Aquí se puede notar que, históricamente, la ganadería caprina es prácticamente inexistente en Zapallar y Papudo, como también, que la comuna de La Ligua es la que se ha visto más afectada por la disminución de cabezas de este tipo de ganado. También se destaca que, entre ambos años, en la Provincia, se perdieron 2.485 de estos ejemplares.

El ganado ovino existente en la provincia, presenta una gran disminución, la que, a nivel provincial, asciende a 5.432 cabezas, equivalentes al 46,4%. La información por comunas se puede ver en el siguiente gráfico.

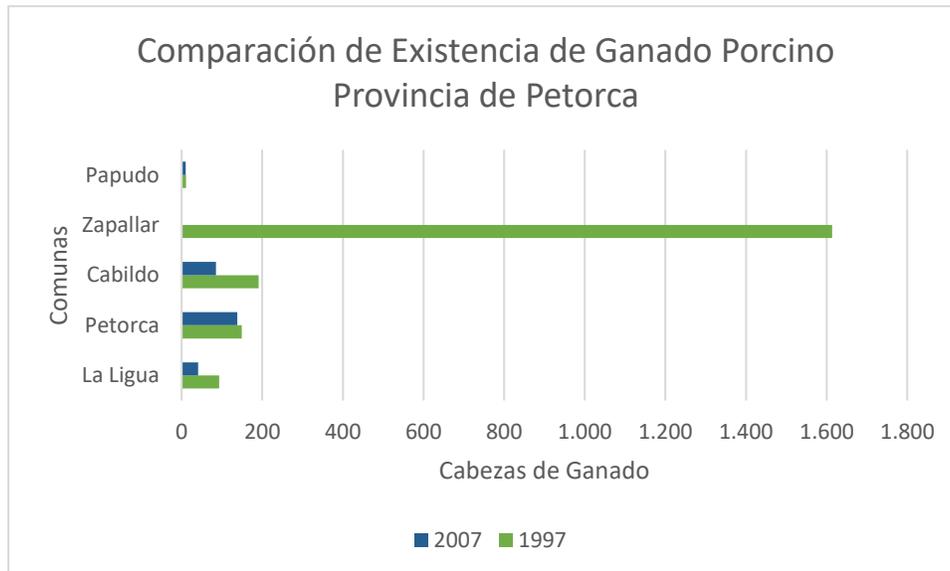


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico14 Comparación de Existencia de Ganado Ovino, 1997 – 2007.

En el gráfico se advierte que el número de cabezas de ganado disminuye en la mayoría de las comunas, siendo la excepción la de Papudo que presenta un aumento importante para el sector, pero que no es relevante en el contexto de la Provincia.

También, la cantidad de ganado porcino registra una importante disminución, alcanzando un 86,7%, lo que equivale, a nivel provincial, a 1784 animales. La información, desglosada por comunas, se exhibe en el siguiente gráfico.

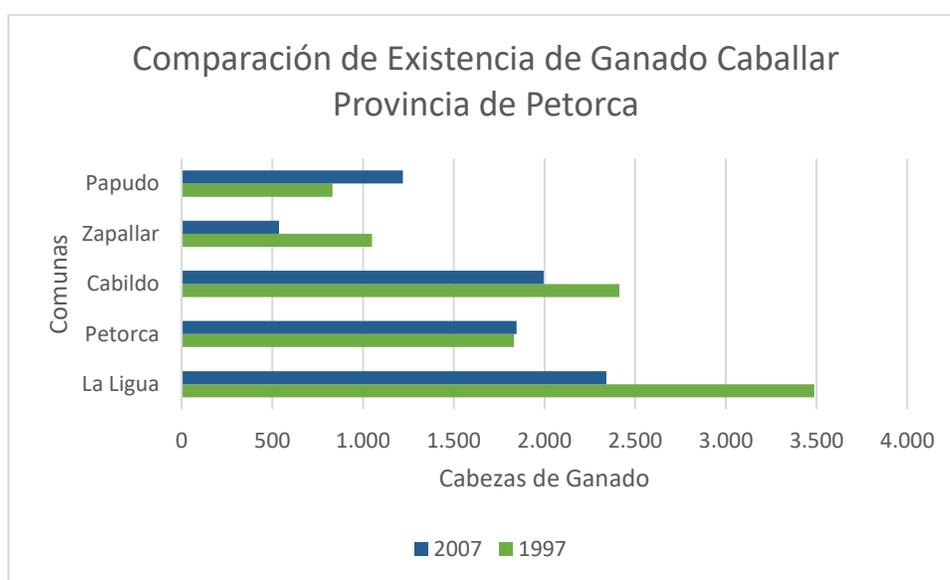


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico15 Comparación de Existencia de Ganado Porcino, 1997 – 2007.

En este se aprecia la gran pérdida de cabezas de ganado porcino ocurrida en la comuna de Zapallar, la cual, según el Censo de 2007, ascendió al 100% de los animales existentes al año 1997. Por otra parte, en Cabildo y La Ligua se aprecian mermas cercanas al 50%, mientras que, en el resto de las comunas, la situación se mantiene estable.

En relación con el ganado caballar, se puede distinguir una disminución, a nivel provincial, de 1.673 animales, equivalentes a un 17,4% del total, representando un perjuicio menor, en comparación con los demás tipos de ganado que tienen presencia relevante en la zona estudiada. El detalle por comuna se presenta en el siguiente gráfico.



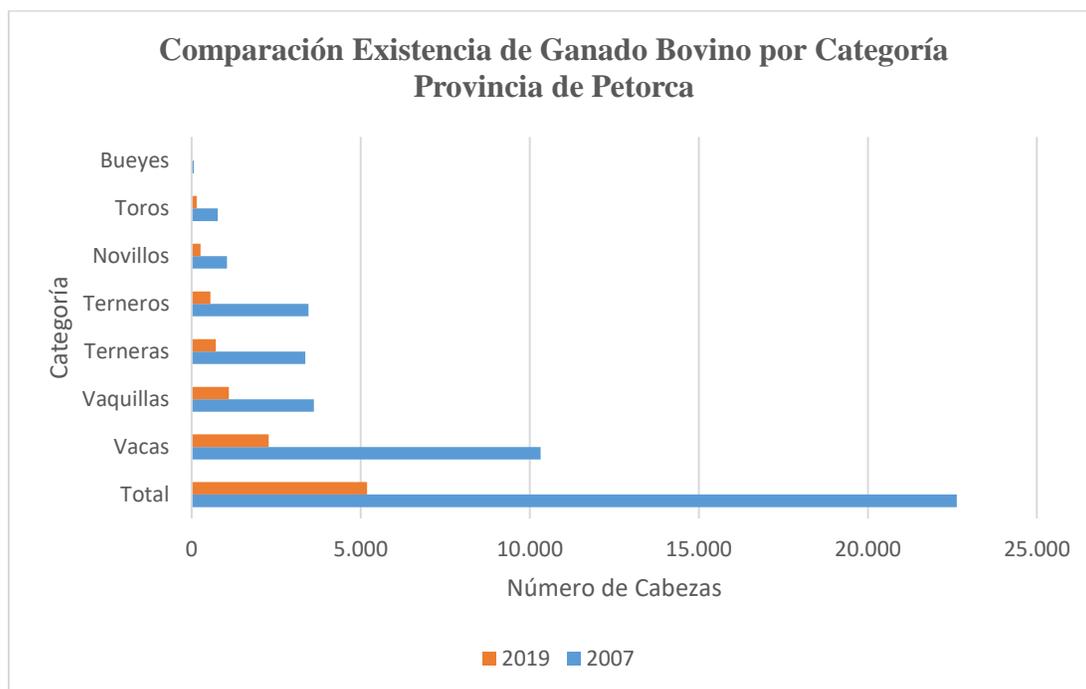
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico16 Comparación de Existencia de Ganado Caballar, 1997 – 2007.

En este se puede percibir que, sólo la comuna de Papudo muestra un aumento significativo en la cantidad de caballos. Las otras revelan una disminución evidente, con excepción de Petorca, que presenta un incremento, no relevante, en la cantidad de animales presentes en la comuna.

Finalmente, no se puede dejar de mencionar que con los datos recolectados en el VIII Censo Agropecuario y Forestal, realizado el año 2021, que se encuentran en el proceso análisis por parte del INE, se podría determinar una realidad más actualizada para cada uno de los tipos de ganado con presencia significativa en la zona. A modo de ejemplo se inserta una comparación, por categoría, entre la cantidad de cabezas de ganado bovino existentes en la zona estudiada, entre los

años 2007 y 2019, cuyos resultados se muestran en el siguiente gráfico, en el que se puede apreciar que las diferencias son notoriamente superiores a las detectadas entre los censos de 1997 y 2007.



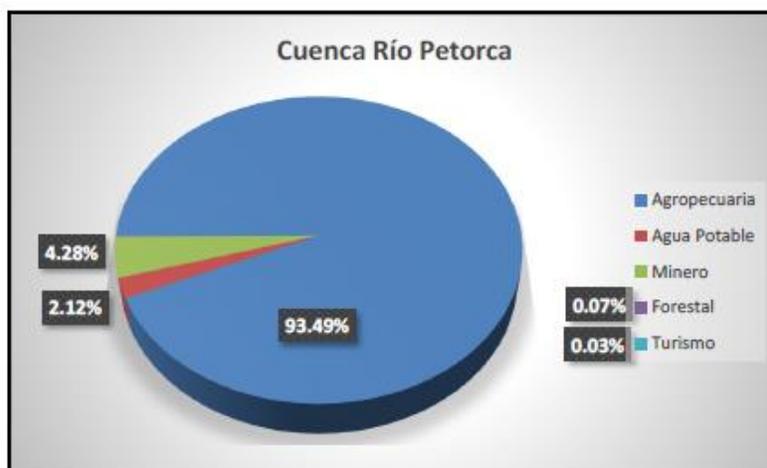
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ODEPA.

Gráfico17 Comparación de Existencia de Ganado Bovino, por categoría, 2007 – 2019.

En este gráfico se establece que existe, en todas las categorías, una considerable disminución en las cabezas de ganado bovino, representando un 74,06% entre el año 2007 y 2019. Esta baja es especialmente importante y relevante en la categoría vacas, en la cual, la reducción alcanza, aproximadamente, a las 8.000 cabezas.

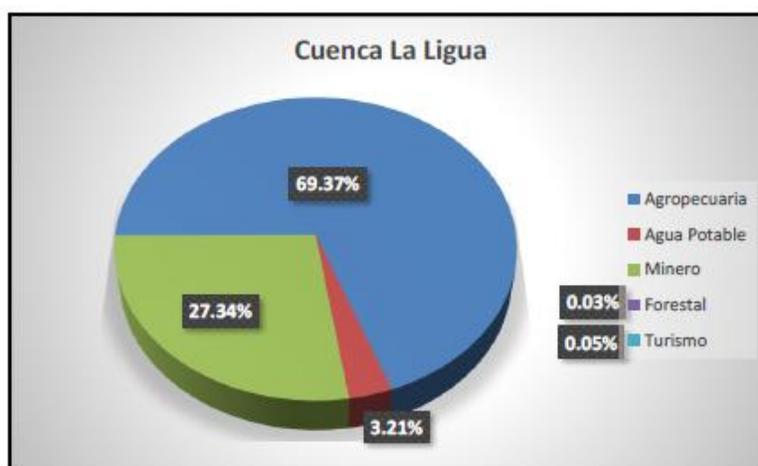
### iii. Impacto en el sector forestal:

Este sector tiene una representación mínima en lo relativo al uso de suelo en las cuencas de los ríos Petorca y La Ligua. El año 2016, las plantaciones forestales cubrían 1.256 y 625 ha respectivamente, equivalentes al 0,63% y 0,3% en cada caso<sup>91</sup>. El uso de agua (medido en forma porcentual) estimado por sector económico, en las dos cuencas principales existentes en la zona estudiada puede observarse en los gráficos que se muestran a continuación.



Fuente; Estudio Básico. Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en las Cuenca de los Ríos La Ligua y Petorca 2016

Gráfico18 Uso de Agua (%) Estimada por Sector Económico en la Cuenca del Río Petorca.



Fuente; Estudio Básico. Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en las Cuenca de los Ríos La Ligua y Petorca 2016

Gráfico19 Uso de Agua (%) Estimada por Sector Económico en la Cuenca del Río La Ligua.

Considerando que el sector forestal utiliza el 0,07% y 0,03% del agua de cada cuenca y, en conjunto con la escasa superficie empleada, se puede deducir que este sector no se encuentra suficientemente desarrollado en esta zona. La mayor superficie plantada se encuentra en la comuna de La Ligua, siendo ésta muy reducida en la Provincia, por lo que el impacto en este sector no es relevante.

#### b. Sector Pesquero:

Los fenómenos descritos en el apartado Cambios en el Océano, han impactado en las costas de Chile generando diversos efectos, entre los que podemos señalar, la reducción de la disponibilidad y accesibilidad de muchas especies marinas, pérdida de la pesca y/o producción, riesgo para la seguridad alimentaria-nutricional y aumento del nivel medio del mar.<sup>92</sup>

Nuestro país, “presenta una gran variedad de ecosistemas y de especies marinas que estarían siendo afectadas por cambios en las condiciones hidrológicas y ambientales derivadas del cambio y variabilidad del clima, y estarían generando múltiples respuestas directas e indirectas. El cambio climático afectaría a las especies marinas (pelágicas, demersales y bentónicas) en la medida en que se modifiquen las condiciones físicas, químicas y biológicas que determinan su productividad, desarrollo, alimentación, reproducción, abundancia y distribución.”<sup>93</sup>

Estos fenómenos han “hecho aparecer especies no tradicionales, una de las más llamativas, en gran parte de Chile, han sido las medusas, en especial, la fragata portuguesa. En cuanto a la pesca, en el norte grande se ha registrado tiburón, pez sol, bonito y langostino enano. Además, en Coquimbo, se ha reportado jureles de gran tamaño, mientras que la merluza casi ha desaparecido; en Valparaíso, hay gran abundancia de sierras y tiburón marrajo; en Biobío, aparecieron pulpos; los albatros y petreles de la zona sur, han emigrado producto del desplazamiento de su alimento y se cree que esta misma causa ha provocado varamientos de ballenas y lobos de mar. Otra de las consecuencias de que se tiene registro son los varamientos de peces, como sardinas en La Araucanía y anchovetas en Antofagasta”<sup>94</sup>. Estos cambios “están ocurriendo; y están afectando las actividades del sector pesca y acuicultura, y se proyecta una intensificación de sus efectos”<sup>95</sup>.

“A medida que aumenta la acidificación de los océanos, las especies que deben invertir más energía para formar el esqueleto de calcita que las protege, moluscos, corales, estrellas de mar, erizos, etc. están particularmente afectados por este cambio que reduce su ritmo de crecimiento y fecundidad. En cambio, algunas algas y fitoplancton pueden beneficiarse”.<sup>96</sup> Las microalgas, que son grandes consumidoras de oxígeno, pueden producir el bloqueo de las branquias en los peces y la consecuente asfixia de ellos.<sup>97</sup>

### **c. Sector Minero:**

La minería es una actividad importante a nivel nacional. En la Provincia de Petorca existen faenas de pequeños mineros y de empresas que explotan el mineral de cobre. Entre estas últimas están la compañía minera Cerro Negro S.A. (en forma subterránea), y por la minera Las Cenizas S.A. (planta y mina)<sup>98</sup>.

Actualmente, la Minera Cerro Negro mantiene su planta de tratamiento de sulfuros con una capacidad de 9.000 toneladas anuales de concentrados de cobre. La producción anual es de 2.400 toneladas de cobre fino<sup>99</sup>.

La minera Las Cenizas es productora de concentrado de cobre y oro. Cuenta con faenas mineras en la ciudad de Cabildo, provincia de Petorca. Anualmente la planta produce 11 mil toneladas de cobre fino, 170 kilos de oro y 3 mil kilos de plata, todos estos productos contenidos en concentrados<sup>100</sup>. A pesar de no ser la actividad económica más importante en la comuna de Cabildo, el 11,1% de la población económicamente activa cumple labores en este sector, lo que representa un porcentaje superior al regional, equivalente a un 4%.<sup>101</sup>

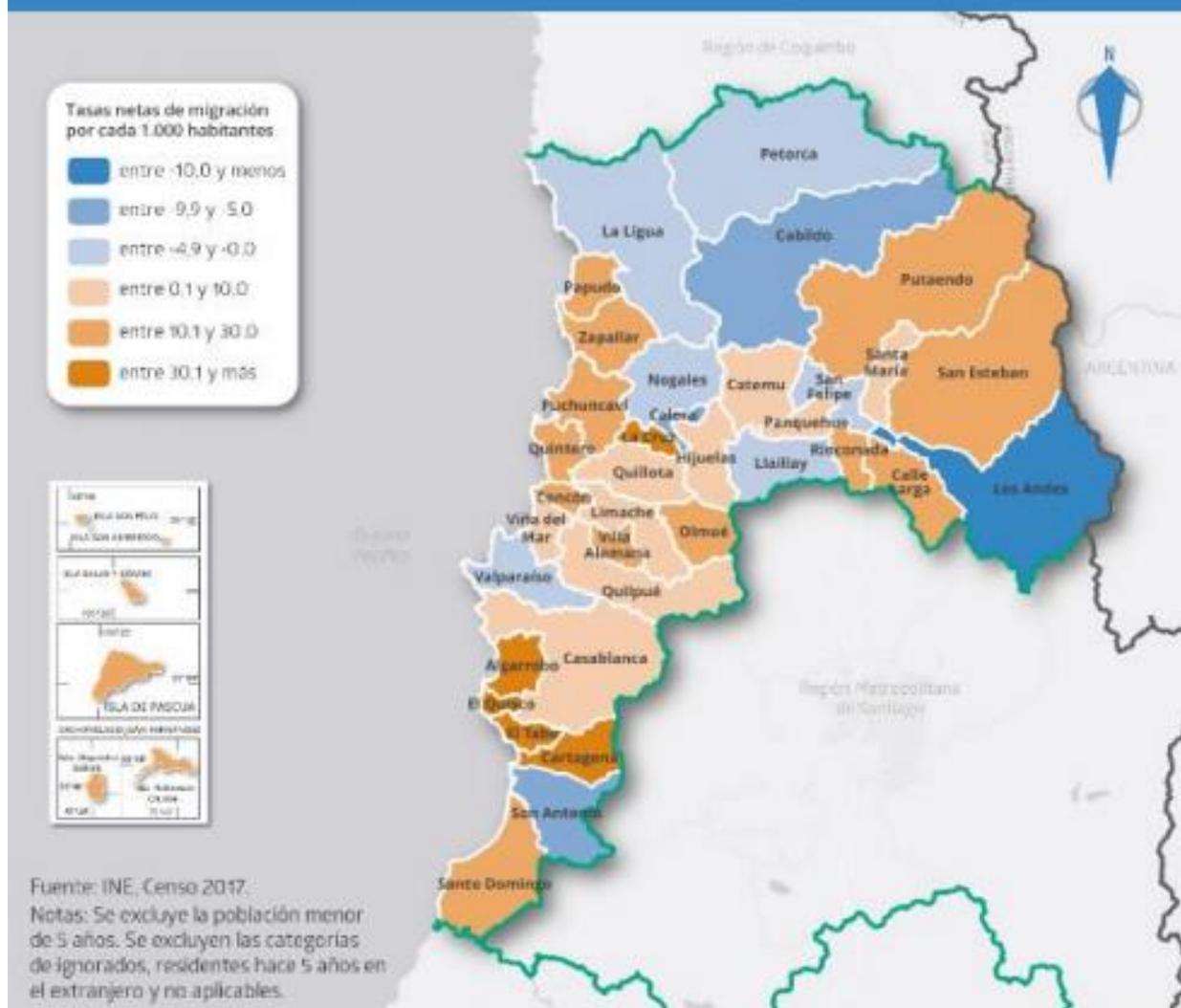
Esto es importante de destacar, puesto que la actividad minera “compite” por el uso de los recursos hídricos con la actividad agropecuaria, la primera en importancia en la cuenca<sup>102</sup>. No se puede dejar de mencionar que no se pudo ahondar en el efecto de la minería en el consumo de agua en la zona en estudio, ya que no se obtuvo respuesta a las solicitudes de información presentadas a las compañías mineras nombradas precedentemente.

### **3. IMPACTO DEMOGRÁFICO**

Durante los últimos años se ha evidenciado un gran cambio demográfico en nuestro país, con un alto crecimiento de la población migrante en la mayoría de las zonas. Este fenómeno se ha ido incrementando, tanto así que, en 2020, se registró un alza de 0,8% respecto a igual fecha de 2019 y, un aumento de 12,4% en comparación con 2018<sup>103</sup>. Sin embargo, en la provincia de Petorca se observa un fenómeno distinto.

El uso de hectáreas y las plantaciones se han reducido notablemente. Los habitantes de la zona han buscado formas de reutilización de agua, pero existen pequeños agricultores que lo han perdido todo. Otros que han tenido que comprar agua porque sus pozos, simplemente, se agotaron. Las actividades productivas locales, que son las que se desarrollan a una menor escala, han sido notablemente afectadas. Esto, unido a otros factores socioeconómicos, ha generado que la salida de personas desde las localidades rurales sea superior a la llegada, considerando incluso el fenómeno migratorio que afecta a nuestro país en el último tiempo. Prueba de ello es el mapa que se presenta a continuación.

## Tasas netas de migración por cada 1.000 habitantes Región de Valparaíso, Censo 2017



Fuente: INE

Mapa 8 Tasas netas de migración por cada 1.000 habitantes. Región de Valparaíso.

El mapa que antecede a este párrafo muestra que tres de las comunas de la Provincia de Petorca presentan una migración negativa, destacando la comuna de Cabildo por ser la que exhibe la mayor tasa de la Provincia. Esto se confirma con las declaraciones de don Roberto Villarroel, vecino de Cabildo, quien señaló que “la gran mayoría de los pequeños agricultores que no tiene recursos, en estos momentos no tiene ninguna posibilidad de salvar sus cultivos y gran parte de ellos ha tenido que emigrar buscando otros rumbos”.<sup>104</sup> Del mismo modo, don Manuel Silva indica que, en estas circunstancias, “hay que irse para el sur, haya está el agua”.<sup>105</sup> A lo anterior, se une que las Comunas de Petorca y La Ligua también presentan migración negativa, aunque en menor grado

que la Comuna de Cabildo. Sumando las superficies de estas tres comunas, se observa que en la mayoría de la Provincia existe el fenómeno señalado precedentemente.

Como es sabido, todos los fenómenos migratorios son complejos y obedecen a un sinnúmero de factores, pero en este caso, se podría señalar que existe relación “con la problemática que se ha venido arrastrando en cuanto a la situación de escasez de agua y al descenso económico experimentado por este sector de la Región, lo que configura un foco de expulsión migratoria relevante”<sup>106</sup>.

## DISCUSIÓN

Para la presente investigación, se fijó como objetivo identificar y cuantificar los aspectos del cambio climático en la Provincia de Petorca, entre los años 1980 y 2019. Durante esta, se logró determinar que existen variables climáticas que han presentado cambios a lo largo del tiempo. Se pudo corroborar que ha existido un aumento en la temperatura promedio, disminución en las precipitaciones, una baja en los caudales de los ríos y un incremento de la evotranspiración potencial. Del mismo modo, producto de lo descrito anteriormente, se detectó que la disponibilidad de agua para consumo humano y riego ha disminuido. Algunas actividades económicas se han visto resentidas, especialmente la agricultura y la ganadería. Finalmente, la totalidad de los fenómenos narrados han generado que algunas personas hayan decidido trasladarse, desde los sectores rurales donde habitaban, hacia la ciudad, lo que implica que están abandonando la Provincia.

Estos resultados fueron obtenidos desde los organismos gubernamentales que tienen relación con la recopilación de los datos atinentes a las variables relacionadas con el cambio climático, por lo que estos antecedentes pueden considerarse como oficiales. Sin entrar en detalles de las circunstancias que originan este cambio, se puede determinar que éste existe y genera consecuencias que afectan severamente a la población.

No se puede dejar de mencionar que existen algunas organizaciones y estudios que atribuyen la falta de agua en la Provincia de Petorca a un mal manejo agrícola, debido a que en la zona existe un alto número de plantaciones frutales, especialmente paltos y limoneros, especies que requieren una gran cantidad de agua para su desarrollo y mantención a lo largo del tiempo; al mal manejo del agua existente y a la extracción ilegal y/o robo de agua por parte de los grandes agricultores. Este tipo de denuncias han originado un aumento de la fiscalización, lo que, por ejemplo, en el año 2019 se tradujo en “tres campañas con unos 20 fiscalizadores que se distribuyen y llegan en forma sorpresiva a los predios, acompañados de Carabineros”<sup>107</sup>. Estas indagaciones se tradujeron en 167 expedientes de investigación abiertos y en multas que fueron aplicadas en nueve casos, las que sumaron un monto de 444 millones de pesos.<sup>108</sup> Sin embargo, a pesar de que se puede afirmar que, estos hechos han influido de alguna forma en la crisis hídrica que afecta a la zona estudiada, de acuerdo con los datos meteorológicos recopilados, se puede afirmar que la cantidad de agua disponible en las cuencas ha disminuido notablemente en el período estudiado, especialmente durante los últimos 10 años. En esta década, las lluvias han mermado de forma alarmante. Lo

mismo sucede con los caudales de los ríos que son extremadamente bajos, tal como quedó refrendado en los resultados obtenidos en este trabajo, con una tendencia a 0 m<sup>3</sup>/s, incluso en los meses en los que se espera que ellos aumenten.

Este estudio presenta algunas limitaciones que dificultaron su desarrollo. La principal se relaciona con el hecho de que, en nuestro país, los antecedentes oficiales requeridos para elaborar esta investigación se encuentran en un sinnúmero de instituciones gubernamentales que recopilan historiales climatológicos y de manejo del agua, lo que dificultó el trabajo de reunión de antecedentes para poder compararlos unos con otros. Asimismo, existieron entidades que no entregaron la información solicitada, entre ellas empresas mineras y ESVAL, lo que fue subsanado, en este último caso, buscando la información a través de otras fuentes o solicitándola vía Transparencia. Del mismo modo, existen una serie de ONGs que han desarrollado sus propios estudios. Varias de ellas tienen una clara y fuerte influencia política, por lo que sus resultados se pueden ver influenciados por esta circunstancia, razón por la cual no fueron considerados en el análisis efectuado para este estudio. Por otra parte, no fue posible obtener los datos necesarios para determinar los cambios en el océano frente a las costas de Petorca, ya que no existen instrumentos para efectuar las mediciones en la zona. Lo mismo ocurre con los datos relacionados con el impacto de la minería en el área estudiada, ya que las empresas del rubro, ubicadas en la zona, no entregaron la información requerida para este estudio.

En el apartado anterior, se puede observar que las diferentes variables climáticas analizadas en el presente trabajo de fin de Máster han sufrido cambios, especialmente en la última década. Esto ha tenido como consecuencia, la disminución de la disponibilidad agua, tanto para consumo humano como para riego, con una importante afectación en la agricultura y ganadería de la Provincia de Petorca. Esta información confirma que el fenómeno estudiado ha generado repercusiones en la zona analizada, originando consecuencias que están estrechamente vinculadas unas con otras. Por ejemplo, la falta de lluvias hace disminuir el caudal de los ríos. Como consecuencia de ello, baja la disponibilidad de agua, tanto para la bebida de los seres humanos, de los animales y para el riego de los cultivos. Sin agua disponible, los pequeños agricultores han debido abandonar sus tierras de cultivo para, finalmente, en muchos casos, tener que abandonar sus terrenos y migrar hacia la ciudad.

Como futuras líneas de investigación, se podría considerar estudiar el impacto del cambio climático en la ganadería, en esta misma zona o incluyendo, también, a la Región de Coquimbo, lo que debería realizarse una vez que se publiquen los resultados finales del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, de tal forma, de actualizar el estudio presentado en esta investigación. Otra línea de indagación podría incluir el efecto de los monocultivos existentes en la Provincia de Petorca en la administración de la escasa agua existente, como también, profundizar en las medidas que han tomado los productores para disminuir el gasto de este recurso. Una última línea de indagación que se sugiere es determinar el impacto de la minería en el área estudiada, trabajo que debiese ejecutarse, probablemente, a través del Ministerio de Minería.

## CONCLUSIONES

Durante la presente investigación, se ha podido identificar una serie de variables que han sufrido cambios a lo largo del período estudiado, las que repercuten en las actividades económicas que se desarrollan en la Provincia de Petorca.

En cuanto a las precipitaciones, se detectó que estas han ido evolucionando a la baja durante el período estudiado, especialmente durante la última década, período en el cual se detectó una disminución extrema en la cantidad de agua caída en toda la zona estudiada.

En cuanto al caudal de los ríos de las cuencas de la Provincia de Petorca, se puede concluir que la cantidad de agua superficial, existente en ellas, es mínima. Considerando que las cifras totales de agua reportada por estas estaciones son las que ingresan en cada una de las cuencas, se estima que se podrán ver afectadas algunas de las actividades económicas que se desarrollan aguas abajo.

Del mismo modo, se observa una relación entre la disminución de las precipitaciones y la reducción de los caudales de los ríos, verificándose un aumento en los caudales en forma posterior a los períodos de aumento de lluvia. Ambos valores muestran una clara tendencia a la disminución, siendo especialmente crítico el nivel del caudal de los ríos cuya tendencia es cercana a cero.

La variable de la evotranspiración potencial muestra un sostenido aumento desde 2010 a la fecha, alcanzando, el año 2016, los valores más altos del período en estudio.

Al relacionar las variables antes descritas, se puede reafirmar que la Provincia de Petorca, está siendo afectada por un período de sequía meteorológica, lo que se refleja en la escasez de precipitaciones, aumento de temperaturas y aumento de la evotranspiración.

En cuanto a los cambios en el océano, estos fueron abordados en forma general, ya que no existen instrumentos que midan estos cambios en las costas de la provincia.

La erosión y desertificación han aumentado dramáticamente en los últimos diez años, incrementándose las superficies clasificadas como altamente afectadas por estos fenómenos.

Estos hechos generan que algunas variables, relacionadas con las actividades económicas, se vean bastante afectadas, lo que conlleva un alto impacto en la calidad de vida de las personas, como se describe a continuación.

La situación relacionada con la disponibilidad de agua potable para entregar a la población ha evolucionado con el paso del tiempo, convirtiéndose en un tema cada vez más complejo, en la medida que la escasez del recurso se incrementa a lo largo del tiempo.

En relación con el impacto en el sector agrícola, las señales del cambio ambiental se evidencian con heladas primaverales, lluvias en época estival e incremento de las temperaturas extremas, limitando la producción al afectar la época y la uniformidad de la floración y cosecha, favoreciendo la dispersión de plagas y enfermedades. Estos cambios han generado una disminución en la producción y rendimiento de diferentes hortalizas y frutales, debiendo los productores, en muchos casos, hacer abandono de huertos de paltos y otras plantaciones, especialmente las de menor escala. La vulnerabilidad de los pequeños y medianos agricultores de la Provincia es alta, ya que están sometidos a fuertes presiones por la escasa disponibilidad de agua, ya que las autoridades de la Provincia de Petorca, han determinado que la primera prioridad en su distribución, la tiene aquella que destinada al consumo de la población.

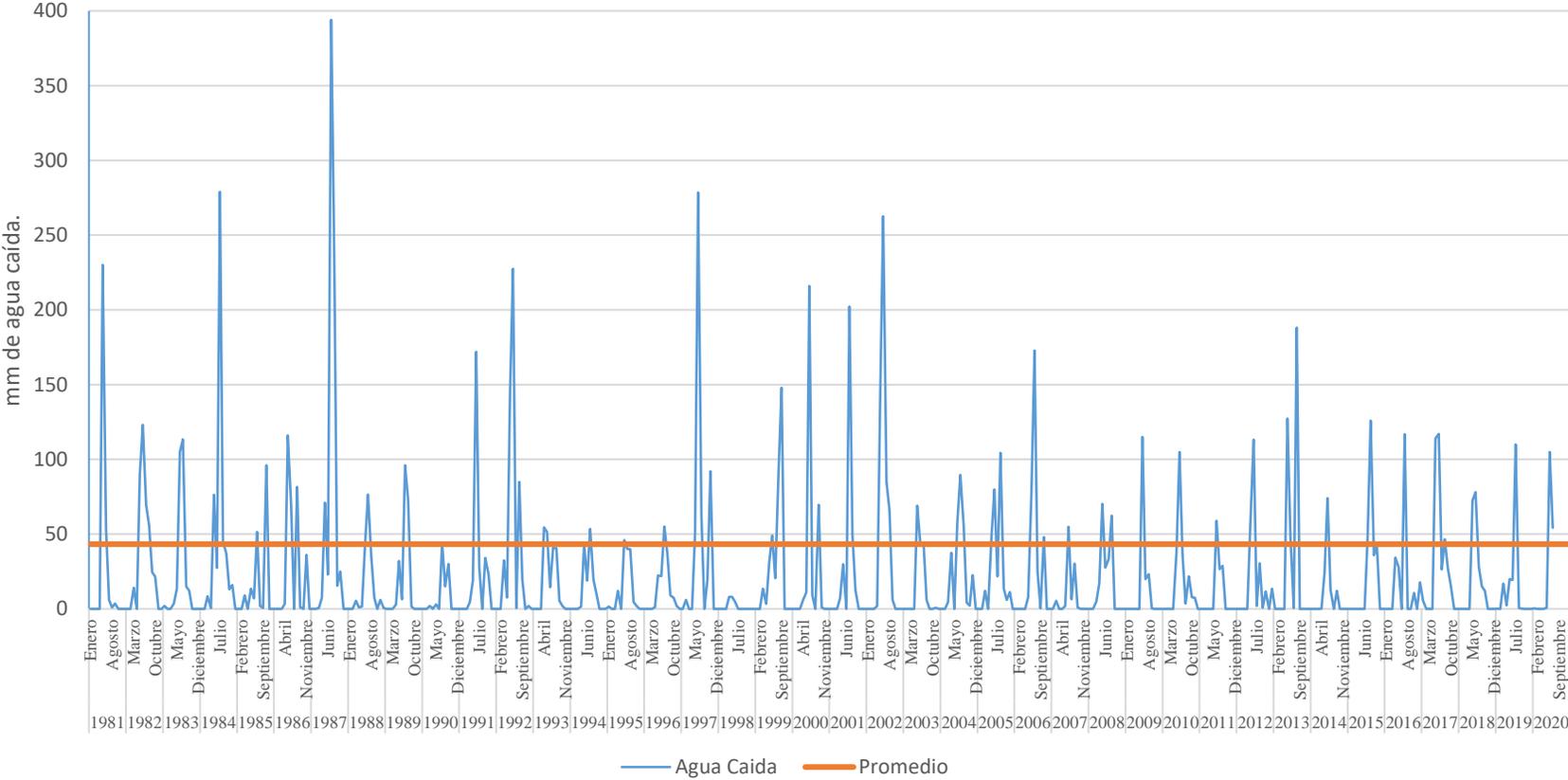
En lo referido a la ganadería, se ha producido una disminución notable en la cantidad de cabezas de ganado existentes en la provincia, lo que se percibe en la reducción de cabezas de ganado bovino, especialmente vacas. Este fenómeno puede atribuirse a la falta de agua y de forraje generada por la prolongada sequía que afecta a la zona. También, se puede afirmar que la comuna más afectada, desde el punto de vista ganadero, es la comuna de La Ligua, la que ha perdido un alto porcentaje de ganado. Del mismo modo los apicultores han debido enfrentar la muerte de sus abejas, lo que ha afectado sus ingresos en forma importante.

En lo relacionado con la demografía, se puede establecer que existe un movimiento de población originado en algunas comunas de la Provincia de Petorca. De igual forma, se puede señalar que algunos de los principales factores que fomentan este fenómeno, son la escasez de agua y la sequía. Esto se encuentra supeditado a los demás factores que condicionan la migración, entre los que se cuentan la falta de oportunidades de trabajo y el éxodo campo-ciudad, que también está relacionado, indirectamente, con el cambio climático. Con lo anterior, queda en evidencia que los fenómenos migratorios originados en la Provincia de Petorca son altamente complejos y surgen de distintos factores, uno de ellos, sin lugar a duda, es la influencia que el cambio climático ha ejercido sobre el abastecimiento de agua, tanto potable como de riego, en las zonas rurales de la Provincia.

Finalmente, se puede señalar que el cambio climático ha generado una serie de perturbaciones en la zona estudiada. Dependiendo de la variable climática, se detectaron aumentos y disminuciones en los valores absolutos registrados para cada uno de ellos. En el primer caso se encuentran la temperatura y la evotranspiración, mientras que, en el segundo, están el caudal de los ríos y las precipitaciones. Estas alteraciones han producido una serie de repercusiones en las diferentes actividades económicas que se desarrollan en el área estudiada, especialmente, en la agricultura y ganadería, las que, durante el período estudiado, han visto disminuidas, en forma importante las hectáreas cultivadas y el número de cabezas de ganado. Por último, estos impactos han generado una serie de cambios demográficos, que han implicado una migración negativa en algunas de las comunas de la Provincia de Petorca.

De no detenerse este fenómeno, la Provincia de Petorca podrá verse afectada, en un futuro cercano, por una menor disponibilidad de agua y alimentos por la sequía y la desertificación del territorio, eventos meteorológicos extremos, la presencia de vectores no conocidos en el área y el aumento de enfermedades infecciosas producto de la escasez de agua.

Precipitación Mensual Estación Meteorológica Longotoma  
(1981 - 2020)

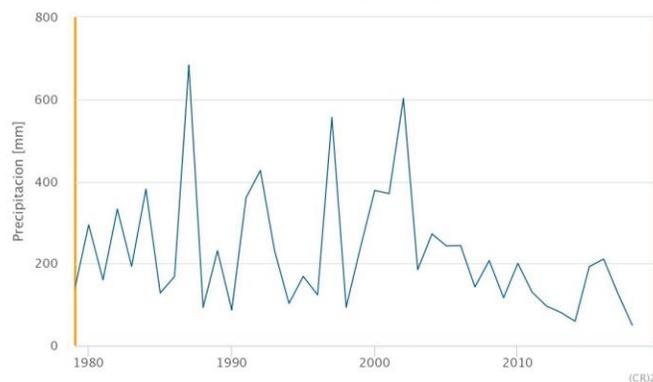


Fuente: elaboración propia en base a los datos recopilados por la Estación Meteorológica Longotoma.

## AGUA CAÍDA MEDIDA POR ESTACIONES METEREOLÓGICAS UBICADAS EN LA PROVINCIA DE PETORCA

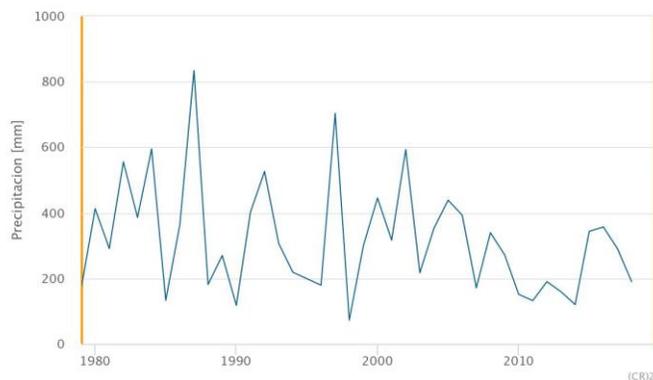
**Precipitación en El Trapiche [DGA]**

Intervalo: Anual / Estadística: acumulado / [32.2286°S, 70.7100°O, 1180 m]



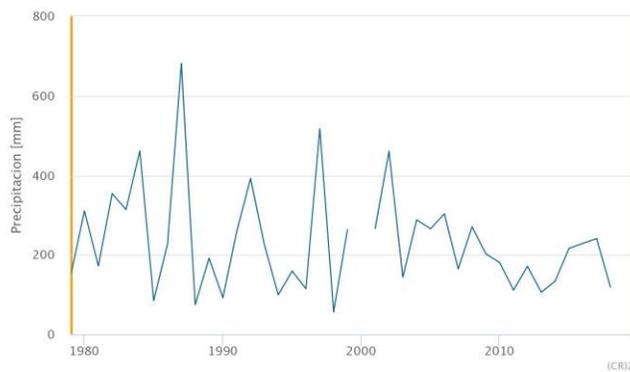
**Precipitación en Las Pataguas [DGA]**

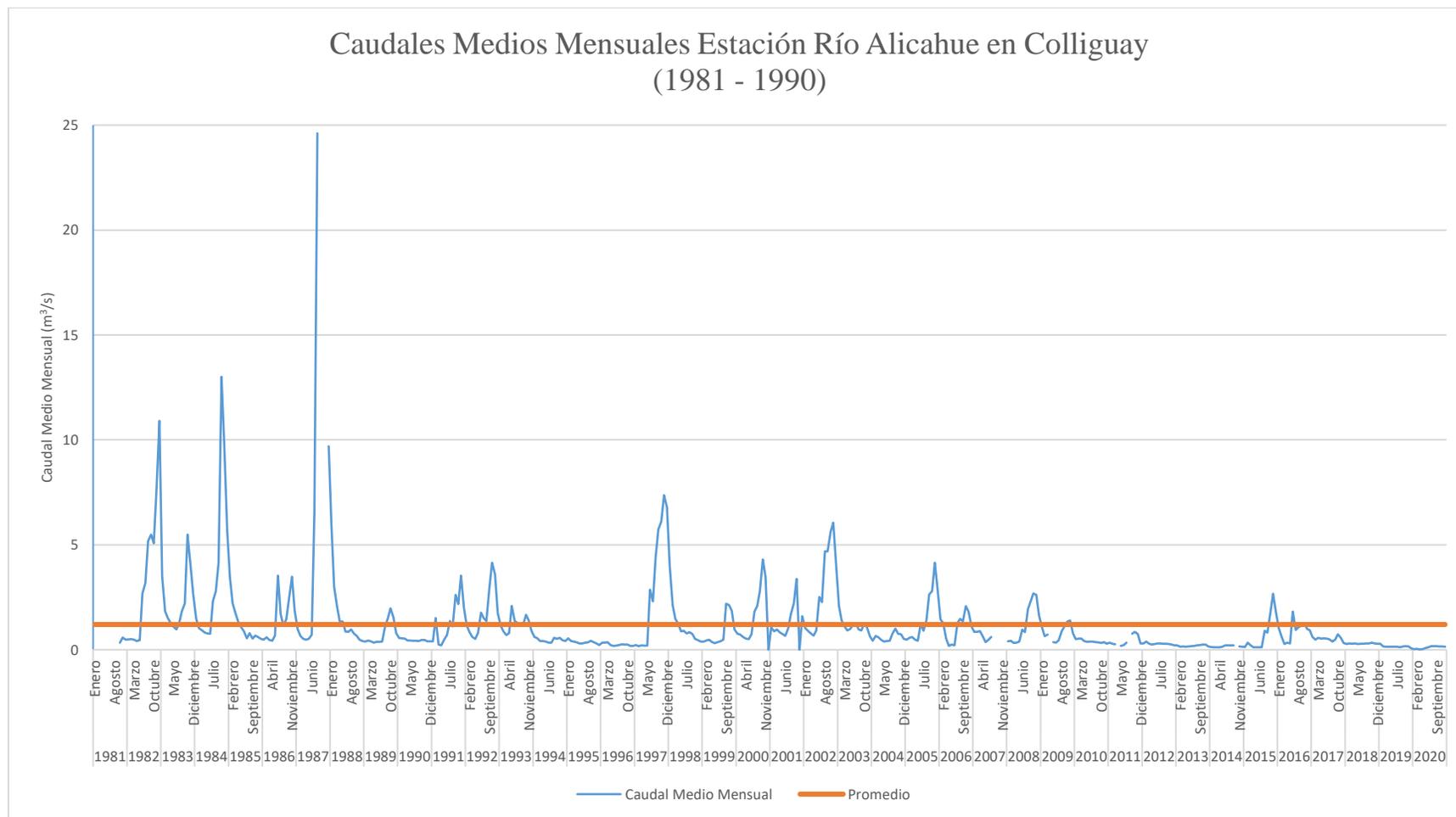
Intervalo: Anual / Estadística: acumulado / [32.5333°S, 71.1294°O, 350 m]



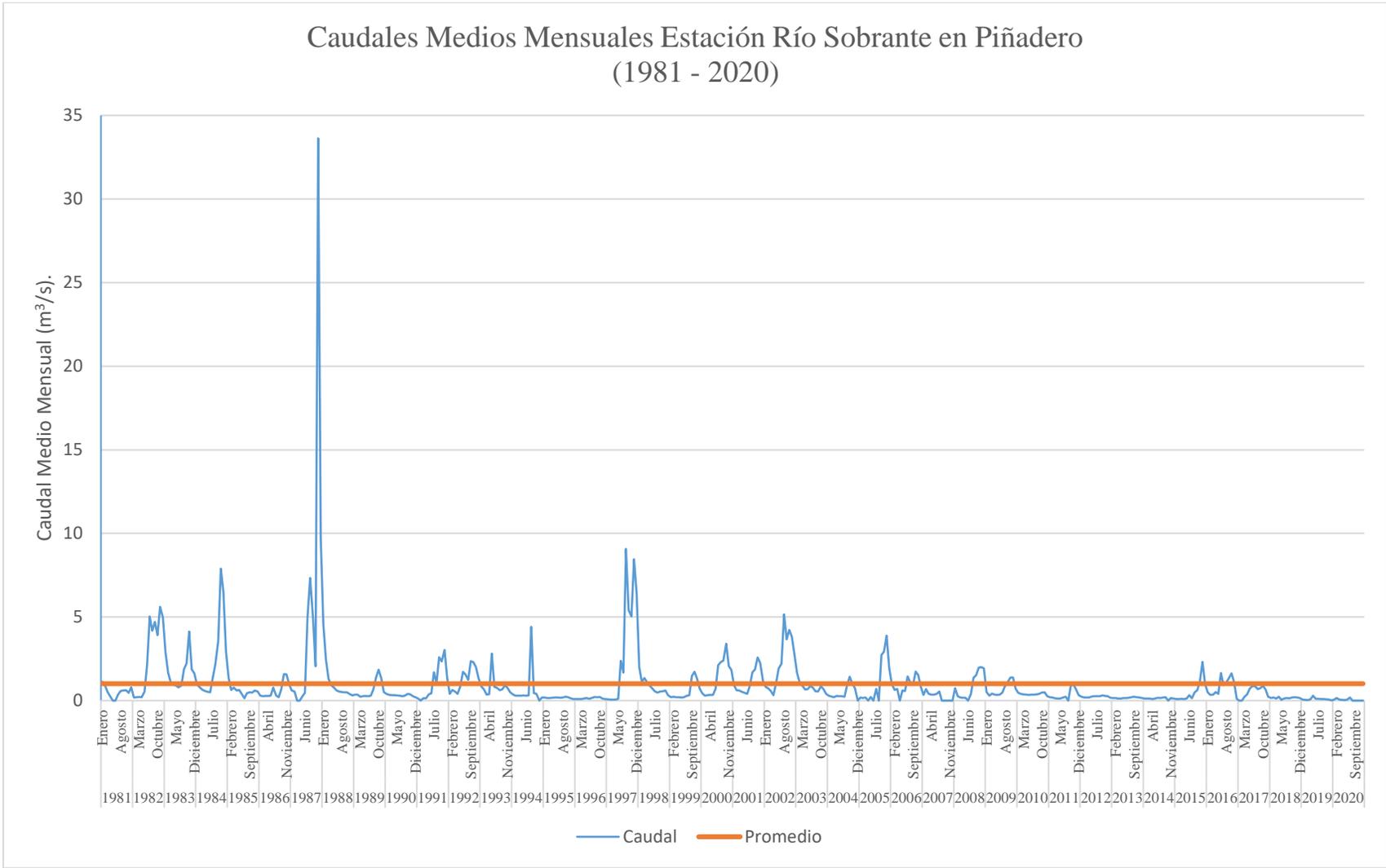
**Precipitación en La Via [DGA]**

Intervalo: Anual / Estadística: acumulado / [32.4261°S, 70.9167°O, 370 m]



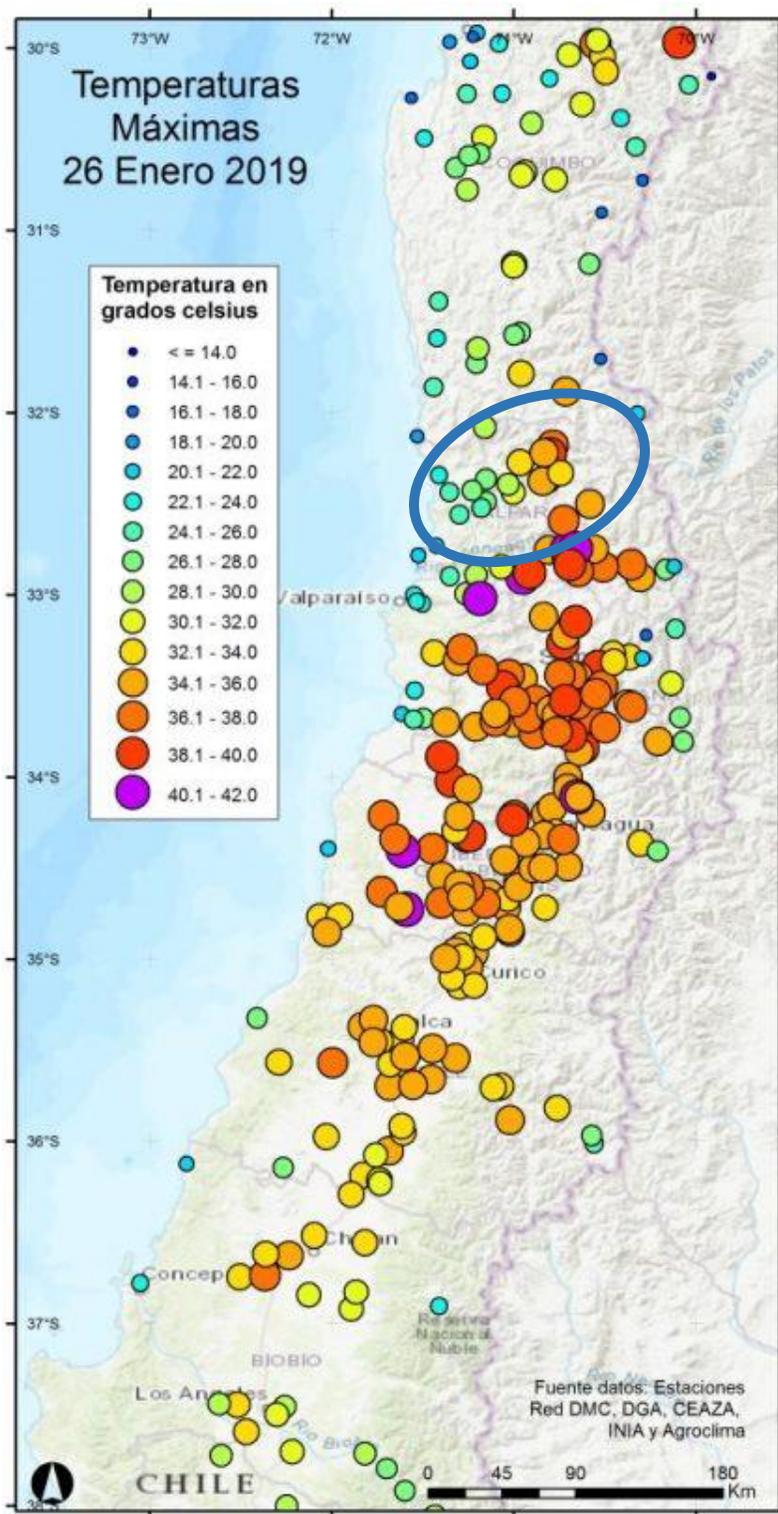


Fuente: elaboración propia en base a los datos recopilados por la Estación Meteorológica Longotoma.



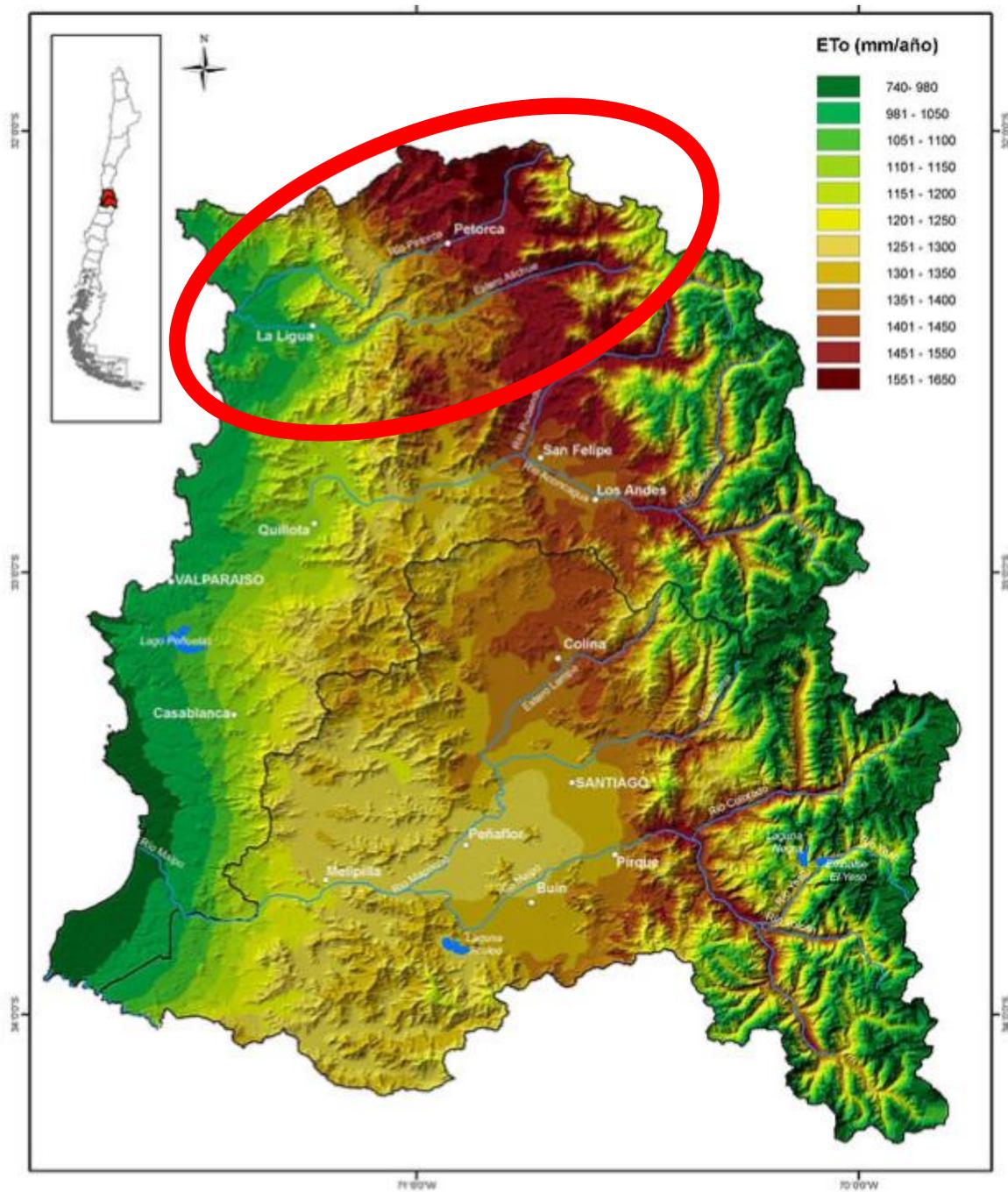
Fuente: elaboración propia en base a los datos recopilados por la Estación Meteorológica Longotoma.

TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS EL DÍA 26 DE ENERO DE 2019



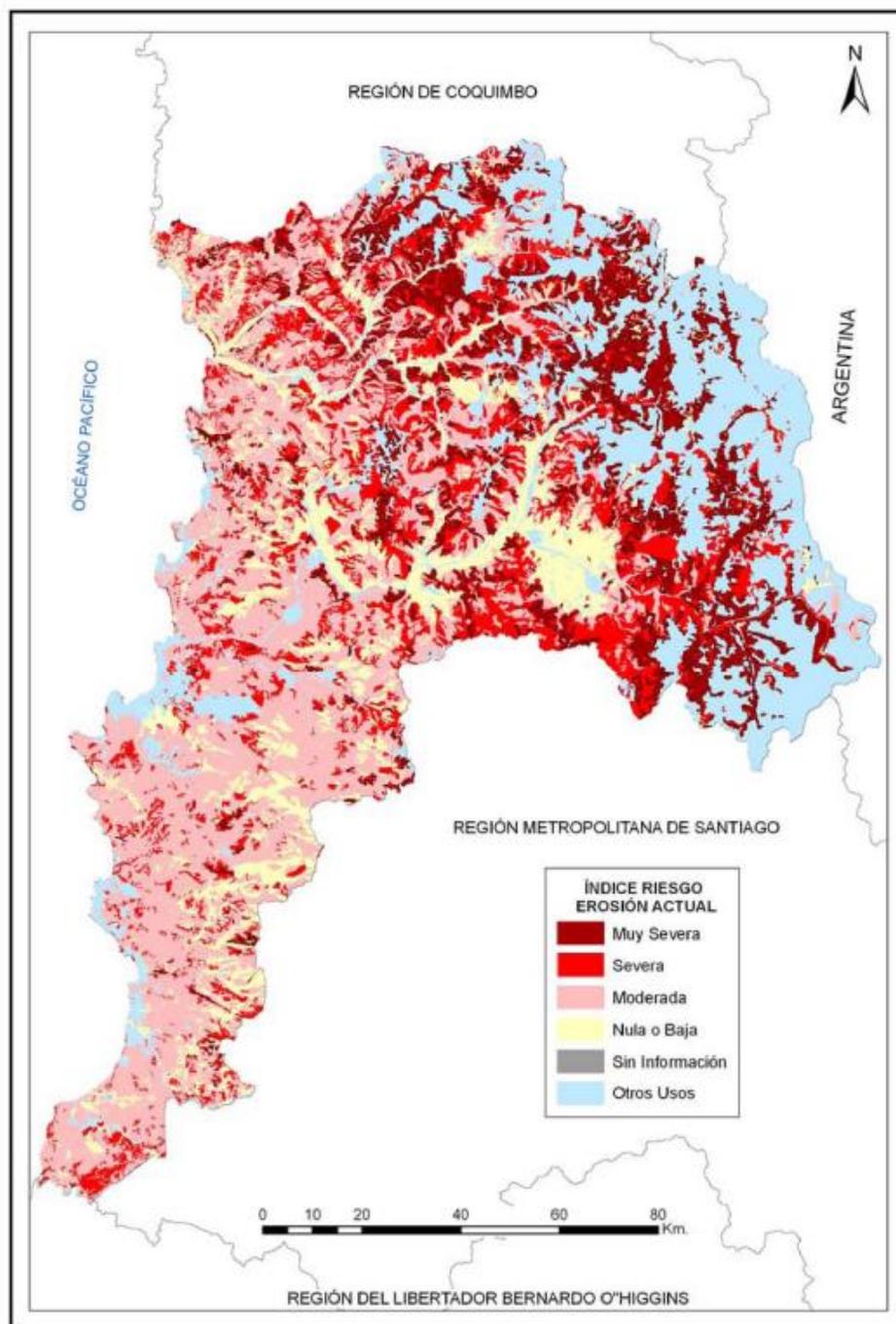
Fuente; Meteochile Blog. Blog oficial de la Dirección Meteorológica de Chile

EVOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA  
 Región de Valparaíso  
 Región Metropolitana



Fuente: Agrimed. Evotranspiración de Referencia.

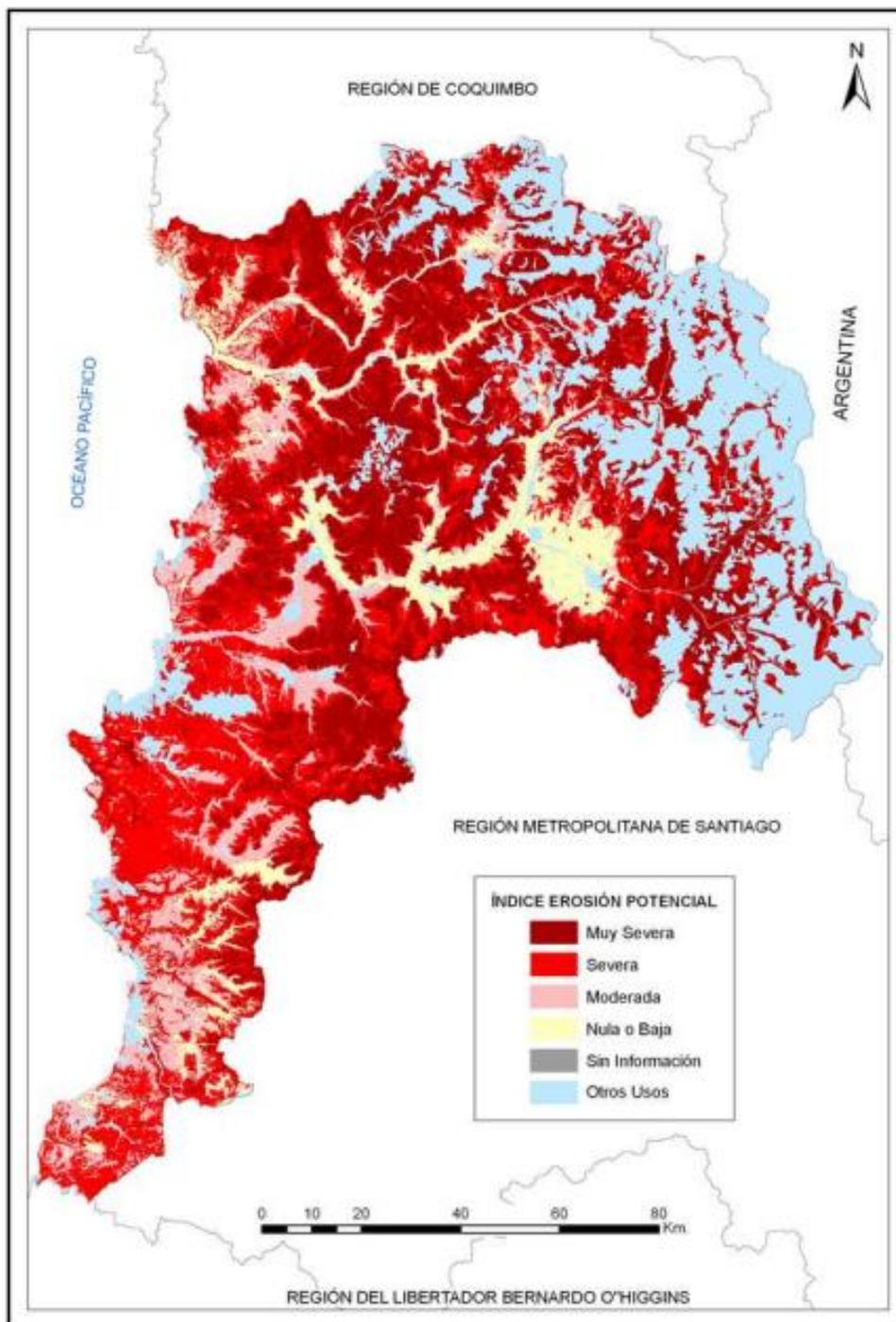
## CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE VALPARAÍSO



Fu

Fuente: Determinación actual de la Erosión Actual y Potencial de los Suelos de Chile Año 2010

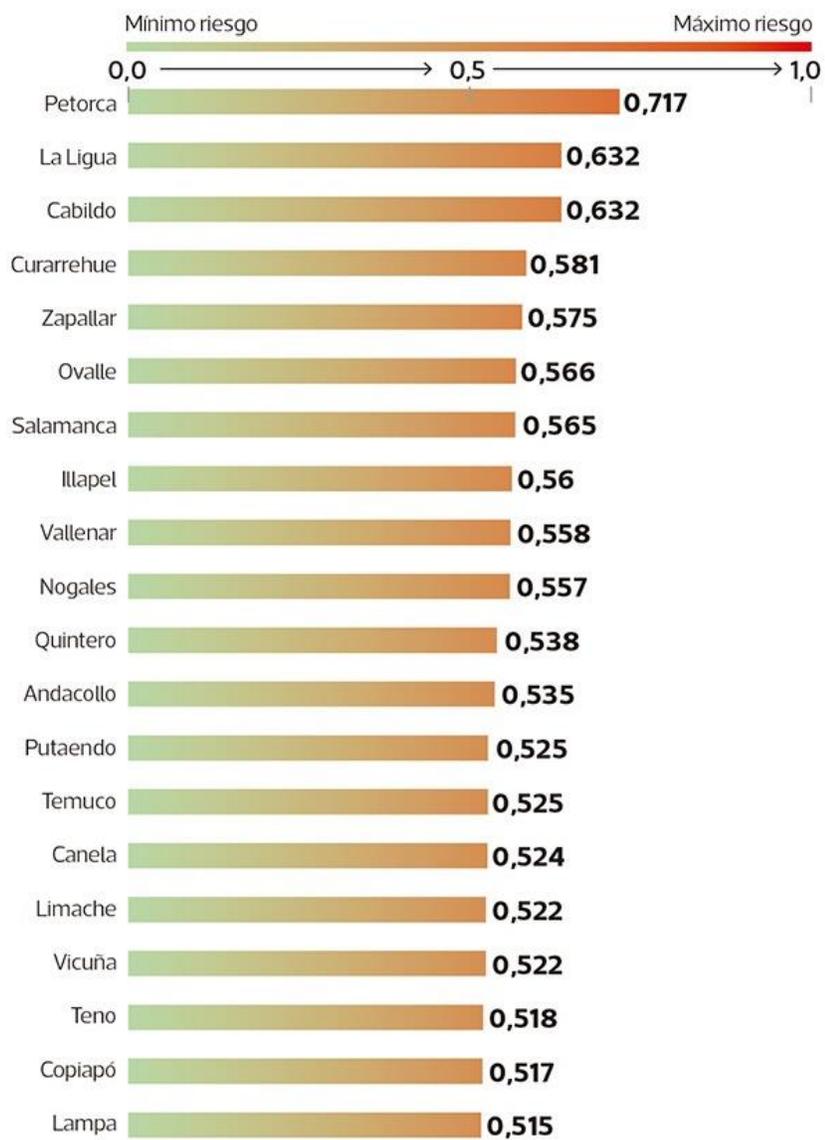
# CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSION POTENCIAL REGIÓN DE VALPARAÍSO



Fuente: Determinación actual de la Erosión Actual y Potencial de los Suelos de Chile Año 2010

### Índice de riesgo climático

Construido en base a cuatro indicadores de riesgo climático: amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia.



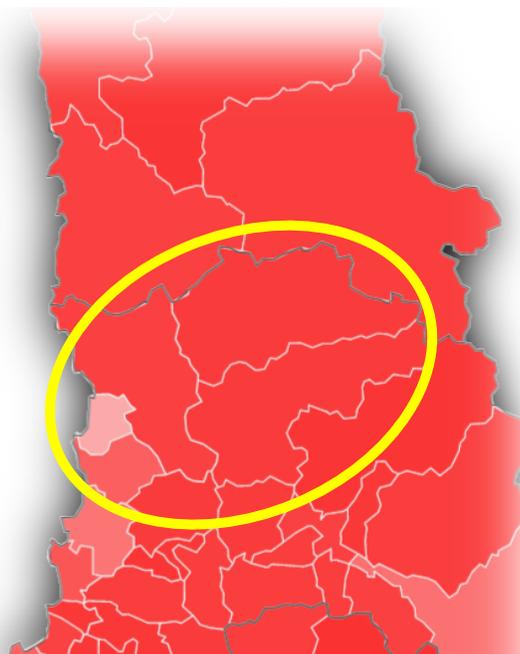
Fuente: Diario La Tercera

## ACCESO AL AGUA PARA LA BEBIDA EN LA COMUNA DE PETORCA, DICIEMBRE 2019.



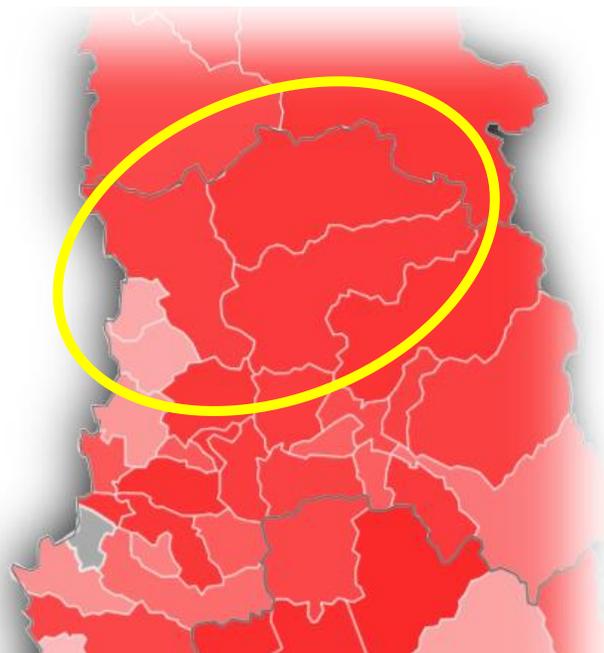
Fuente: Water Crisis in Petorca Basin, Chile: The Combined Effects of a Mega-Drought and Water Management

**MAPAS DE ÍNDICE RELATIVO DE RIESGO DE LA SEGURIDAD HÍDRICA DOMESTICA URBANA Y RURAL PROVINCIA DE PETORCA**



Fuente: Atlas de Riesgo Climático

Índice Relativo de Riesgo de la Seguridad Hídrica Domestica Urbana. En el círculo amarillo se destaca la Provincia de Petorca.



Fuente: Atlas de Riesgo Climático

Índice Relativo de Riesgo de la Seguridad Hídrica Domestica Rural. En el círculo amarillo se destaca la Provincia de Petorca.

## AGRADECIMIENTOS

En primer término, a mi esposa, por su constante incentivo y apoyo durante el período de estudio de este postgrado y de desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, por creer siempre en mis capacidades para enfrentar este desafío, que decidimos tomar juntos. Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

A mis hijos, por ser, junto a mi esposa, una fuente inagotable de inspiración y por darme la posibilidad de demostrarles que con esfuerzo todo se puede lograr en la vida. Les agradezco por los momentos de nuestra vida como familia, que fue necesario sacrificar para poder realizar esta investigación,

A mis padres, por enseñarme lo importante de estudiar y prepararse para enfrentar la vida.

A la Universidad y a todos los docentes que participaron en el este postgrado, sin sus conocimientos y sabios consejos este trabajo no habría llegado a buen puerto.

A mis compañeros de grupo, por su paciencia, comprensión y apoyo. Les agradezco infinitamente la excelente relación de amistad profesional que logramos forjar en este tiempo.

A mis jefes y al personal que cumple funciones conmigo, que supieron comprender y apoyar el esfuerzo personal que estaba realizando.

Finalmente, a todos aquellos que aportaron de una u otra forma en el desarrollo de esta tesis

“Me preocupo por el cambio climático debido a nuestros hijos.  
Quiero salvaguardar su futuro”.  
Cate Blanchett

- 
- <sup>1</sup> Gobierno de Chile. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Segunda Edición. Santiago, Chile. Pág 13.
- <sup>2</sup> Banco Mundial. Cambio Climático. (23 de marzo de 2021). Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview>
- <sup>3</sup> Gobierno de Chile. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Segunda Edición. Santiago, Chile. Pág 15.
- <sup>4</sup> Academia Chilena de Ciencias Agronómicas. (2020). Cambio Climático: Efectos sobre la producción hortofrutícola y estrategias de adaptación en Chile. Disponible en <http://www.academiaagronomica.cl/wp-content/uploads/2018/12/Cambio-clima%CC%81tico-completo-web-2020.pdf>
- <sup>5</sup> Gobernación Provincial de Petorca. (Sin Fecha). Ubicación Geográfica. Disponible en <http://www.gobernacionpetorca.gov.cl/geografia/>
- <sup>6</sup> Gobernación Provincial de Petorca. Op Cit.
- <sup>7</sup> Ministerio de Agricultura. Comisión Nacional de Riego. (Diciembre 2011). Estudio Diagnóstico de los Recursos Subterráneos en el Sistema Hídrico Ligua Y Petorca. Informe Final. Recuperado de: <https://snia.mop.gob.cl/sad/SUB5843v1.pdf>
- <sup>8</sup> Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (Sin fecha). Chile Nuestro País. Hidrografía de la Región de Valparaíso. Disponible en <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5/hidrografia.htm>
- <sup>9</sup> Gobernación Provincial de Petorca. (Op. Cit).
- <sup>10</sup> Gobernación Provincial de Petorca. (Op. Cit).
- <sup>11</sup> Tapia, F. (2019, enero – junio). Regulación de la sequía en Chile: análisis normativo de la declaración de escasez. *Revista de Derecho Administrativo Económico*. N° 29. Recuperado de <http://revistadisena.uc.cl/index.php/REDAE/article/view/2248/2256>
- <sup>12</sup> Tapia, F. (2019, enero – junio). Op. Cit.
- <sup>13</sup> Dirección General de Aguas. (06 de abril de 2021). Decretos declaración zona de escasez vigentes. Disponible en <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- <sup>14</sup> Dirección General de Aguas. Op. Cit.
- <sup>15</sup> Panes, A. Faundez, R. Mansilla, C. (2017, Julio-Diciembre). Politización de la crisis hídrica en Chile: Análisis del conflicto por el agua en la provincia de Petorca. *Agua y Territorio*. Número 10. Recuperado de [http://modatima.cl/wp-content/uploads/2018/04/Panez\\_Faundez\\_Mansilla-2017\\_Politizacion\\_crisis\\_hidrica.pdf](http://modatima.cl/wp-content/uploads/2018/04/Panez_Faundez_Mansilla-2017_Politizacion_crisis_hidrica.pdf)
- <sup>16</sup> Dirección General de Aguas. (06 de abril de 2019). Op. Cit.
- <sup>17</sup> Ministerio de Obras Públicas. Decreto Número 28 de 2021. Declara zona de escasez hídrica a la Provincia de Petorca, Región de Valparaíso. 08 de febrero de 2021.
- <sup>18</sup> DGA. (Noviembre, 2013). Análisis Crítico de las Redes Hidrométricas, Regiones V A VII y Región Metropolitana. Informe Final. Recuperado de: <https://www.repositoriodirplan.cl/bitstream/handle/20.500.12140/25884/Redes%20hidrom%C3%A9tricas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <sup>19</sup> DGA. (Noviembre, 2013). Op. Cit.:
- <sup>20</sup> Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (Sin Fecha). CAMELS-CL: información integrada por cuencas. Disponible en: <https://www.cr2.cl/camels-cl/>
- <sup>21</sup> Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (Abril 2016). (CR)2 presentó herramienta en línea para consultar datos meteorológicos de todo Chile. Disponible en: <https://www.cr2.cl/cr2-presento-herramienta-en-linea-para-consultar-datos-meteorologicos-de-todo-chile/>
- <sup>22</sup> INE. VII Censo Agropecuario y Forestal. Resultados Preliminares enero 20022. (Enero 2022). Disponible en: <https://www.ine.cl/censoagropecuario>
- <sup>23</sup> Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Atlas de Riesgos Climáticos. Disponible en <https://arclim.mma.gob.cl/>
- <sup>24</sup> Dirección General de Aeronáutica Civil. Dirección Meteorológica de Chile. (2020). Reporte Anual de la Evolución del Clima en Chile. Recuperado de <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/ReporteClimatico2020-edmay2021.pdf>
- <sup>25</sup> Comisión Nacional de Riego. (2014, Abril). Informe Final "Estudio Análisis Impacto de la Sequía en Sector Agropecuario en Chile". Pág 51. Disponible en [www.ciren.cl](http://www.ciren.cl)

- <sup>26</sup> Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Atlas de Riesgos Climáticos. Disponible en [https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/biodiversidad\\_flora\\_precip/](https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/biodiversidad_flora_precip/)
- <sup>27</sup> Panes, A. Faundez, R. Mansilla, C. (2017, Julio-Diciembre). Op. Cit.
- <sup>28</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Estudio análisis impacto de la sequía en sector agropecuario en Chile. Informe Final. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26338>
- <sup>29</sup> Panes, A. Faundez, R. Mansilla, C. (2017, Julio-Diciembre). Op. Cit.
- <sup>30</sup> Becker, I. (2021) Impactos de la Escasez Hídrica en las Prácticas de Uso de Agua de las Mujeres Rurales de la Comuna de Petorca. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/183816/impactos-de-la-escasez-hidrica-en-las-practicas-de-uso-de-agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Panes, A. Faundez, R. Mansilla, C. (2017, Julio-Diciembre). Op. Cit.
- <sup>31</sup> Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Atlas del Agua. Chile 2016. (2016). Pág 30. Disponible en <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/4371>
- <sup>32</sup> ASEMAFOR. (Enero 2020) Cambio Climático en Chile. Disponible en: <https://www.asemafor.cl/cambio-climatico-en-chile/>
- <sup>33</sup> Dato obtenido de <https://es.weatherspark.com/>
- <sup>34</sup> Sánchez, Marcela, & Carvacho, Luis. (2006). Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a partir de imágenes NOAAVHRR en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Revista de geografía Norte Grande, (36), 49-60. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000200003>
- <sup>35</sup> Agroclima. (Sin Fecha). Evapotranspiración Potencial: Evolución diaria. Disponible en: <http://www.agroclima.cl/InformesAgroclima/InformesAgroclimaticos.aspx?IdEst=104&Infor=23>
- <sup>36</sup> Agrimed. (2015). Evotranspiración de Referencia para la Determinación de las Demandas de Riego en Chile. Disponible en: [https://issuu.com/agrimed\\_uchile/docs/atlas\\_evapotranspiracion](https://issuu.com/agrimed_uchile/docs/atlas_evapotranspiracion)
- <sup>37</sup> Ministerio de Obras Públicas. (2012). Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Región de Valparaíso. Pág 8. Disponible en [www.dirplan.cl](http://www.dirplan.cl)
- <sup>38</sup> Iniciativa Milenio. (s.f.). *El calentamiento del mar y el cambio en la variabilidad del pH podrían ser de las mayores amenazas para los organismos marinos*. Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Recuperado de <https://www.iniciativamilenio.cl/el-calentamiento-del-mar-y-el-cambio-en-la-variabilidad-del-ph-podrian-ser-de-las-mayores-amenazas-para-los-organismos-marinos/>
- <sup>39</sup> <https://revistamarina.cl/es/articulo/la-inundacion-de-playas-en-el-mundo-y-su-impacto-en-el-litoral-chileno>
- <sup>40</sup> Ministerio de Agricultura. CONAF. (Diciembre 2016). Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales. Nota N° 5. Pág 36. Recuperado de [https://redd.unfccc.int/uploads/4833\\_17\\_nota\\_informativa\\_5.pdf](https://redd.unfccc.int/uploads/4833_17_nota_informativa_5.pdf)
- <sup>41</sup> Morales, M. (2021, Marzo). La escasez de agua amenaza a Santiago. El cambio climático no es el único responsable. CONTRACARGA. Recuperado de [https://contracarga.cl/reportajes/escasez-de-agua-amenaza-santiago/?gclid=CjwKCAjw7diEBhB-EiwAskVi11T4VwVQPOo2zST-KXuvrPOrAe652fvt-R67ZDx0jUZABh09o0r0mxoCNI8QAvD\\_BwE](https://contracarga.cl/reportajes/escasez-de-agua-amenaza-santiago/?gclid=CjwKCAjw7diEBhB-EiwAskVi11T4VwVQPOo2zST-KXuvrPOrAe652fvt-R67ZDx0jUZABh09o0r0mxoCNI8QAvD_BwE)
- <sup>42</sup> CONAF. (Julio 2016). Actualización de Cifras y Mapas de Desertificación; Degradación de la Tierra y Sequía en Chile a Nivel de Comunas. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/312139716\\_Diagnostico\\_de\\_la\\_desertificacion\\_en\\_Chile\\_y\\_sus\\_efectos\\_en\\_el\\_desarrollo\\_sustentable](https://www.researchgate.net/publication/312139716_Diagnostico_de_la_desertificacion_en_Chile_y_sus_efectos_en_el_desarrollo_sustentable)
- <sup>43</sup> Ministerio de Agricultura. CONAF. Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF). Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA). (Enero 2021). Nota Informativa ENCCRV Número 37. Actualización a escala nacional de los mapas de Desertificación, Degradación de las Tierras y Sequía (DDTS) de Chile. Disponible en: <https://www.conaf.cl/cms/editorweb/ENCCRV/Nota-Informativa-37.pdf>
- <sup>44</sup> Academia Chilena de Ciencias Agronómicas. 2020. Cambio climático: efectos sobre la producción hortofrutícola y estrategias de adaptación en Chile, (Ed. Juan Izquierdo). Pág 55. Disponible en [www.academiaagronomica.cl](http://www.academiaagronomica.cl)
- <sup>45</sup> Martínez, D. (2001). Mejora en el Orden y Uso de los Recursos Naturales Renovables Hacia el Beneficio del Ecosistema de la Población de Petorca, Cuenca de Petorca. Disponible en [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5500/UCN5844\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCN5844_01.pdf)
- <sup>46</sup> Martínez, D. (2001). Mejora en el Orden y Uso de los Recursos Naturales Renovables Hacia el Beneficio del Ecosistema de la Población de Petorca, Cuenca de Petorca. Disponible en [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5500/UCN5844\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCN5844_01.pdf)
- <sup>47</sup> Martínez, D. (2001). Op. Cit.

- 
- <sup>48</sup> Martínez, D. (2001). Op. Cit.
- <sup>49</sup> Martínez, D. (2001). Op. Cit.
- <sup>50</sup> Centro de Información de Recursos Naturales (2010) Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile [en línea]. Santiago: Publicación CIREN - Centro de Información de Recursos Naturales. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62443>
- <sup>51</sup> ODEPA. Determinación de erosión actual y fragilidad de suelos en la V Región utilizando datos satelitales y SIG. Informe final. (Mayo 2009).
- <sup>52</sup> Gobierno Regional de Valparaíso [GORE] (2018). Lineamientos estratégicos de política pública e iniciativas para el desarrollo y sostenibilidad hídrica de la Región de Valparaíso. Consejo para el Desarrollo y la Sostenibilidad Hídrica de la Región de Valparaíso. Pág 49. Disponible en: [http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro\\_Hidrica.pdf](http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro_Hidrica.pdf)
- <sup>53</sup> Ministerio de Agricultura. CONAF. (2016, Junio). Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación, la Degradación de las Tierras y la Sequía. Pág 95. Disponible en [www.ciren.cl](http://www.ciren.cl)
- <sup>54</sup> Ministerio de Obras Públicas. (2012). Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Región de Valparaíso. Pág 8. Disponible en [www.dirplan.cl](http://www.dirplan.cl)
- <sup>55</sup> Faúndez, R & Mundaca, R. (2018). Situación del agua en la Región de Valparaíso: diagnósticos participativos en el marco de la Mesa Regional del Agua. Recuperado de [https://gestionhidricamapochoalto.cl/archivos/2019/10/2018\\_Situaci%C3%B3n-del-Agua-en-la-regi%C3%B3n-de-Valpara%C3%ADso.pdf](https://gestionhidricamapochoalto.cl/archivos/2019/10/2018_Situaci%C3%B3n-del-Agua-en-la-regi%C3%B3n-de-Valpara%C3%ADso.pdf)
- <sup>56</sup> MOP. (Noviembre 2005). Decreto 1199. Aprueba el Reglamento de las Concesiones Sanitarias de Producción y Distribución de Agua Potable y de Recolección y Disposición de Aguas Servidas y de las Normas Sobre Calidad de Atención a los Usuarios de Estos Servicios. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=243794&idParte=0>
- <sup>57</sup> MOP. (Noviembre 2005). Op. Cit.
- <sup>58</sup> MOP. Resumen Cuenca de Petorca. Disponible en: [https://www.mop.cl/Prensa/Documents/06\\_Rio\\_Petorca.pdf](https://www.mop.cl/Prensa/Documents/06_Rio_Petorca.pdf)
- <sup>59</sup> MOP. Resumen Cuenca La Ligua. Disponible en: [https://www.mop.cl/Prensa/Documents/07\\_Rio\\_Ligua.pdf](https://www.mop.cl/Prensa/Documents/07_Rio_Ligua.pdf)
- <sup>60</sup> INDH. (Julio – Octubre 2014). Informe de Misión de Observación a Provincia de Petorca. Disponible en: <https://media.elmostrador.cl/2017/01/Informe-INDH.pdf>
- <sup>61</sup> ESVAL. Reporte de Sostenibilidad 2020. (2020) Disponible en <http://portal.esval.cl/wp-content/uploads/2021/08/190821-reporte-sostenibilidad-2020.pdf>
- <sup>62</sup> Gobernación de Petorca. (2018). Cuenta Pública Participativa. Disponible en <http://www.gobernacionpetorca.gov.cl/media/2019/05/G.-PETORCA.pdf>
- <sup>63</sup> Municipalidad de Petorca. 2019. Cuenta Pública. Recuperado de <http://www.transparenciapetorca.cl/v6/n10/cuenta/cuenta%202019.pdf>
- <sup>64</sup> Ilustre Municipalidad de La Ligua. (2020). Informe de Gestión, Período 2019 – 2020. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1EUHOF10VmFNujbOmXF2gNZWxLn2ytW1E/view>
- <sup>65</sup> Faúndez, R & Mundaca, R. (2018). Op. Cit
- <sup>66</sup> Ilustre Municipalidad de Petorca. (2019) Op. Cit.
- <sup>67</sup> Gobernación de Petorca. (2018). Op. Cit.
- <sup>68</sup> Gobierno Regional de Valparaíso [GORE] (2018). Lineamientos estratégicos de política pública e iniciativas para el desarrollo y sostenibilidad hídrica de la Región de Valparaíso. Consejo para el Desarrollo y la Sostenibilidad Hídrica de la Región de Valparaíso. Pág 53. Disponible en: [http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro\\_Hidrica.pdf](http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro_Hidrica.pdf)
- <sup>69</sup> Muñoz, Ariel & Klock-Barría, Karin & Álvarez-Garretón, Camila & Aguilera Betti, Isabella & González Reyes, Álvaro & Lastra, José A. & Chávez, Roberto & Barría, Pilar & Christie, Duncan & Rojas-Badilla, Moisés & Quesne, Carlos. (2020). Water Crisis in Petorca Basin, Chile: The Combined Effects of a Mega-Drought and Water Management. *Water*. 12. 10.3390/w12030648.
- <sup>70</sup> Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Atlas de Riesgos Climáticos. Salud y Bienestar Humano. Seguridad hídrica doméstica urbana. Disponible en [https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/seguridad\\_hidrica\\_domestica\\_urbana/](https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/seguridad_hidrica_domestica_urbana/)
- <sup>71</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Estudio análisis impacto de la sequía en sector agropecuario en Chile. Informe Final. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26338>
- <sup>72</sup> Gobierno Regional de Valparaíso [GORE] (2018). Lineamientos estratégicos de política pública e iniciativas para el desarrollo y sostenibilidad hídrica de la Región de Valparaíso. Consejo para el Desarrollo y la Sostenibilidad Hídrica

---

de la Región de Valparaíso. Pág 9. Disponible en: [http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro\\_Hidrica.pdf](http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro_Hidrica.pdf)

<sup>73</sup> INDAP. (2013). Noticias. Récord de Inversión en Riego para enfrentar sequía en la Región de Valparaíso. Disponible en <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2013/11/15/r%C3%A9cord-de-inversi%C3%B3n-en-riego-para-enfrentar-sequ%C3%ADa-en-la-regi%C3%B3n-de-valparaiso>

<sup>74</sup> R&Q Ingeniería SA. (Sin Fecha). Proyecto Concesión Embalse Las Palmas. Disponible en <https://www.ryq.cl/concesion-embalse-las-palmas/>

<sup>75</sup> INDAP. (2020). Noticias. Avanza Construcción de Embalse Las Palmas. Disponible en <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2020/07/28/avanza-construcci%C3%B3n-de-embalse-las-palmas-aliviar%C3%A1-crisis-h%C3%ADrica-de-petorca-cabildo-y-la-ligua>

<sup>76</sup> Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Concesiones. (julio 2020). Concesión Embalse Las Palmas. Disponible en: [https://concesiones.mop.gob.cl/proyectos/Documents/Embalse\\_Las\\_Palmas/2020/IE\\_Embalse\\_Las\\_Palmas-Julio-2020.pdf](https://concesiones.mop.gob.cl/proyectos/Documents/Embalse_Las_Palmas/2020/IE_Embalse_Las_Palmas-Julio-2020.pdf)

<sup>77</sup> Embalse Las Palmas. CHEC Chile. (2022). Maqueta Virtual Embalse Las Palmas. Disponible en: <https://embalselaspalmas.cl/presentacion/>

<sup>78</sup> Gobernación Provincial de Petorca. (Julio 2020). Noticias. Avanzan con importantes obras de acumulación de agua en la Provincia de Petorca. Disponible en: <http://www.gobernacionpetorca.gov.cl/noticias/avanzan-con-importantes-obras-de-acumulacion-de-agua-en-la-provincia-de-petorca/>

<sup>79</sup> Gobierno Regional de Valparaíso. División de Planificación y Desarrollo Regional. (2020). Plan de Desarrollo Territorial. Zona Rezagada. Pág 50.

<sup>80</sup> Instituto Geográfico Militar. (2018). Atlas Geográfico para la Educación. (6ta ed). Editorial IGM.

<sup>81</sup> Gobernación de Petorca. (2018). Cuenta Pública Participativa. Disponible en <http://www.gobernacionpetorca.gov.cl/media/2019/05/G.-PETORCA.pdf>

<sup>82</sup> Academia Chilena de Ciencias Agronómicas. (2020). Cambio climático: efectos sobre la producción hortofrutícola y estrategias de adaptación en Chile, (Ed. Juan Izquierdo). Pág 55. Disponible en [www.academiaagronomica.cl](http://www.academiaagronomica.cl)

<sup>83</sup> DGA. (2011). Estudio Diagnóstico de los Recursos Subterráneos en el Sistema Hídrico Ligua y Petorca. Recuperado de: [http://www.ciiifenint.org/images/stories/Herramientas\\_y\\_Recursos/Informe\\_Final\\_Medidas\\_de\\_Adaptación\\_PNM.pdf](http://www.ciiifenint.org/images/stories/Herramientas_y_Recursos/Informe_Final_Medidas_de_Adaptación_PNM.pdf)

<sup>84</sup> Ministerio de Agricultura. Comisión Nacional de Riego. Estudio Básico. Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en las Cuencas de los ríos La Ligua y Petorca. Informe Final. Tomo II. (Noviembre 2016). Pág 267. Disponible en <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/26768>

<sup>85</sup> Ministerio de Agricultura. Emergencia Agrícola por déficit hídrico. Disponible en <https://www.minagri.gob.cl/emergencia-agricola-por-deficit-hidrico>

<sup>86</sup> Gobierno Regional de Valparaíso [GORE] (2018). Lineamientos estratégicos de política pública e iniciativas para el desarrollo y sostenibilidad hídrica de la Región de Valparaíso. Consejo para el Desarrollo y la Sostenibilidad Hídrica de la Región de Valparaíso. Pág. 8. Disponible en: [http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro\\_Hidrica.pdf](http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro_Hidrica.pdf)

<sup>87</sup> Gobierno Regional de Valparaíso [GORE] (2018). Lineamientos estratégicos de política pública e iniciativas para el desarrollo y sostenibilidad hídrica de la Región de Valparaíso. Consejo para el Desarrollo y la Sostenibilidad Hídrica de la Región de Valparaíso. Pág. 23. Disponible en: [http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro\\_Hidrica.pdf](http://www.gorevalparaiso.cl/archivos/archivoDocumento/2018/otros/Libro_Hidrica.pdf)

<sup>88</sup> INDAP. (2020). Noticias. Avanza Construcción de Embalse Las Palmas. Disponible en <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2020/07/28/avanza-construcci%C3%B3n-de-embalse-las-palmas-aliviar%C3%A1-crisis-h%C3%ADrica-de-petorca-cabildo-y-la-ligua>

<sup>89</sup> Municipalidad de Papudo. (2020). Cuenta Pública Gestión 2020. Disponible en [http://www.municipalidadpapudo.cl/Archivos/cuenta\\_publica/cuenta\\_publica\\_2020.pdf](http://www.municipalidadpapudo.cl/Archivos/cuenta_publica/cuenta_publica_2020.pdf)

<sup>90</sup> Municipalidad de Papudo. (2020). Op. Cit.

<sup>91</sup> Ministerio de Agricultura. Comisión Nacional de Riego. Estudio Básico. Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en las Cuencas de los ríos La Ligua y Petorca. Informe Final. Tomo II. (Noviembre 2016). Pág 284.

<sup>92</sup> FAO. Gobierno de Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Proyecto “Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuicola Chileno al Cambio Climático”. Recuperado de <https://www.subpesca.cl/>

- 
- <sup>93</sup> Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Ministerio del Medio Ambiente. (2015). Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura. Elaborado en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Pág 33. Disponible en [www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl)
- <sup>94</sup> Merino, H. (2018, Octubre). Cambio Climático: Los Desafíos de las Costas de Chile. ENFOQUE. Recuperado de <https://revistaenfoque.cl/tsuna-mis-marejadas-y-el-cambio-climatico-los-desafios-de-la-costa-de-chile>
- <sup>95</sup> Merino, H. (2018, Octubre). OP. Cit.
- <sup>96</sup> Merino, H. (2018, Octubre). Op. Cit.
- <sup>97</sup> Merino, H. (2018, Octubre). OP. Cit.
- <sup>98</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Estudio análisis impacto de la sequía en sector agropecuario en Chile. Informe Final. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26338>
- <sup>99</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Op. Cit.
- <sup>100</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Op Cit.
- <sup>101</sup> CIREN. SITRural. Región de Valparaíso, Provincia de Petorca Comuna de Cabildo Recursos Naturales Y Proyectos. (Mayo, 2016). Pág 9.
- <sup>102</sup> Comisión Nacional de Riego. (2017, Abril). Estudio análisis impacto de la sequía en sector agropecuario en Chile. Informe Final. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26338>
- <sup>103</sup> Instituto Nacional de Estadísticas. Godoy, G. (Julio 2019). Prensa. Población extranjera residente en Chile llegó a 1.462.103 personas en 2020, un 0,8% más que en 2019. Disponible en: <https://www.ine.cl/prensa/2021/07/29/poblaci%C3%B3n-extranjera-residente-en-chile-lleg%C3%B3-a-1.462.103-personas-en-2020-un-0-8-m%C3%A1s-que-en-2019>
- <sup>104</sup> Teletrece. (23 de julio de 2021). Petorca: "No tenemos agua ni para tomar". [Video]. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=u2oFOFzk9gQ>
- <sup>105</sup> Teletrece. (23 de julio de 2021). Op. Cit.
- <sup>106</sup> Instituto Nacional De Estadísticas. Dirección Regional de Valparaíso. Migración Interna en la Región de Valparaíso. Censo de Población y Vivienda 2017. (Diciembre 2020). Pág. 26. Disponible en [https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-v/estadisticas-r5/boletines-informativos/migraci%C3%B3n/migraci%C3%B3n-interna\\_valpara%C3%ADso.pdf?sfvrsn=4efc6a19\\_4](https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-v/estadisticas-r5/boletines-informativos/migraci%C3%B3n/migraci%C3%B3n-interna_valpara%C3%ADso.pdf?sfvrsn=4efc6a19_4)
- <sup>107</sup> Federación de Juntas de Vigilancia de Ríos y Esteros. (Febrero 2019). Aplican multas de \$444 millones por extracción ilegal de agua en Petorca. Disponible en: <https://www.federacionjuntas.cl/noticias/aplican-multas-de-444-millones-por-extraccion-ilegal-de-agua-en-petorca>
- <sup>108</sup> Federación de Juntas de Vigilancia de Ríos y Esteros. (Febrero 2019). Op. Cit.