



**Universidad de Chile**  
**Facultad de Arquitectura y Urbanismo**  
**Escuela de Pregrado**  
**Carrera de Geografía**

# **IMPACTOS DE LA SALMONICULTURA CONTINENTAL EN LA SUBCUENCA DEL RAHUE PARA EL PERIODO DE 1995 – 2015, REGIÓN DE LOS LAGOS**

Memoria para optar al Título de Geógrafo

**RICARDO IGNACIO GARCÍA LASTRA**

Profesoras Guías: María Christina Fragkou y Beatriz Bustos Gallardo

Santiago – Valdivia  
2018

Memoria de título financiada por el Proyecto FONDECYT regular n°1160848  
“¿Regiones Commodity? Examinando las transformaciones territoriales de 40 años de  
modelo exportador. Comparando las experiencias de las Regiones de Antofagasta  
(minería) y Los Lagos (salmonicultura)”

## Agradecimientos

Esta investigación no solo fue fruto propio, sino de los esfuerzos de un conjunto de personas que me apoyaron, y de sucesos que permitieron continuarla. Dedicarme este logro personal no sería justo ni real, detrás de cada párrafo hubo sacrificios personales y familiares, si bien no es un hito histórico, ni tampoco será el trabajo que “cambie al mundo” como uno cree de manera ilusa al comenzar el proceso de título, no es menos importante, ya que se trata de un logro en conjunto, y del término de un ciclo personal. Por esto quiero agradecer a mi familia, a *María Ignacia*, por tu paciencia, cariño y compañerismo en todo este largo y difícil proceso, donde me motivaste a continuar cuando me hacía falta, muchas gracias de corazón, a mi *madre* y mi *padre* por entregarme un crecimiento sano y a salvo, de cuidarme y darme un hogar a pos de postergar sus propios sueños, por sus años de trabajo y amor, los que no culminan en este trabajo, pero si forman parte fundamental del mismo, les agradezco con el alma. A mis *hermanas* y *hermano* a los que a estas alturas de la vida nos ha tocado procesos similares de crecimiento personal, siendo sus dificultades también mías, por lo que también son parte de este proyecto. A mis *sobrin@s* por darme sonrisas cuando las necesité y por motivarme a continuar. A mis *amig@s* que, a pesar de la distancia, me han apoyado en momentos difíciles, me han hecho reír, y me han ayudado a ver la vida con otros ojos, a ustedes, ¡son lo mejor! También quiero agradecer a mis profesoras guías, *María Christina Fragkou* y *Beatriz Bustos* por darme la oportunidad de participar en este proyecto, por apoyarme y por darme los tiempos que necesité para continuar. A *Christian* por aconsejarme en esta investigación y por ser un excelente compañero de laboratorio. Agradezco también a todas las personas anónimas que participaron en esta investigación, tanto ajenas al proyecto como parte de este, a los habitantes de la Subcuenca del Rahue que me abrieron las puertas y me brindaron parte de su tiempo, este trabajo es para ustedes. Por último, más que agradecer quiero dedicar esta investigación a mi hija, *Amelia*, eres la persona más especial para mí, disfruta de la vida y de sus detalles, aprecia a los seres vivos en todas sus formas y ama a este planeta, tal cual como lo hago contigo, presévalo, cuídalo, también es tu hogar...

*“...si yo levanto mi grito, no es tan solo por gritar, perdónenme el auditorio si ofende mi caridad”*

*Violeta Parra*

## Índice de Contenido

Agradecimientos .....	2
Índice de Figuras .....	6
Índice de Tablas .....	9
<b>1. CAPÍTULO PRIMERO INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>10</b>
1.1    Introducción y planteamiento del problema.....	11
1.2    Presentación del caso de estudio .....	14
1.2.1    Características generales .....	16
1.2.2    Hidrología Superficial.....	16
1.2.3    Clima, Vegetación y Fauna.....	17
1.3    Objetivos .....	21
1.3.1    Objetivo General.....	21
1.3.1    Objetivos Específicos .....	21
<b>2. CAPÍTULO SEGUNDO ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>22</b>
2.1    Contextualización de la Salmonicultura en Chile .....	23
2.1.1    El Proceso Histórico y Legal .....	23
2.1.2    El Proceso de cultivo .....	28
2.1.3    Tipos de centros de cultivo en aguas dulces .....	31
2.1.4    La evolución de los centros de cultivo y de la producción de smolts.....	33
2.2    Estado del arte de los impactos de la salmonicultura en aguas dulces .....	35
2.2.1    De los impactos por nutrientes .....	36
2.2.2    De las enfermedades y antibióticos .....	39
2.2.3    Sobre los escapes de peces y amenazas de conservación .....	40
2.2.4    Sobre los efectos sociales .....	41
2.3    Eutrofización y grado de trofia de las aguas: Nutrientes y parámetros relacionados.....	42
2.4    La Percepción humana del territorio .....	46
2.4.1    De las variables del entorno y las vivencias.....	48
2.4.2    De las actitudes y comportamientos .....	50
2.4.3    La Percepción como herramienta .....	51
<b>3. CAPÍTULO TERCERO METODOLOGÍA .....</b>	<b>53</b>
3.1    Descripción de los pasos metodológicos .....	54
3.2    Objetivo N°1 .....	56
3.3    Objetivo N°2 .....	57

3.4	Objetivo N°3 .....	59
3.5	Limitaciones de la investigación.....	61
3.6	Justificación del caso de estudio.....	62
4.	<b>CAPÍTULO CUARTO RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
4.1	Evolución demográfica y productiva de la Subcuenca del Rahue .....	64
4.1.1	Evolución demográfica .....	64
4.1.2	Evolución productiva y económica.....	65
4.1.3	Caracterización Salmonícola .....	72
4.2	Evolución de los parámetros físicos - químicos de los cuerpos de agua superficiales y la injerencia de la salmonicultura y otras actividades. ....	79
4.2.1	Situación del Lago Rupanco .....	79
4.2.2	Situación de los ríos Coihueco y Rahue .....	94
4.3	Percepción de los impactos ambientales en la Subcuenca del Rahue.....	106
4.3.1	Resultados de las encuestas y entrevistas .....	108
4.3.2	Percepción sobre los distintos impactos ambientales en la subcuenca....	121
5.	<b>CAPÍTULO QUINTO DISCUSIONES.....</b>	<b>130</b>
6.	Conclusión y recomendaciones finales .....	135
7.	Bibliografía.....	138
8.	Anexos .....	146
8.1	Anexo N°1 Centros de Salmones de agua dulce en la Décima Región.....	146
8.2	Anexo N°2 Enfermedades de peces y mortalidad de las distintas instalaciones .....	148
8.3	Anexo N°3 Respaldo metodológico de la investigación .....	148
8.4	Anexo N°4 Cartografía de las estaciones de muestreo del Lago Rupanco en los estudios de Campos, 1995 y DGA, 2013.....	151
8.5	Anexo N°5 Cuerpo de la Encuesta .....	152
8.6	Anexo N°6 Cuerpo de Entrevista .....	156
8.7	Anexo N°7 Consentimiento Informado para Entrevistas .....	157
8.8	Anexo N°8 Características Geológicas .....	158
8.9	Anexo N°9 Características Lago Rupanco.....	159
8.10	Anexo N°10 Características del Río Rahue y Coihueco.....	160
8.11	Anexo N°11 Características Climatológicas de la Subcuenca.....	161
8.12	Anexo N°12 Características de Vegetación de la Subcuenca .....	163
8.13	Anexo N°13 Muestreo vertical del Pt, Nt, y Chl – a de las estaciones del Lago Rupanco, periodo 1994 -1995 .....	164



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

8.14	Anexo N°14 Comportamiento general de los Nutrientes y parámetros por estación de muestreo Estudio de Campos (1995) .....	165
8.15	Anexo N°15 Muestreo vertical del Pt, Nt y Chl - a de las estaciones del Lago Rupanco, periodo 2012- 2013 .....	166
8.16	Anexo N°16 Comportamiento de otras variables para el muestreo de las estaciones del Lago Rupanco, 2012 - 2013 .....	167
8.17	Anexo N°17 pH del lago Rupanco, DGA (2013).....	168
8.18	Anexo N°18 Comportamiento de otras variables de los ríos Rahue y Coihueco .....	169
8.19	Anexo N°19 Resumen de Ingresos de Nutrientes a los Cuerpos de Agua de la Subcuenca del Rahue y participación según su fuente, 1995 – 2015.....	170
8.20	Anexo N°20 Resultados Gráficos de las Preguntas de la Encuesta.....	172
8.21	Anexo N°21 Registro Fotográfico de Terreno .....	191

## Índice de Figuras

Figura 1: Cartografía Área De Estudio, Subcuenca Del “Rahue” O “Río Rahue” .....	15
Figura 2: Mapa Batimétrico del Lago Rupanco.. .....	20
Figura 3: Cosechas de la industria salmonera en la Décima y Onceava Región en miles de toneladas para el periodo 2000 – 2015.....	27
Figura 4: Características del alimento acorde crece el pez salmonídeo.....	30
Figura 5: Necesidades alimenticias del pez acorde crece (Salmonídeos).....	30
Figura 6: Ciclo de vida del Salmón Atlántico en ambiente natural.....	31
Figura 7: Tipos de Cultivos en aguas terrestres.....	32
Figura 8: Centros de Cultivo en Agua Dulce.....	33
Figura 9: Evolución de los Centros de Cultivo en Aguas Dulces en la Décima Región (1995 – 2016).....	34
Figura 10: Cosechas anuales de Smolts en toneladas para distintas Regiones del sur del país (Periodo 2000 – 2017).....	34
Figura 11: Distribución de la materia orgánica en el cuerpo de agua desde las piscinas.....	38
Figura 12: Ciclo del Nitrógeno.....	44
Figura 13: Ciclo del Fósforo.....	45
Figura 14: Evolución demográfica de Cancura 2002 – 2015.....	65
Figura 15: Número de trabajadores dependientes anual de la ganadería por comuna (2005 – 2015).....	66
Figura 16: Cartografía de Evolución Uso De Suelo Subcuenca Del “Rahue”.....	69
Figura 17: Cartografía N°3 Evolución De Actividades Subcuenca Del “Rahue”.....	70
Figura 18: Evolución Centros de Cultivo en la Subcuenca del Rahue.....	73
Figura 19: Evolución Producción de Smolts en toneladas en la Subcuenca del Rahue (1995 - 2015).....	75
Figura 20: Dinámica de producción anual de smolts para la Subcuenca del Rahue, promedio de los entre los años 2000 - 2015.....	76
Figura 21: Dinámica de producción mensual de smolts para la Subcuenca del Rahue por periodos, 2000 - 2015.....	76
Figura 22: Producción anual de salmonídeos en la Subcuenca del Rahue, 2000 – 2015.....	76
Figura 23: Variables Lago Rupanco 94' - 95' y Límites según la OCDE 82' y Nürnberg... ..	81
Figura 24: Variables Rupanco 2012 - 2013 y Límites según la OCDE 82.....	82
Figura 25: Ingreso de Nitrógeno total al Lago Rupanco 1995 – 2015.....	84
Figura 26: Ingreso de Fósforo total al Lago Rupanco 1995 – 2015.....	84
Figura 27: Porcentaje de Ingreso de Nitrógeno total al Lago Rupanco por diversas fuentes (1995 - 2015).....	85
Figura 28: Porcentaje de Ingreso de Fósforo total al Lago Rupanco por diversas fuentes (1995 - 2015).....	85
Figura 29: TSI Mensual periodo 1994-1995.....	87
Figura 30: TSI estacional periodo 2012 – 2013.....	88
Figura 31: Comparación Carga Crítica y Calculada de Fósforo total en el Lago Rupanco (mg*año*m2) desde 1995 al 2015.....	88
Figura 32: Niveles de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato Estación Rio Coihueco antes junta Pichicope (2000 - 2011).....	94
Figura 33: Niveles de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato Estación Rio Rahue en Desagüe Rupanco (2000 - 2011).....	95

Figura 34: Niveles de Nitrógeno de Nitrate y Fósforo de Ortofosfato Estación Río Rahue en Longitudinal (2000 - 2011).	95
Figura 35: Promedio de Nitrógeno de Nitrate por periodos en las estaciones de Calidad de Agua.	96
Figura 36: Promedio de Fósforo de Ortofosfato por periodos en las estaciones de Calidad de Agua.	96
Figura 37: Ingreso Nitrógeno Total al Río Coihueco 1995 - 2015 (Casos 1 y 2).	100
Figura 38: Ingreso Fósforo Total al Río Coihueco 1995 - 2015 (Casos 1 y 2).	100
Figura 39: Ingreso Nitrógeno Total al Río Rahue 1995 - 2015 (Casos 1 y 2).	100
Figura 40: Ingreso Fósforo Total al Río Rahue 1995 - 2015 (Casos 1 y 2).	101
Figura 41: Porcentaje del total del Ingreso de Nitrógeno total al Río Rahue (Caso 2) 1995 – 2015.	101
Figura 42: Porcentaje del total del Ingreso de Fósforo total al Río Rahue (Caso 2) 1995 – 2015.	102
Figura 43: Espacialización de la encuestas en la Subcuenca del Rahue.	107
Figura 44: Tipo de percepción de la industria salmonera según localidad de la subcuenca.	117
Figura 45: Cartografía de Evolución de los Centros de Cultivos en aguas dulces, Región de Los Lagos.	146
Figura 46: Cartografía del Estado Actual de los Centros de Cultivo con acercamiento a los estuarios de Maullín.	147
Figura 47: Cartografía de Microcuencas del área de estudio.	149
Figura 48: Cartografía de las estaciones de muestreo del Lago Rupanco en los estudios de Campos, 1995 y DGA, 2013.	151
Figura 49: Cartografía de Composición Geológica 1 Subcuenca del Rahue.	158
Figura 50: Cartografía de Composición Geológica 2 Subcuenca del Rahue.	158
Figura 51: Gráfico Variación altura del Lago Rupanco 2000 – 2015.	159
Figura 52: Gráfico Variación promedio mensual de la altura del Lago Rupanco (Promedio 2000 – 2015).	159
Figura 53: Gráfico Variación del caudal promedio anual Río Coihueco antes junta Pichicope 1995 – 2015.	160
Figura 54: Gráfico Variación del caudal promedio mensual Río Coihueco antes junta Pichicope 1995 – 2015.	160
Figura 55: Gráfico Variación promedio anual del caudal Río Rahue en Desagüe Rupanco 1995 – 2015.	160
Figura 56: Gráfico Variación promedio mensual del caudal Río Rahue en Desagüe Rupanco 1995 – 2015.	161
Figura 57: Cartografía de Estaciones de cuerpos de aguas e Isoyetas, DGA.	161
Figura 58: Cartografía de Clasificación Climática Subcuenca.	162
Figura 59: Gráfico Registro histórico de pp medias anual (1995 – 2015) para las estaciones Rupanco y A. Matthei.	162
Figura 60: Gráfico Temperaturas promedios históricos (1995 – 2015) Estación Adolfo Matthei.	162
Figura 61: Cartografía de Pisos de Vegetación Subcuenca del Rahue.	163
Figura 62 - 70: Gráficos de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila – a de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 1994-1995. Campos, 1995.	164
Figura 71 – 76: Comportamiento estacional de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila – a	

de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 1994-1995.....	165
Figura 77 - 85: Gráficos de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila – a de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 2012-2013.....	166
Figura 86 - 91: Gráficos del comportamiento del Disco de Secchi y el Oxígeno Disuelto para las estaciones de muestreo en el Lago Rupanco, 2012-2013, DGA, 2013.....	167
Figura 92 – 94: pH de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco.....	168
Figura 95: Gráfico de evolución del Oxígeno Disuelto en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015) .....	169
Figura 96: Gráfico de evolución de la temperatura en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015).....	169
Figura 97: Gráfico de evolución del pH en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015).....	169
Figura 98 - 135: Gráficos de las preguntas de la encuesta aplicada en las distintas localidades.....	172
Figura 136: Sector Desembocadura Estero Pichil, Pichil, 2018.....	191
Figura 137: Espumas en las aguas de la Desembocadura del Estero Pichil, Pichil, 2018.....	191
Figura 138: Puente Cancura, Cancura 2018.....	192
Figura 139: Vista del Lago Rupanco desde la localidad Desagüe Rupanco, 2018.....	192
Figura 140: Centro de Cultivo visto desde el Desagüe del Lago Rupanco, 2018.....	193
Figura 141: Desagüe del Lago Rupanco/Nacimiento Río Rahue, 2018.....	193
Figura 142: Algas en las rocas del Desagüe del Lago Rupanco, 2018.....	194
Figura 143: Centro de Cultivos del Lago Rupanco visto desde Piedras Negras, 2018...	194
Figura 144: Panel del Centro de Cultivo Rupanco, Salmones Austral, Piedras Negras, 2018.....	195
Figura 145: Instalación Centro de Cultivo Rupanco, Salmones Austral, Piedras Negras, 2018.....	195
Figura 146: Terreno Salmones MultiExport, camino a Piedras Negras, 2018.....	195

## Índice de Tablas

Tabla 1: Superficie por comuna sobre la Subcuenca del Rahue. ....	14
Tabla 2: Precipitaciones totales y promedios por periodos según estaciones pluviométricas de la Subcuenca del Rahue. ....	18
Tabla 3: Periodos de Cultivos de los Salmónidos. ....	29
Tabla 4: Concepto asociados por tipo de impacto de la salmonicultura. ....	35
Tabla 5: Parámetros para identificar el grado de trofia según diferentes autores. ....	45
Tabla 6: Resumen de los insumos y productos metodológicos para cada objetivo. ....	55
Tabla 7: Fuentes y Parámetros utilizados para determinar los grados de trofia. ....	58
Tabla 8: Fórmulas utilizadas para determinar el contenido de nutrientes. ....	58
Tabla 9: Encuestas y Entrevistas. ....	60
Tabla 10: Códigos utilizados para la clasificación de los relatos. ....	61
Tabla 11: Población Aproximada por Subcuenca del Área de Estudio. ....	64
Tabla 12: Evolución del Ganado en la Décima Región. ....	66
Tabla 13: Comparación de Usos de Suelo en la Subcuenca del Rahue 2000 – 2015. ....	67
Tabla 14: Número de instalaciones industriales cercanas a las localidades de la subcuenca. ....	67
Tabla 15: Resumen General de las Instalaciones Industriales de la Subcuenca del Rahue, 1995 – 2015. ....	68
Tabla 16: Variación del FCR y de la producción de smolts para el periodo 2000- 2015. ...	74
Tabla 17: Resumen de la producción de smolts por instalación salmonera en la Subcuenca del Rahue, 1995- 2015. ....	77
Tabla 18: Situación aeróbica de los centros de cultivo abierto en el lago Rupanco. ....	78
Tabla 19: Índice de Correlación entre el Nitrógeno y Fósforo total y Clorofila-a. ....	89
Tabla 20: Nutrientes potenciales vertidos por las diferentes instalaciones industriales en la Subcuenca. ....	98
Tabla 21: Porcentaje sobre las percepciones deterioro de calidad y cantidad de agua de acuerdo con las zonas donde habitaban los encuestados (zona de ríos y zona del lago). ....	109
Tabla 22: Porcentaje sobre precepción deterioro de calidad y cantidad de agua de acuerdo con las zonas donde habitaban los encuestados (zona de ríos y zona del lago). ....	111
Tabla 23: Resumen de los comentarios sobre las instalaciones salmoneras, pregunta N°22 de la Encuesta. ....	120
Tabla 24: Enfermedades de peces en agua dulce (adaptado de FAO 2010). ....	148
Tabla 25: Mortalidades obtenidas en distintos sistemas productivos. ....	148
Tabla 26: Coeficiente de exportación de nutrientes por uso de suelo. ....	148
Tabla 27: Imágenes satelitales utilizadas para la fotointerpretación del uso de suelo. ...	149
Tabla 28: Entrevistad@s y su seudónimo en la investigación. ....	150
Tabla 29: Parámetros morfométricos Lago Rupanco. ....	159
Tabla 30: Resumen de PP medias anuales para las isoyetas 2000, 3000 y 4000, según estimación realizado de la estación pluviométrica Rupanco (Variación porcentual). ....	163
Tabla 31: Resumen de Ingresos de Nutrientes a los Cuerpos de Agua de la Subcuenca del Rahue (1995 – 2015). ....	170
Tabla 32: Participación porcentual en el ingreso de nutrientes hacia los cuerpos de agua de la Subcuenca del Rahue por las distintas fuentes, 1995 – 2015. ....	171

# CAPÍTULO PRIMERO INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1 Introducción y planteamiento del problema

En las últimas décadas la industria acuícola ha crecido de forma exponencial en todo el globo, tanto así que ha superado la brecha de producción de pesca mundial entre las décadas 60' y 70' (FAO, 2015), demostrando su rentabilidad productiva y económica. La expansión de esta actividad ha llegado a varios países en los que se incluye Chile, teniendo un gran impacto en este último que lo llevo a nombrarse el segundo país productor de salmónes a nivel mundial. Ahora bien, dicho logro no pudo ocurrir si no a un fuerte proceso histórico de invasión de especies foráneas, principalmente la trucha y el salmón (Camus, 2009 y Sepúlveda, Arismendi, Soto, Jara, & Farias, 2013) Es en el último cuarto del siglo XX en adelante cuando la acuicultura comienza a tomar mayor forma. Durante la dictadura militar se impulsó legislativa y financieramente la industria, apoyando a entidades privadas y creando leyes que favorecieran el libre uso de los bienes nacionales acuáticos, todo esto bajo la perspectiva del modelo neoliberal, donde se buscaba expandir la economía nacional a través de regulaciones que beneficiaran al privado para imponerse en la competencia global de producción acuícola. Sumado a la ciencia y tecnología de aquellos años, fue posible la creación de las primeras piscinas de cultivo de salmón y trucha en la Región de Los Lagos. Luego de años de desarrollo, de error y aprendizaje, la industria acuícola se presenta como la actividad económica más potente de la Región y de la zona sur del país.

La crisis del virus ISA en los años 2007 - 2010 ocasionó un gran daño ecológico al sistema acuático marino, pero también generó costos sociales; las comunidades que se sustentaban de los recursos del mar, como los pesqueros artesanales, se vieron fuertemente afectados. Tras esto se han realizado estudios sobre los impactos de la industria acuícola y los efectos adversos que tiene sobre el fondo marino y las especies que en el habitan; algunos ejemplos son los provenientes de organizaciones como Ecoceanos (2006), Fundación Terram (2010), y la World Wild Fund (2006 y 2007). Las legislaciones que rigen a la salmonicultura también fueron modificadas y robustecidas en pos de mejorar las condiciones sanitarias de la industria y el resguardo ambiental del entorno acuático. A pesar de esto, los estudios relacionados con los impactos en aguas continentales siguen siendo escasos. En el continente, la acuicultura se desarrolla en piscinas y embalses que se encargan de la primera etapa de desarrollo de los salmónes y truchas; las ovas, alevines y smolts; además, los diversos tipos de instalaciones existentes utilizan los cuerpos de agua de manera distinta, por ende, sus impactos difieren con la realidad de las zonas costeras donde se encuentran los módulos de engorda de peces. Según diversos investigadores los efectos principales generados por esta actividad se asocian a cambios ecológicos en los ambientes que van desde el cambio trófico de los cuerpos de agua al potencial riesgo para la salud humana. La gran cantidad de materia orgánica dispuesta en las jaulas de peces que van desde alimentos a deposiciones puede ocasionar *Bloom de algas* debido al exceso de nutrientes de Nitrógeno y Fósforo, provocando cambios en los estados tróficos originales de los cuerpos de agua. El uso de antibióticos en las piscinas y que se disuelven en el agua puede alterar las defensas de los organismos vivos frente a patógenos naturales. El escape de salmónes es potencialmente dañino para la fauna nativa debido a la depredación y competencia de alimento, además, el consumo humano de estos peces por la pesca puede provocar problemas a la salud debido a enfermedades o presencia de fármacos en los

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

individuos. Tales efectos pueden perjudicar a las localidades donde se emplazan las instalaciones debido a su potencial de alterar la calidad de agua y por consiguiente el ecosistema en sí, no obstante, al mismo tiempo las pisciculturas y las concesiones pueden ser una buena fuente de empleo, sobre todo en zonas rurales con escasa variedad de oferta laboral, lo que puede generar visiones contrapuestas.

Actualmente existen una gran cantidad de centros acuícolas de agua dulce repartidas en toda la región, pero también, existen muchas otras actividades e industrias capaces de impactar de alguna manera las aguas. Como región dedicada al turismo y a la ganadería, existe una gran diversidad de potenciales contaminantes que pueden finalmente difuminar la real influencia de las instalaciones salmoneras. En el caso del Lago Llanquihue, cuerpo de agua donde se encuentran la gran mayoría de instalaciones acuícolas, se encuentra a merced de los vertimientos de aguas servidas provenientes de las zonas urbanas colindantes al lago y a los desechos de industrias cercanos, sumado el escurrimiento superficial de las praderas ganaderas y forestales. Tal presión sobre el lago ha generado en los últimos años un visible caso de *Bloom de algas* que ha sido denunciado por los habitantes de la zona y que según organizaciones locales se estaría dando paso a un proceso de sobrecarga de nutrientes que podría generar un daño irreparable (Palma, 2017).

En esta investigación tenemos el caso de la Subcuenca del Rahue, donde encontramos, con el transcurso de los años, una mayor presión industrial sobre las aguas. La presencia de centros salmoneros instaladas a lo largo de la subcuenca desde la década de los 90' es un caso interesante para estudiar, pero al mismo tiempo complejo. Con actividades que también impactan las aguas tales como frigoríficos, extracción de áridos, turismo, lecheras, ganadería y agricultura, sumado a los desechos producidos por localidades rurales, se hace difícil dilucidar los efectos de las instalaciones acuícolas. Ante tal situación surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los impactos producidos por la salmonicultura en la Subcuenca del Rahue? ¿Cómo se distribuyen estos impactos en el territorio y en el tiempo? Para tales interrogantes la presente investigación pretende develar en lo máximo posible los efectos producidos por la industria acuícola salmonera (y del resto de actividades) mediante una metodología técnica y a la vez práctica utilizando bibliografía y la *Percepción* de la gente que viven en las localidades rurales cercanas a los cuerpos de aguas de la subcuenca.

Lo relevante de esta problemática desde la mirada Geográfica radica en la complejidad investigativa, donde se requiere abordar varios aspectos, ya sean físicos y sociales, para dilucidar efectos producidos por un factor particular que interactúa con el territorio, en este caso la industria salmonera. Al reconocer y comprender el comportamiento de los impactos y beneficios asociados a las instalaciones salmoneras, y al analizar las perspectivas de uso de los habitantes sobre su territorio y sus recursos, es posible identificar los conflictos que surgen por los intereses comunes entre los dos actores, al mismo tiempo, que se reconocen los efectos potenciales que puedan deteriorar el medio ambiente. De esta manera, la mirada holística de la Geografía, donde se analizan todos los factores que influyen en la dinámica de los territorios y de los ecosistemas, permite discriminar los impactos de una actividad al comprender el comportamiento del resto de las variables. Es gracias a esto que esta investigación es también una herramienta e insumo para los estudios futuros, para que así



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

puedan revelar de manera cada más exhaustiva los conflictos y beneficios asociados a la salmonicultura.

Esta investigación se enmarca en el proyecto Fondecyt Regular 1160848 “¿Regiones Commodity? Examinando las transformaciones territoriales de 40 años de modelo exportador. Comparando las experiencias de las Regiones de Antofagasta (minería) y Los Lagos (salmonicultura)”, por lo que se espera que este estudio sirva de insumo para las directrices y objetivos del proyecto.

La memoria consta de cinco capítulos, que pretenden en su totalidad ser una representación evolutiva del caso de estudio y de los efectos ambientales y sociales asociados a las actividades presentes en ella.

Para el primer capítulo introductorio se exponen la problemática y las preguntas de investigación. También se presenta el caso de estudio y los antecedentes físicos generales desde un aspecto evolutivo, por último, se incluye el objetivo general y los específicos, directrices de esta investigación.

En el segundo capítulo se expone la Revisión Bibliográfica en la que se afirma teóricamente este informe. En primera instancia se expone la contextualización general de la salmonicultura en Chile, desde revelar los procesos por cómo se inició esta industria, los eventos ambientales que ha experimentado, la presentación del marco legislativo al que se somete y su posición en el mercado mundial; hasta describir el proceso productivo, desde las instalaciones en agua dulce a las que están en mar. Posteriormente se ahonda en el Estado del Arte de los efectos asociados a la acuicultura salmonera en Chile, lo que deriva en una nueva temática que se relaciona con la Eutrofización, proceso relacionado con los niveles de trofia que responden a los balances de nutrientes en los cuerpos de agua. Por último, se presenta la Percepción, que además de ser un concepto, se plantea como herramienta psico-social para revelar los efectos de la industria que no sean posibles de obtener cuantitativamente este estudio.

El tercer capítulo corresponde a la Metodología, la que tiene sus bases en el aspecto cuantitativo y cualitativo. Para darle orden se procedió a describir los pasos realizados por objetivo específico. Se utilizaron bases estadísticas de calidad de aguas desde estaciones limnológicas y estudios independientes para el análisis de los cuerpos de aguas, como también encuestas y entrevistas para revelar otros aspectos relacionados con los efectos de la industria salmonera. Se exponen todas las herramientas y tablas utilizadas para procesar la información.

En el cuarto capítulo se exponen los Resultados. Como fue dicho anteriormente estos tienen dos enfoques, cuantitativo y cualitativo. En el primer resultado se expone la evolución demográfica y productiva de la Subcuenca del Rahue, haciendo énfasis en la salmonicultura. Cabe destacar que este primer resultado se compone con información de gabinete y de terreno. El segundo resultado se describe el análisis de los datos estadísticos relacionados con los parámetros de calidad de los cuerpos de aguas presentes en la subcuenca. Dichos datos se sustentan en la revisión bibliográfica y en el respaldo metodológico de los capítulos anteriores y se enfocan principalmente en la representación

evolutiva de los elementos del Nitrógeno y Fósforo total y el parámetro Clorofila – a, los que están presentes en las aguas. En el último resultado con enfoque netamente cualitativo se exponen los resultados de encuestas y entrevistas relacionadas con la percepción social de los cambios del entorno, haciendo énfasis en la influencia de la industria acuícola y su efecto en los cuerpos de aguas. Aquí se ahonda en la problemática, relacionando los datos obtenidos con a la bibliografía utilizada destacando las congruencias e incongruencias más relevantes, resolviendo parcialmente el objetivo general de la investigación.

Y en el quinto capítulo de Discusiones se genera un dialogo los resultados obtenidos en vista de esclarecer las preguntas de investigación expuestas en la problemática. Tratando de ser sintético se exponen los alcances y limitaciones de la investigación como también las reflexiones finales. Por último, se comparten las conclusiones haciendo énfasis en la relevancia Geográfica de este estudio y las recomendaciones para investigaciones futuras.

## 1.2 Presentación del caso de estudio

El área de estudio comprende toda la Subcuenca del Rahue, también conocida del Subcuenca del Río Rahue, y se ubica en la Región de Los Lagos, Provincia de Osorno. (técnicamente se denomina “Subcuenca del Río Rahue hasta antes junta Río Negro”<sup>1</sup>). Cuenta con 2160 km<sup>2</sup> aproximadamente y abarca cuatro comunas: Osorno, Río Negro, Puyehue y Puerto Octay, siendo en esta última la que mayor territorio posee (62%) (ver Tabla 1 a continuación). Gran parte de la subcuenca se emplaza en la depresión central, mientras que el resto se encuentra zonas precordilleranas. El área se caracteriza por ser rural con una marcada actividad ganadera, sin embargo, en los últimos años se han comenzado a instalar diversas industrias (y actividades) a lo largo de la subcuenca que han diversificado el rubro local; Mataderos, Lácteos, Áridos, Forestales y Centros de Cultivo de Salmónidos, han ido abriendo nuevas alternativas de trabajo para el sector, pero al mismo tiempo nuevas fuentes potenciales de contaminación. Entre los cuerpos de aguas principales nos encontramos con el Lago Rupanco, de origen “glaciar”, y los ríos Rahue y Coihueco. A lo largo de los ríos y del lago encontramos con varios poblados rurales, siendo los de mayor importancia Cancura y Pichil a orillas del río Rahue, y Río Negro, El Encanto y Desagüe Rupanco a orillas del lago. Si bien la subcuenca cuenta con un turismo basado en la pesca deportiva, esta no es tan álgida como en otros sitios de la región.<sup>2</sup>

Comuna	Superficie total por Comuna (Ha)	Superficie total por Comuna en la Subcuenca (Ha)	% del área de la Comuna en la Subcuenca	% de la comuna en el área total de la Subcuenca
Puerto Octay	179341,60	132914,125	74,11	62,389
Puyehue	164227,34	53935,421	32,84	25,317
Osorno	95496,32	18417,243	19,29	8,645
Río Negro	126715,06	7774,159	6,14	3,649

Tabla 1: Superficie por comuna sobre la Subcuenca del Rahue Fuente: Elaboración propia, 2017.

<sup>1</sup> De acuerdo con el registro de capas digitales del IDE, 2017

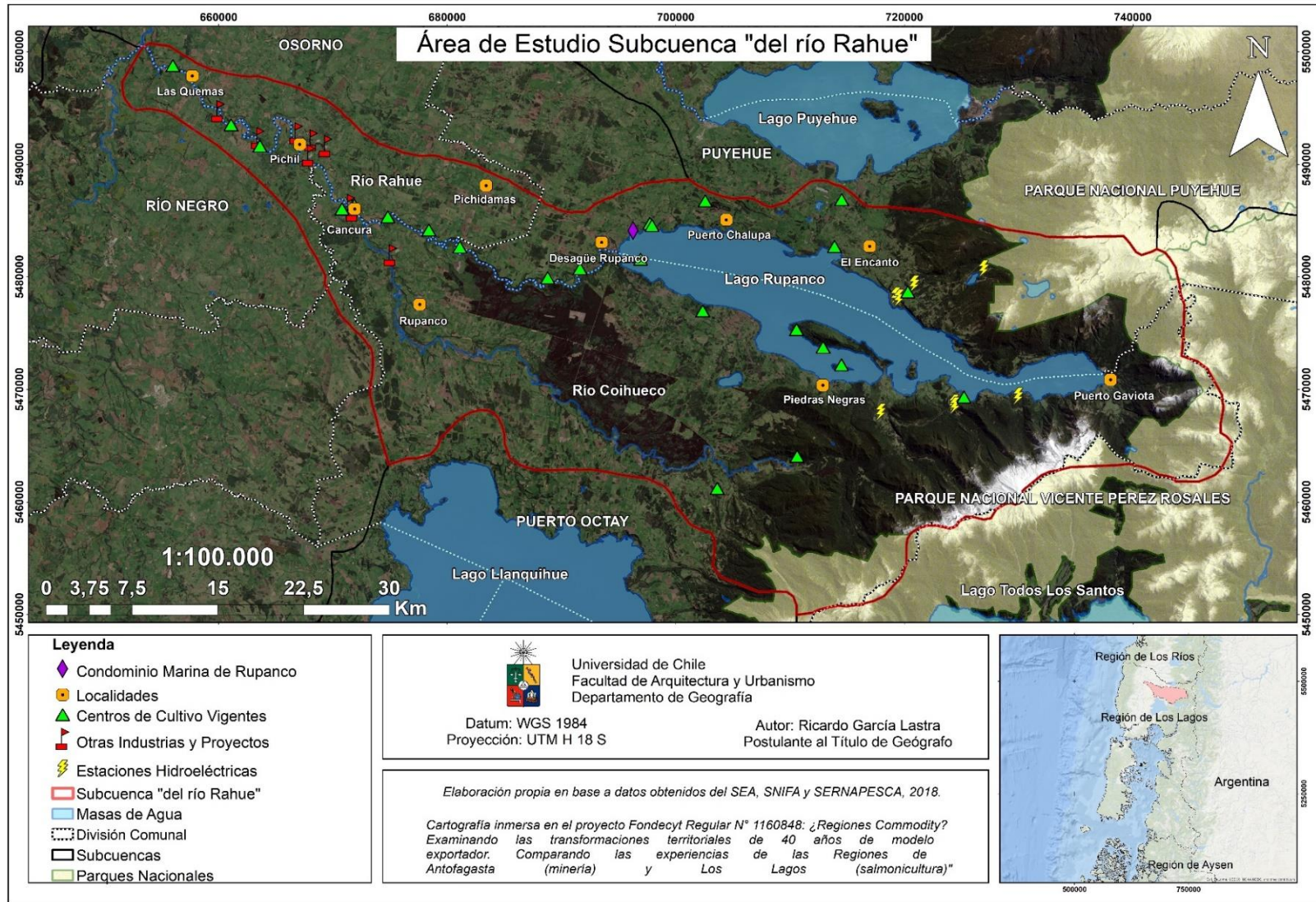


Figura 1: Cartografía Área De Estudio, Subcuenca Del "Rahue" O "Río Rahue". Elaboración propia, 2018.

## 1.2.1 Características generales

### 1.2.1.1 Geología

De acuerdo con la carta Geológica 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2003) la Subcuenca del Rahue está comprendida por diferentes composiciones geológicas que van desde Rocas Intrusivas a Secuencias Volcánicas y Sedimentarias (ver Figura 49 del Anexo N°8) Tomando en cuenta la dirección Oeste - Este, la subcuenca presenta en la cordillera rocas intrusivas del Mioceno compuestas de Granodioritas, dioritas y tonalitas (Mg), posteriormente en descenso le siguen secuencias volcánicas del cuaternario (Q3i), plioceno-pleistoceno (PPI3 y PI3) y oligoceno-mioceno (OM2c) con estratovolcanes y complejos volcánicos comprendidos de lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesítico-basálticos a dacíticos; luego, cubriendo la mayor parte de la subcuenca y ubicándose en el valle de la misma, se encuentran depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustres del pleistoceno-holoceno (Q1g1 y Q1g2), tales depósitos están compuestos por diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Por último, en la parte más occidental reaparece una secuencia volcánica del pleistoceno (PI3t) producto de piroclastos riolíticos que se asocian a calderas de colapso (ver Figura 50 del Anexo N°8). De acuerdo con Oyarzún *et al.*, (1997) los suelos que rodean al lago Rupanco en la zona norte y sur son derivados de cenizas volcánicas principalmente, suelen estar muy estratificados y presentan un buen drenaje.

### 1.2.2 Hidrología Superficial

En el área de estudio nos encontramos con dos tipos de cuerpos de agua superficiales principales: El lago Rupanco, y los ríos Rahue y Coihueco. El lago Rupanco se emplaza en la hoya hidrográfica del Río Bueno, en la ecorregión de Lagos Valdivianos, los que se caracterizan por ser en gran parte, oligotróficos (Soto, 2002; León-Muñoz, Tecklin, Fías, & Díaz, 2007; y Centro de Ecología Aplicada, 2014). Es de carácter Monomítico templado invernal (mezcla de aguas) y con estratificación en verano (Campos, 1995 y Soto, 2002) Se define también como lago de alta transparencia, baja productividad y resistente a perturbaciones químicas como el fósforo (Soto, 2002 y León-Muñoz, Tecklin, Fías, & Díaz, 2007) por lo que se considera Oligotrófico. De acuerdo con el estudio realizado por Centro de Ecología Aplicada (CEA) en el 2014 para la DGA, se establece que el lago Rupanco posee un menor grado de Clorofila – a (Chl – a) que sus compañeros aledaños (Puyehue y Llanquihue).

En cuanto a las características morfométricas, el lago se encuentra a una altura de 118 m.s.n.m., abarca una superficie de 235 km<sup>2</sup> aproximadamente y tiene una profundidad media de 163 m (ver Tabla 29 del Anexo N°9). Su origen es glacial ya que la ribera oeste está compuesta por depósitos morrénicos (Campos, 1995., SERNAGEOMIN, 2003., IGM, 2007) Posee una diversidad de afluentes, siendo el principal el río Gaviotas. El único efluente es el río Rahue (Campos, 1995). En los últimos 15 años el lago no ha presentado una variación abrupta en su altura, siendo el promedio en verano e invierno de 1,95 y 2,63 metros respectivamente (ver Figura 51 en Anexo N°9).

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

El mapa batimétrico del Lago Rupanco se puede apreciar en la Figura 2 de más adelante. En él se aprecia que zonas la bahía de Puerto Gaviotas, con poca superficie de espejo de agua, posee profundidades de hasta 260 metros, mientras que en la bahía de río Bonito solo llega hasta los 90 metros. La mayor profundidad se da en la zona más central y con mayor extensión, alcanzando más de 270 metros de profundidad.

El río Rahue tiene su origen en el desagüe del lago Rupanco, se caracteriza por ser un cuerpo de agua de baja turbiedad debido a las condiciones geomorfológicas, de vegetación y regulación lacustre. Es de régimen pluvial. En el área de estudio posee una superficie de 3,1 km<sup>2</sup> y es afluente del río Bueno. De acuerdo con los últimos 20 años, no ha presentado cambios abruptos en su caudal, siendo el promedio de verano e invierno de 75 y 200 m<sup>3</sup>/s. Los valores de oxígeno disuelto lo clasifican como río apto para la vida acuática (ver Figura 95 en Anexo N°18).

El río Coihueco nace a las faldas del cerro Puntiajado. De régimen Pluvial, posee, en el área de estudio, una superficie aproximada de 2,5 km<sup>2</sup> y es afluente del río Rahue. Su caudal ha tendido a estabilizarse al igual que el del río Rahue siendo el promedio de verano e invierno de 15 y 47 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Los valores de Oxígeno disuelto lo hacen apto para la vida acuática. (ver Figura 95 en Anexo N°18).

### 1.2.3 Clima, Vegetación y Fauna

#### 1.2.3.1 Clima

La Subcuenca del Rahue posee una variación climática la cual va acorde con la altura, es decir, en sentido oriente apreciamos un aumento de las precipitaciones y una disminución de las temperaturas. Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, actualizada por Sarricolea *et al.* (2016) para el país de Chile, en el área de estudio encontramos al menos tres grandes clasificaciones: Clima templado lluvioso con leve sequedad estival e influencia costera (Cfb (s) (i)), clima templado lluvioso con leve sequedad estival (Cfb (s)) y clima templado lluvioso (Cfb). Estas tres en orden de oeste a este, entre otras clasificaciones (ver Figura 58 en Anexo N°11). Las precipitaciones anuales medias en mm estimadas para cada sector son 1800 mm (Cfb (s) (i)) y 2100 mm (Cfb (s) y Cfb), Ahora bien, según las Isoyetas proporcionadas por la DGA, las precipitaciones cambian desde los 2000 hasta los 4000 mm en el área de clima templado lluvioso (Cfb) (ver Figuras 57 y 58 en Anexo N°11). Esto es evidente por acción orográfica donde aumenta las precipitaciones conforme aumenta la altura del relieve.

De acuerdo con las precipitaciones de las estaciones cercanas al área de estudio, de las isoyetas proporcionadas por la DGA, y por el estudio de Campos (1995), que realizó una medición pluviométrica anual para la subsubcuenca del lago Rupanco, se estima que las precipitaciones medias anuales varían desde los 1400 mm a los 4000 mm en sentido oeste-este). La zona de depresión intermedia posee, según el registro de las estaciones Adolfo Matthei y Rupanco, una precipitación media anual de 1444 mm. Su evolución histórica demuestra alternancia de años secos y lluviosos desde 1995 hasta 2008, donde comienza

a estabilizarse hasta la actualidad, pero sin variar mayormente la media anual (ver Figura 59 en Anexo N°11). De hecho, las precipitaciones promedios anuales para los periodos 1995 – 1999, 2000 – 2004, 2005 – 2010 y 2011 – 2015 demuestran que no existe una gran variación de mm caídos para las estaciones pluviométricas Adolfo Matthei y Rupanco entre dichos años (el máximo fue solo de 230 mm aproximadamente entre los periodos 1995 – 1999 y 2000 – 2004) (ver Tabla 2 a continuación). Según predicciones y lo medido en Campos (1995) la zona que corresponde al lago Rupanco y zonas aledañas presenta precipitaciones medias de 3000 mm anuales hasta 4000 mm. Esto corresponde a las isoyetas de la DGA (ver Figura 57 en Anexo N°11).

Periodo de Años	Estación A. Matthei		Estación Rupanco	
	Promedio (mm)	Suma (mm)	Promedio (mm)	Suma (mm)
1995 - 1999	1150,79	5753,96	1547,52	7737,60
2000 - 2004	1378,70	6893,50	1775,66	8878,30
2005 - 2010	1252,88	7517,30	1573,53	9441,20
2011 - 2015	1207,74	6038,70	1678,36	8391,80

Tabla 2: Precipitaciones totales y promedios por periodos según estaciones pluviométricas de la Subcuenca del Rahue. Fuente: Elaboración propia en base a datos de estaciones de la DGA, 2018.

En relación con las temperaturas, solo fue posible obtener un registro cercano al área de estudio y continuo en la estación Adolfo Matthei. La variación de las temperaturas no es tan abrupta, existen mínimas de 7° grados Celcius promedios en invierno y máximas de 16° y casi 17° grados promedios en verano. El promedio anual ronda los 11° grados, sin embargo, existe una tendencia ligera en el periodo de 20 años donde la media ha ido en aumento desde los 11,50° grados hasta los casi 12° grados (ver Figura 60 en Anexo N°11).

### 1.2.3.2 Vegetación

De acuerdo con los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff., (2006), en el área de estudio se debiese encontrar Bosques Caducifolios templado de *Nothofagus obliqua* y *Laurelia sempervirens* en la zona oeste, Bosques Laurifolios templado interior de *Nothofagus dombeti* y *Eucryphia cordifolia* en la zona intermedia y Bosques Siempreverdes templados interior de *Nothofagus Nitida* y *Podocarpus Nubigena* en la zona precordillerana; este último seguido de otro Bosque Caducifolio templado andino de *Nothofagus Pumilio* y *Drymys Andina*, entre otros pisos de Bosque Siempre Verde en la cordillera (ver Figura 61 del Anexo N°12). No obstante, de acuerdo con los usos de suelo y vegetación entregados por la CONAF (2013), gran parte de la zona oeste o más bien depresión intermedia de la subcuenca, se utiliza como pradera para el ganado, (con ciertas extensiones hacia la precordillera, bordeando el lago Rupanco) (ver Tabla 13 y Figura 16 del subcapítulo 4.1). Lo escaso de vegetación asilvestrada se comprende por matorrales en los que encontramos gramíneas como la Quila y arboles nativos como el Canelo, Ulmo, también hay tipos de *Nothofagus* como el Coihue. En las praderas es común hallar *Holcus Lanatus*, herbácea exótica de uso común en el pastoreo. En las plantaciones forestales se ocupan generalmente especies exóticas del *Eucalyptus* y arboles como el *Pinus Radiata*, entre otras.



### 1.2.3.3 Fauna

Entre la fauna que podemos encontrar en el área de estudio están los mamíferos cordilleranos y preferentes de bosques densos como el Puma, el Pudú, el Gato Montes. También podemos encontrar al Zorro Gris. Entre los mamíferos de agua dulce es característico el Huillín que se encuentra en peligro de extinción debido a la caza indiscriminada. En relación con las aves es común el Martín Pescador asociado a aguas lacustres y tranquilas. También se puede apreciar al Choroy y al Huet Huet (MAPAS de Chile, 2007).

Referente a la fauna íctica nativa es posible encontrar Lamprea de bolsa, Lamprea de agua dulce, Pocha y Pocha del Sur, al Bagre y Bagrecito, tipos de Puye, Peladilla/Farionela, Pejerrey Chileno y Perca Trucha (Trucha Criolla) (CONAMA, 2006). Entre las exóticas es común encontrar: Especies de salmonídeos como la Trucha Café (Brown), Arcoíris (Rainbow), Salmón Coho, Chinook y Atlántico, siendo la Trucha Arcoíris y el Salmón Atlántico los que más se encuentran en el Lago Rupanco (Soto *et al.*, 2006 y Arismendi *et al.*, 2009); y peces como la Carpa y Gambusia (Soto *et al.*, 2006 y SERNAPESCA, 2012). Muchas de las especies nativas nombradas anteriormente se encuentran en estado Vulnerable de conservación o con información Insuficiente (Campos *et al.*, 1998; CONAMA, 2006 y SERNAPESCA, 2012).

### 1.2.3.4 Valor Ecológico y Turístico

Es de importancia mencionar que la zona de estudio forma parte de la Ecorregión de Bosques Valdivianos (Luebert & Plischoff, 2005) los que corresponden a los únicos bosques templados lluviosos del continente sudamericano, relevando su valor ecológico al poseer un alto grado de endemismo de varias especies, no obstante, gran parte de los bosques que integraban la región han ido desapareciendo, según la Critical Ecosystem Partner Fund solo queda un 30% de ellos, siendo la deforestación por diversos motivos (Incendios, Plantaciones forestales, Pastoreo) la causa de su deterioro (CEP, 2018).

En relación con el turismo, según la Red Interlagos, el lago Rupanco figura como zona turística del circuito Norpatagonia que tiene como centro o polo a Entrelagos (MOP, 2018) sin embargo, aún no figura como una ZOIT al contrario que sus lagos vecinos. En la zona precordillerana nos encontramos con dos parques nacionales de la red SNASPE, el Parque Nacional Puyehue y el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales (ver Figura N°1 de este capítulo).

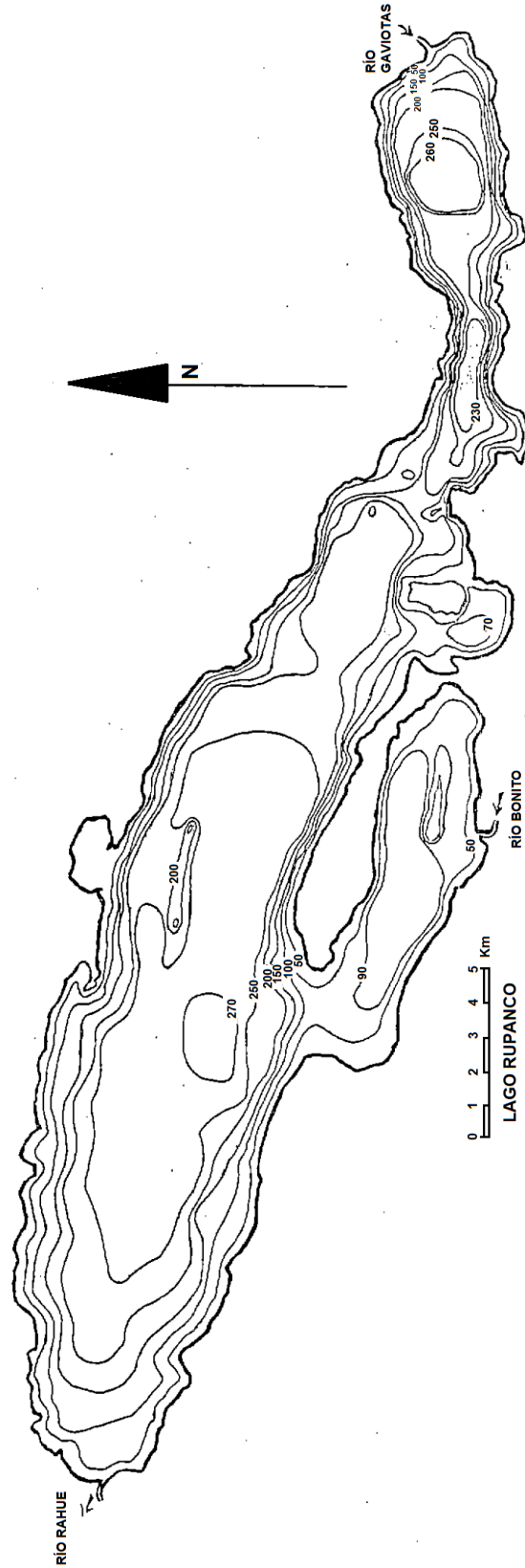


Figura 2: Mapa Batimétrico del Lago Rupanco. Fuente: Campos, 1995.



### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Identificar los impactos generados por la salmonicultura en la Subcuenca del Rahue, Región de los Lagos, desde su llegada en 1995 hasta el 2015, mediante el seguimiento evolutivo de la industria acuícola, actividades productivas, y disponibilidad y calidad de los cuerpos hídricos superficiales del caso de estudio.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

- Identificar la evolución demográfica y de las actividades productivas que impactan al ambiente, en la subcuenca para el periodo 1995 – 2015.
- Identificar los impactos producidos sobre la calidad de los cuerpos hídricos superficiales principales de la Subcuenca del Rahue por las instalaciones salmoneras y otras actividades para el periodo 1995 – 2015.
- Identificar los impactos de las instalaciones salmoneras y otras actividades en la Subcuenca del Rahue mediante la percepción de los habitantes rurales de la subcuenca.

## CAPÍTULO SEGUNDO ESTADO DEL ARTE

En este capítulo del Estado del Arte se expone una contextualización general de la industria salmonera, los impactos que genera y sus efectos sociales y físicos sobre el agua, además se presenta la *Percepción* como concepto y herramienta metodológica para responder las preguntas de investigación. Se comienza con la contextualización de la salmonicultura, ahondando en el proceso histórico, legal y productivo siendo relevante para comprender la situación diacrónica del caso de estudio. Posteriormente se presenta el Estado del Arte de los Impactos de la Salmonicultura, subcapítulo que se enfoca en todos los aspectos para tener en cuenta para comprender los efectos colaterales de la industria. De manera general, y en consecuencia misma de la naturaleza de la actividad, los impactos asociados están intrínsecamente ligadas a las alteraciones de los cuerpos de aguas. Las formas y grados de los efectos ambientales que genera la actividad dependen de la escala productiva y tipos de instalaciones. En esta segunda subtemática bibliográfica, los impactos recopilados y su explicación de interacción con el medio, principalmente el acuático, forma la base y justificación de la metodología estadística, y de mayor rigor, que se expone en el capítulo tres. Como tercera temática de la revisión bibliográfica se expone la Eutrofización y grado de trofia de las aguas y cuáles son los elementos que lo causan, analizando los parámetros relacionados y sus ciclos naturales. Esta revisión está íntimamente relacionada con la anterior ya que es uno de los efectos más mencionados por varios autores, además de ser reconocible mediante la lectura de datos históricos de la calidad de agua. Por último, se expone el concepto de *Percepción*. Dicho término posee relación con esta investigación debido a sus propiedades para la metodología cualitativa. Su planteamiento y comprensión ahonda en como los individuos viven, experimentan, entienden y valorizan las transformaciones de su entorno, lo que es un puente para resolver, desde la perspectiva humana, los cambios ocurridos en el territorio y como estos lo han afectado. Este concepto y proceso psicológico es una herramienta que considerar ya que toma como actor principal a las personas, las que viven y experimenta los cambios territoriales, transformándolos en una fuente directa de información y valorización del entorno siendo fundamental para resolver a las preguntas de investigación y a los impactos ambientales que no sean posible de dilucidar desde el enfoque cuantitativo. Las temáticas abordadas contextualización e impactos de la salmonicultura, eutrofización y percepción, se entrelazan para resolver la problemática y los objetivos específicos de esta investigación, además, también son una guía para reconocer que es necesario investigar previamente para entender los procesos de impacto ambiental, lo que ayudo al recopilar los antecedentes del área de estudio. La importancia geográfica de estas revisiones bibliográficas radica en la comprensión general del territorio, ya sea desde el aspecto físico, hasta los sociales y económicos, visualizando sus dinámicas a través de los años sobre la subcuenca, lo que ayuda a entender los efectos ambientales producidos (y así dilucidar en específico el de la industria salmonícola).

## 2.1 Contextualización de la Salmonicultura en Chile

### 2.1.1 El Proceso Histórico y Legal

La acuicultura es una actividad de cultivo organizada por el ser humano que se centra en la producción de diversos recursos hidrobiológicos, ya sea en cuerpos de agua dulce o salada, no obstante, la salmonicultura en Chile es la industria que se centra en la producción de peces perteneciente a la familia de salmonidaeas, principalmente de las especies Trucha

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Arcoíris, Salmón Atlántico o Salar y Salmón del Pacífico o Coho. Si bien es cierto que existen cultivos de algas, crustáceos y moluscos (estos últimos presentan una producción cada vez mayor en el país), la industria salmonera es la de mayor relevancia dentro de la acuicultura, siendo la segunda actividad exportadora a nivel nacional<sup>3</sup>.

La razón de la producción salmonera en Chile se debe a un proceso histórico de introducción de especies durante la mayor parte del siglo XX. Dicha invasión tiene registros desde inicio del siglo pasado, pero adquirió mayor fuerza en la década de los 60 en adelante por razones turísticas y deportivas (Camus, 2009, págs. 53 – 81, y Sepúlveda, Arismendi, Soto, Jara, & Farias, 2013) y no fue hasta la década de los 70', durante la dictadura militar que el interés en la producción acuícola proveniente de sectores privados y desde el estado, sumado a las condiciones geográficas propicias del sur de Chile para el cultivo de salmón (aguas prístinas y oligotróficas) dieron pie para lo que sería hoy en día una de las mayores industrias exportadoras del país. Hubo varias dificultades para la aclimatación de estas especies; la tecnología no daba sustento para un buen transporte e importación de ovas, sumada a la inexperiencia de las empresas y el estado, no obstante, varias organizaciones, entre ellas la Fundación Chile y la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa (JICA) e instituciones como la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA)<sup>4</sup> ayudaron a seguir impulsando la actividad que finalmente obtuvo frutos con las primeras exportaciones a fines de la década de los 80' y a comienzos de los 90' (Camus, 2009, págs. 81 - 100).

Entre las décadas de los 70' y 90' se llevaron a cabo distintas reglamentaciones que estipulaban las directrices de la incipiente acuicultura en el país y por ende a la salmonicultura, no obstante, la mayor parte se realizó en últimos años del siglo XX. En 1989 sale a la luz la Ley General de Pesca y Acuicultura modificándose en 1991 para crear los estatutos específicos de acuicultura<sup>5</sup> y reestructurando el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Durante el año 1993 se emite el Decreto N°290 sobre el Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura y que modifica la LGPA y establece las bases normativas para la aprobación de los centros de cultivo. Cabe destacar que en este decreto se encuentran los requisitos técnicos necesarios para aprobar la autorización o concesión y que debe ser desarrollada por el solicitante. En 1994 aparece la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente<sup>6</sup> que se completa el año 1997 con el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) mediante el Decreto Supremo N°30, iniciando una nueva manera de aprobar los proyectos acuícolas al exigir ciertos requerimientos técnicos para resguardar el medio ambiente. La Política Nacional de Uso del Borde Costero<sup>7</sup> aparece también en el año 1994 e influye posteriormente en la formación de las Áreas Apropriadadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA) que realiza la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura<sup>8</sup>. En los años 2001 se crean el Reglamento Sanitario (RESA) y el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA)<sup>9</sup>, los que se sustentan en las disposiciones generales

---

<sup>3</sup> Según los compendios estadísticos del Servicio Nacional de Aduanas de Chile 2016.

<sup>4</sup> Instituciones creadas bajo el Decreto Ley N°2442 de 1978.

<sup>5</sup> Leyes N°18.892 y N°19.079 respectivamente

<sup>6</sup> Ley N°19.300

<sup>7</sup> D.S. N°475

<sup>8</sup> Artículo N°67, LGPA

<sup>9</sup> Decretos Supremos N°319 y 320 respectivamente.

de la LGPA y la LBGMA y que establecen los parámetros de seguridad ambiental y sanitaria que deben seguir las distintas concesiones y autorizaciones de acuicultura. Cabe Destacar que en el RAMA se implementan los primeros protocolos ambientales para la acuicultura que son la Caracterización Preliminar del Sitio (CPS) y los Informes Ambientales (INFAs), mientras que el RESA establece las medidas de protección y procedimientos a seguir frente a enfermedades de alto riesgo. El mismo año (2001) se crea el Decreto Supremo N°90 que regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de Residuos Industriales Líquidos hacia aguas marinas y continentales (RILes), sometiéndose a esta nueva norma las instalaciones piscícolas en tierra (su vigencia comienza a regir en el 2002). En 2003 se dicta la Política Nacional de Acuicultura mediante el D.S. N°125, proponiendo las líneas de acción que debería de seguir la acuicultura para un desarrollo sustentable, no obstante, no tuvo mayor incidencia debido a su carácter directivo (Fuentes, 2014). El D.S. N°345 del año 2005 publica el Reglamento de Plagas Hidrobiológicas (REPLA) fomentando el resguardo ambiental y sanitario. El año 2007 aparece el primer brote de Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), virus que se esparce con rapidez ocasionando la crisis más grande de la industria salmonera hasta esa fecha y que duró hasta aproximadamente el año 2010. Esta crisis sanitaria provocó millonarias pérdidas, miles de muertes de ejemplares y despidos masivos que bordearon los 17.000 trabajadores para febrero del 2009 (Fundación TERRAM, 2010). Tras esto, el panorama institucional cambió, los empresarios comenzaron a exigir apoyo estatal al que antes se mostraban reacios, el gobierno comenzó a emitir resoluciones y decretos que robustecieron las legislaciones y dieron mayores atribuciones a las instituciones como SERNAPESCA y SUBPESCA, lo que fue muestra de un cambio en el paradigma del sistema de mercado actual, poniendo al estado como un ente necesario para regular y velar por la seguridad ambiental nacional (Fuentes, 2014). Durante los años 2008 y 2009 se modificaron el RESA y el RAMA, fortaleciéndolos mediante normas entre las cuales está el Decreto N°397 del año 2008 que modifica el RAMA y que potencia la seguridad ambiental mediante los CPS y las INFAs, a esta última el Artículo N°14 de dicho decreto estipula que desde ahora en adelante, las muestras químicas del sedimento de fondo de las instalaciones acuícolas deberán hacerse en laboratorios acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, lo que finaliza con la denominada “autofiscalización” que permitía el anterior RAMA donde los titulares designaban a una consultora de confianza que analizara las muestras del sustrato de fondo, siendo los resultados poco fiables al carecer de quien los fiscalice en el procedimiento; además, también se modifica el Artículo N°20 del RAMA prohibiendo continuar la producción en caso de anaerobia del sustrato de fondo o del cuerpo de agua, cuando previamente, con la misma condición, se permitía continuar durante un año más la producción y otro más si se reducía al 30%. En el caso del RESA mediante los Decretos Supremos N°416 del 2008 y N°349 del 2009, se extendieron las medidas sanitarias a los prestadores de servicios de la acuicultura, como centros de acopio, faenamiento y embarcaciones de transportes, también se obligó a las instalaciones de ensilar la mortalidad en compartimientos adecuados, entre otras modificaciones. Durante el periodo de los años 2010 y 2015 se dictaron nuevas leyes, entre ellas la Ley N°20.434 (2010), la Ley N°20.583 (2012) que cambiaron el modelo ambiental de la acuicultura ajustando las concesiones y reglamentando aún más las AAA, respetando las necesidades indígenas a través del convenio 169 de la OIT ratificado por Chile el año 2008 y la Ley N°20.249<sup>10</sup>, y las

---

<sup>10</sup> Ley que permite a los pueblos originarios solicitar espacios del borde costero con preferencia sobre otras solicitudes.

zonificaciones del borde costero del litoral propuestos por las instituciones regionales. Cabe destacar que la Ley N°20.434 prohíbe nuevas concesiones de acuicultura en lagos por no ser áreas aptas para la acuicultura y también prohíbe el cultivo intensivo en ríos, provocando un cambio en la dinámica de los sistemas de producción en las etapas de agua dulce del salmón: Las nuevas instalaciones de cultivo en el continente y que fueran de carácter intensivo deben ser ubicadas en tierra. Las concesiones emplazadas en lagos antes de la publicación de la ley seguirán con sus permisos mientras estas no incumplan con la reglamentación sanitaria y ambiental. Para el año 2012 y 2013 la industria enfrentó un problema sanitario relacionado principalmente con el Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) enfermedad que se adjudicaba más del 80% de las causas de muertes registradas para el salmón atlántico y la trucha arcoíris en esos años (AQUA, 2014), esto generó que las empresas utilizaran una cantidad más elevada de antibióticos para el año 2013; mismo año donde la pérdida de la industria relacionada con esta afección de peces supero los US\$ 100 millones (Fundación TERRAM, 2014). Lo complicado de la enfermedad se centraba en que se padecía en las etapas de producción del salmón, es decir, en etapas de mar, antes de la cosecha (AQUA, 2014).

Dependiendo de la ubicación de los centros de cultivo serán necesarias o no algunas tramitaciones para el efecto del ejercicio acuícola. Según la LGPA para realizar prácticas de acuicultura se debe presentar una solicitud por escrito a la Subsecretaría de Pesca la que finalmente otorgará la Autorización de Acuicultura a la personalidad jurídica luego de aprobar los aspectos técnicos y formales dispuestos en el Decreto N°290 sobre el Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura de 1993, que modifica la LGPA. Si la autorización se efectuara en un Bien Nacional de Uso Público<sup>11</sup> correspondería a una Concesión de Acuicultura<sup>12</sup> pasando a la competencia del Ministerio de Defensa Nacional de otorgarle el derecho de uso y goce del bien nacional al solicitante. Las Autorizaciones y Concesiones de Acuicultura son inscritas en el Registro Nacional de Acuicultura (RNA)<sup>13</sup> que está a cargo de SERNAPESCA. Dicha base de datos es actualizada constantemente y estar registrado en ella es una solemnidad habilitante para el ejercicio de acuicultura. Durante el 2013 se expuso un panorama general del Registro Nacional de Acuicultura donde se cuenta con 3.531 registros de los cuales 2.232 pertenecen a la décima Región. De estos solo 668 registros pertenecen al cultivo de especies de salmón, los otros cultivos corresponden (Solo por mencionar los más representativos) a Mitílidos (1098), Algas (482) y Ostreídos (423). Del total de centros 2094

---

<sup>11</sup> Según el artículo 589 del Código Civil: “Son bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda, y se clasifican en dos categorías: bienes nacionales de uso público, entendiéndose por estos aquellos cuyo uso pertenece a todos los habitantes de la nación; y bienes fiscales o del Estado, en referencia a aquellos cuyo uso no pertenece a todos los habitantes de la nación.” De acuerdo con el Código de Aguas de 1981, en el Artículo N°5 las aguas nacionales, sean marítimas o terrestres, son estipuladas como Bien Nacional de Uso Público. De esta manera, el uso y goce de las aguas nacionales quedan sujetas al derecho otorgado por el Ministerio de Defensa a través de la Subsecretaría de las Fuerzas Armadas.

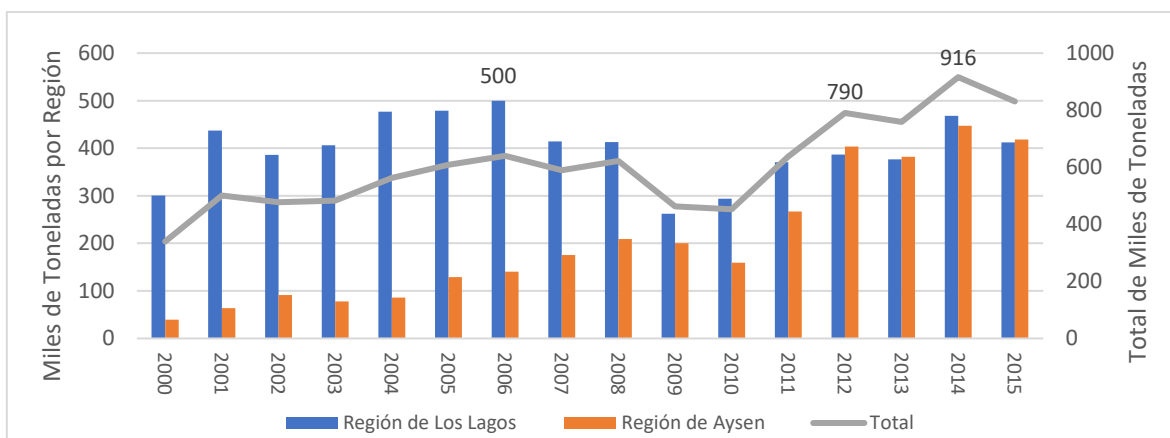
<sup>12</sup> “Concesión de acuicultura: es el acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona los derechos de uso y goce, por el plazo de 25 años renovables sobre determinados bienes nacionales, para que ésta realice en ellos actividades de acuicultura.” Ley General de Pesca y Acuicultura. Artículo N°2, N°10.

<sup>13</sup> Artículo N°69 de la LGPA crea el Registro Nacional de Acuicultura

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

corresponden a Concesiones Acuícolas, 17 a Hatchery y 121 a Pisciculturas (SERNAPESCA, 2013). La naturaleza de las especies de algas y moluscos bivalvos cultivados actualmente en territorio nacional les permiten solo desarrollarse en sistemas marinos y de estuarios<sup>14</sup>, por lo que las autorizaciones de pisciculturas y hatcheries registradas en territorio terrestre de la décima Región corresponderían a la industria salmonícola<sup>15</sup>.

En los últimos años, en pos de mantener un ambiente sustentable y seguro para poder continuar su producción, la industria se ha sometido a grandes cambios que han sido impulsados principalmente por el estado. A pesar de la crisis del virus ISA y la nueva reglamentación, la salmonicultura ha vuelto a generar buenas cosechas alcanzando picos históricos en el año 2014. En esta nueva dinámica de la industria, la Región de Aysén está tomando un papel protagónico abarcando casi el 50% de las producciones nacionales, junto con la ya veterana décima región (ver Figura 3 a continuación), no obstante, aún existen desafíos por resolver. Las etapas de agua dulce resultan ser cada vez más relevantes para las empresas a la hora de obtener buenos resultados en las cosechas; según las entrevistas hechas a varias firmas e investigadores por Pedro Barra para la revista Mundo Acuícola (2015), las fases de producción de ovas y smolts son cruciales para el “producto” final ya que en estas etapas existen altas tasas de mortalidad y contagio de enfermedades, por lo que su cuidado y atención influyen en la creación de generaciones de peces de óptima calidad; además, se afirma que existe un desconocimiento científico sobre la situación real en aguas dulces en comparación con las etapas de agua de mar, lo que puede ocasionar riesgos ambientales, sanitarios en los territorios donde se ubican las instalaciones de cultivo, afectando posteriormente la producción.



*Figura 3: Cosechas de la industria salmonera en la Décima y Onceava Región en miles de toneladas para el periodo 2000 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por SERNAPESCA mediante Solicitud de Información por la Ley de Transparencia, 2017.*

<sup>14</sup> Según recopilación bibliográfica de las especies cultivadas en Chile anexas al salmón y trucha mediante información entregada por SUBPESCA en el índice de especies Hidrobiológicas y en base al Anuario Estadístico del RNA, SERNAPESCA.

<sup>15</sup> Según los anuarios de cosechas acuícolas de SERNAPESCA existen otras especies de peces cosechadas como la Corvina o el Turbot. Ambas especies son tienen una producción muy ínfima en comparación a la salmonicultura. Además, estas son cultivadas en sistemas marinos y no terrestres.

### 2.1.2 El Proceso de cultivo

Como fue dicho anteriormente, la salmonicultura se enfoca principalmente en la producción de tres peces: Trucha Arcoíris, Salmón Atlántico o Salar y Salmón del Pacífico o Coho (también se incluyen Salmón Rey y la Trucha Café, aunque sus producciones son muy menores). La Trucha Arcoíris y el Salmón Coho son nativos del Océano Pacífico norte; el primero puede llegar a habitar en zonas subtropicales mientras que el segundo prefiere aguas más frías del norte, no obstante, ambos son vistos en áreas del Mar de Bering y alrededores. El Salmón Atlántico se distribuye por el norte del Océano Atlántico, desde las costas de Norte América y Europa; también es visto por el Mar Báltico, Mediterráneo y Negro. El ciclo biológico de estos tres tipos de salmón se inicia en aguas dulces para más tarde desplazarse hacia el mar y continuar su maduración, a excepción de la Trucha Arcoíris que biológicamente puede concluir su crecimiento en agua dulce (SUBPESCA, 2017). Una vez maduros sexualmente vuelven a la cabecera de los ríos donde nacieron para reproducirse.

Mediante diversos métodos la industria intenta reproducir el ciclo de vida de los salmones (ver Figura 6 más adelante) utilizando para ello instalaciones adecuadas que imitan las condiciones naturales en las que se desarrollan estos peces. El general el proceso global se puede dividir en dos etapas: Etapa de aguas dulces y etapa de aguas saladas, con excepción de los sistemas de estuarios donde confluyen ambos tipos de fluidos.

La primera etapa se puede subdividir en otras dos que corresponden a: Los centros de cultivo de desove, reproducción, eclosión de ovas y etapas tempranas de crecimiento de alevines, denominadas Hatchery; y los centros de crianza del pez hasta su esmoltificación (smolts) llamadas Pisciculturas, Concesiones y Jaulas/Balsas. En la etapa de agua dulce es imprescindible contar con aguas bien oxigenadas y lo más prístinas posibles. Dentro de las instalaciones existen maquinarias que permiten regular los parámetros de los fluidos y adecuarlas a las necesidades de cultivo y las especies. Según diferentes expertos y representantes de empresas, el cuidado de las aguas en las fases de eclosión y alevinaje son cruciales ya que existen altas tasas de mortalidad y de contagio de enfermedades (Barra, 2015) que perjudican en la disponibilidad de biomasa de una etapa a otra. Dentro de las instalaciones en tierra, es decir las pisciculturas, tenemos dos sistemas de cultivo: De flujo abierto y de flujo cerrados o de recirculación.

En los cultivos de mar los smolts son sembrados en jaulas-balsas y son alimentados constantemente hasta obtener su peso óptimo de venta, esta etapa también se conoce como engorda. Luego ocurre la cosecha donde los peces son sacados del mar y llevados a plantas de tratamiento para su posterior clasificación y exportación. En esta etapa también se obtienen los salmones que se utilizarán para la reproducción de la siguiente generación.

En cada una de las etapas mencionadas se realizan tareas de saneamiento, y recambio de las estructuras y que resultan ser distintas para cada instalación. También se realizan a lo largo de la cadena productiva prácticas de inmunidad aplicando antibióticos en los peces y/o jaulas para prevenir brotes y contagios de enfermedades que en muchos casos derivan



en la muerte de los ejemplares. Estas prácticas tienen una obligatoriedad legal impartidas por el RESA y el RAMA.

Respecto a las etapas tempranas de cultivo, no fue hace mucho que en suelo nacional se comenzó a producir ovas, de hecho anteriormente la industria salmonera se dedicaba más a importarlas, esta práctica fue muy común entre fines del siglo XX y a comienzos del XXI, no obstante, tras el inicio de la crisis del virus ISA en el 2007, la legislación sufrió una serie de modificaciones que la hizo más rígida frente temas sanitarios y ambientales, por lo que el RESA y el REPLA complicaron más los trámites para la importación de ovas. Además, debido a la incertidumbre sanitaria por parte del empresariado tras la crisis, se comenzó a robustecer la producción nacional de ovas por sobre las importaciones. Según artículo *El Dilema de la Producción de Ovas en Chile* de AquaChile (2015) la tendencia anual de importación de ovas bajo considerablemente, mientras que la producción nacional se encuentra cada vez más consolidada (años 2011 - 2014). No obstante, existen dificultades técnicas y de conocimiento que hacen que la elaboración nacional sea más cara. A la par con lo anterior, según Rodolfo Infante, gerente general de Stofnfiskur en Chile<sup>16</sup>, expone que la calidad sanitaria, genética y productiva de las ovas importadas sigue siendo superior a las de origen nacional (SalmonExpert, 2016), lo que finalmente afecta a toda la producción de peces cadena arriba, teniendo baja calidad de smolts, peces inadaptados al medio marino, terminando finalmente con indicadores de productividad más bajos.

Debido a la evolución técnica de la acuicultura, se ha podido controlar relativamente la producción general anual de las instalaciones en tierra mediante el manejo de parámetros como la temperatura y el fotoperiodo. De esta manera se puede manejar la eclosión de las ova ojo (Barra, 2015) y también el proceso de esmoltificación de los peces (Orrego, R., 2015). Ahora en los centros de lagos y mar el periodo de cultivo es más variado debido al hecho de no poder controlar todos los parámetros biológicos (exceptuando la alimentación), no obstante, existen ciclos generales de producción para las etapas de esmoltificación y de engorda en mar y duran en promedio un año (ver Tabla 3 a continuación).

Tipo de Pez	Agua Dulce		Agua de Mar	
	Incubación	Alevinaje y Smoltificación	Engorda en Mar	
	AquaChile (2011)	AquaChile (2011)	AquaChile (2011)	SalmonChile (2017)
Salmón Atlántico o Salar	2 a 2,5 meses	12 a 13 meses	17 a 18 meses	15 a 20 meses
Salmón Coho	2 a 2,5 meses	9 a 10 meses	9 a 10 meses	10 a 12 meses
Trucha Arcoíris	2 a 2,5 meses	10 a 12 meses	10 a 11 meses	10 a 12 meses

Tabla 3: Periodos de Cultivos de los Salmónidos. Fuente: AquaChile (2011) y SalmonChile (2017).

La cantidad de alimento a aplicar en los cultivos varía de acuerdo con la etapa biológica del pez el cual va cambiando sus necesidades de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales acorde va creciendo. De acuerdo con Lall (2009) para la FAO el tamaño del alimento aumenta mientras más engorda el pez, así mismo ocurre con el porcentaje de Nitrógeno presente en él, no ocurre así con el Fósforo el cual desciende, aunque no tan notoriamente (de un 1,5 a un 1,1) (ver Figura 4 a continuación). Para el caso de las proteínas y las fibras,

<sup>16</sup> Empresa Internacional dedicada a la producción y comercialización de especies hidrobiológicas

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

entre ellas son inversamente proporcional acorde aumenta el peso corporal del pez, explicando que, en etapas tempranas, el crecimiento del pez se sustenta principalmente de proteínas que son fundamentales en su rápido desarrollo. El requerimiento energético del pez (Kj/g) es menor en un principio siendo mayor en etapas ya de engorda (ver Figura 5 a continuación). Hay que mencionar que estos parámetros corresponden al salmón del atlántico, sin embargo, es plausible homologarlo con otros peces de la misma especie.

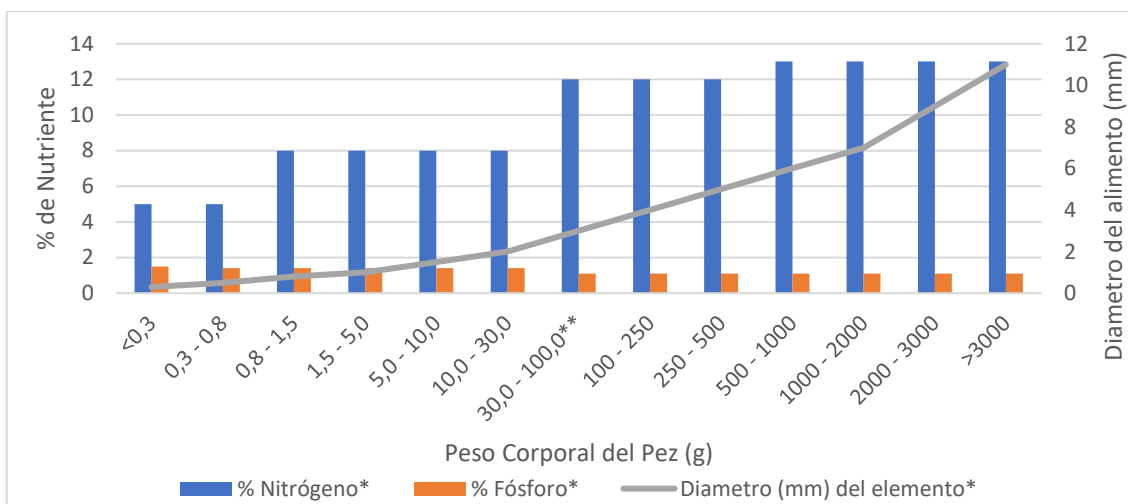


Figura 4: Características del alimento acorde crece el pez salmonídeo. Fuente: Elaboración propia en base a Lall (2009), 2018. \*Se utilizó el valor mínimo de referencia para estos datos, aunque la diferencia máxima entre los valores no fue más de cuatro. \*\*Peso promedio de Smolts (70g) en aguas dulces antes de su llevarlo a un centro de adaptación o al mar.

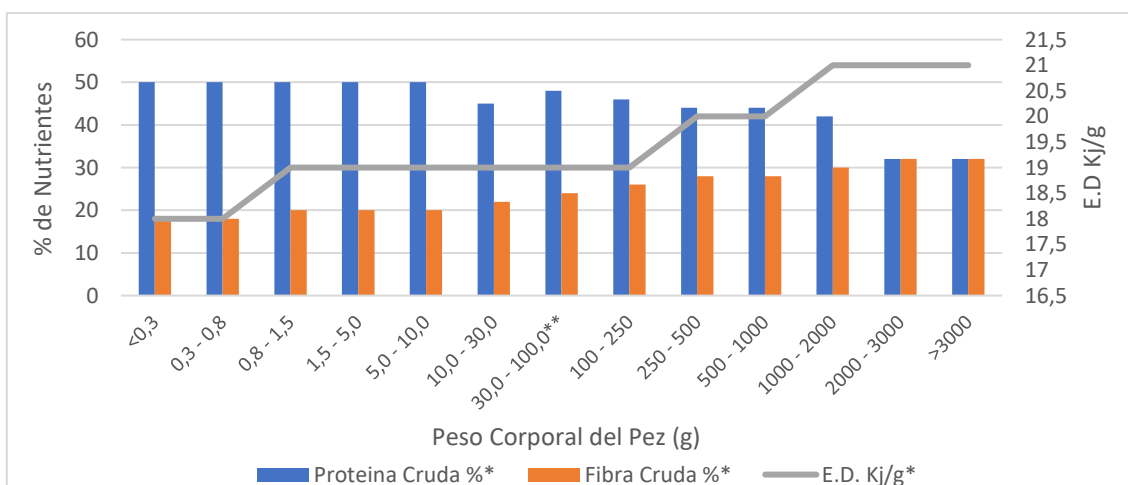


Figura 5: Necesidades alimenticias del pez acorde crece (Salmonídeos). Fuente: Elaboración propia en base a Lall (2009), 2018. \*Se utilizó el valor mínimo de referencia para estos datos, aunque la diferencia máxima entre los valores no fue más de cuatro. \*\*Peso promedio de Smolts (70g) en aguas dulces antes de su llevarlo a un centro de adaptación o al mar.

En una investigación llevada a cabo con el salmón atlántico en Chile, se ha demostrado que los peces requieren menos raciones al día acorde van creciendo, siempre y cuando se aplique una alimentación por eventos en vez de una controlada de manera automática, es

decir, que se suministre tomando en cuenta la saciedad del pez en vez de aplicar monótonamente la ración (Flores & Vergara, 2012). Se explica también que actualmente la industria en Chile, en ecosistemas de aguas dulces, aplican 24 raciones por días. Las razones por las cuales se ingresa una gran cantidad de alimento, sobre todo de manera reiterada en etapas tempranas del cultivo, es debido a que se busca romper con la jerarquía en las jaulas. De todas formas, esta pugna entre peces se da de igual forma cuanto existe una mayor disponibilidad de alimento (*Ibid.*, p. 537).

La crianza de peces se realiza todo el año y los centros de cultivo buscan generar una producción constante anualmente, pero hay otras variables, además de la ya mencionadas anteriormente, que interfieren con esta continuidad y que radican en las dinámicas del mercado nacional e internacional, las condiciones sanitarias, y las características físicas de la generación de peces del ciclo productivo (Orrego, R, 2015)

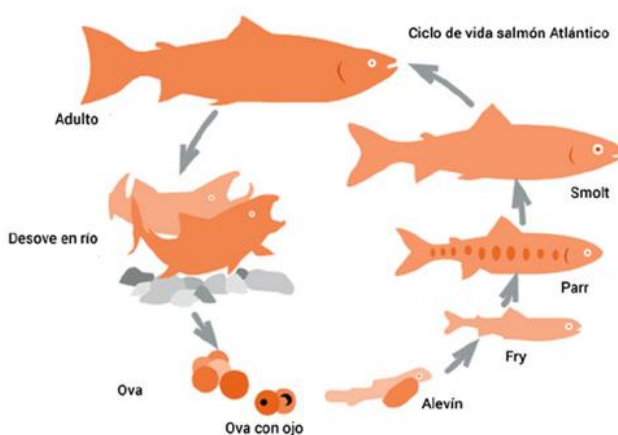


Figura 6: Ciclo de vida del Salmón Atlántico en ambiente natural. Fuente: Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010.

### 2.1.3 Tipos de centros de cultivo en aguas dulces

Dicho con anterioridad, la producción de salmones en agua dulce considera dos etapas, las de Hatchery y las Pisciculturas, Concesiones y Jaulas/Balsas. Dentro de estas encontramos distintas fases productivas, no obstante, se pueden clasificar en según el tipo de instalación al que pertenece.

Instalación en cuerpos de aguas: Se conocen también como “Cultivos Abiertos” (Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010, pág. 10) y corresponden a las Concesiones o también denominadas Jaulas/Balsas ubicadas directamente en lagos y ríos. Estas instalaciones se disponen de forma modular, ancladas entre sí y a veces, al mismo suelo del cuerpo de agua, y están compuestas de estructuras metálicas y plásticas. Su flotabilidad se debe a bloques de poliestireno expandido o polietileno de alta densidad. También poseen redes que cierran la jaula bajo las aguas en forma de caja (*Ibid.*, pág. 10). Este tipo de instalación se concedía a través de Concesiones de Acuicultura, no obstante,

con la Ley N°20.434, tales concesiones fueron prohibidas en bienes nacionales acuáticos continentales a menos que sean de carácter extensivo<sup>17</sup>.

Instalación en tierra: Corresponden a los Hatcheries y las Pisciculturas<sup>18</sup>. Ambas utilizan derechos de aprovechamiento de aguas para su funcionamiento. Las Pisciculturas poseen embalses en tierras donde mantienen a los peces, poseen un circuito por donde pasa el agua desde su captación hasta el efluente. Para mejorar la calidad del agua que entra y sale utilizan mecanismos de decantación y filtro. Pueden subdividirse en otros dos tipos de instalación, las de Flujo Abierto y las de Recirculación.

Las de flujo abierto captan el agua desde los cursos fluviales más cercanos, las tratan, las utilizan en los embalses o jaulas y luego las desechan a través del efluente, no sin antes tratarla<sup>19</sup>.

Las instalaciones de recirculación consisten básicamente en la reutilización del agua captada del curso fluvial. El agua utilizada debe ser tratada previamente para utilizarse en los embalses. Luego mediante distintos mecanismos el agua es limpiada y reacondicionada a sus parámetros óptimos de oxígeno, pH y temperatura, entre otros factores más, para ser utilizada nuevamente. El porcentaje de reutilización depende de la instalación. Según Rodger Miranda (sin año), las hay Seriales, Parciales o Totales. Hay instalaciones que reutilizan en un rango de 80 a 95% según las condiciones de los estanques y las filtraciones (Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010). Estos sistemas necesitan un mantenimiento constante para su óptimo desempeño, presentan menos gastos durante el tiempo y son más amigables con el medio ambiente que sus compañeras anteriores, además, son los centros de cultivo con menor tasa de mortalidad (*Ibid.*, 2010)

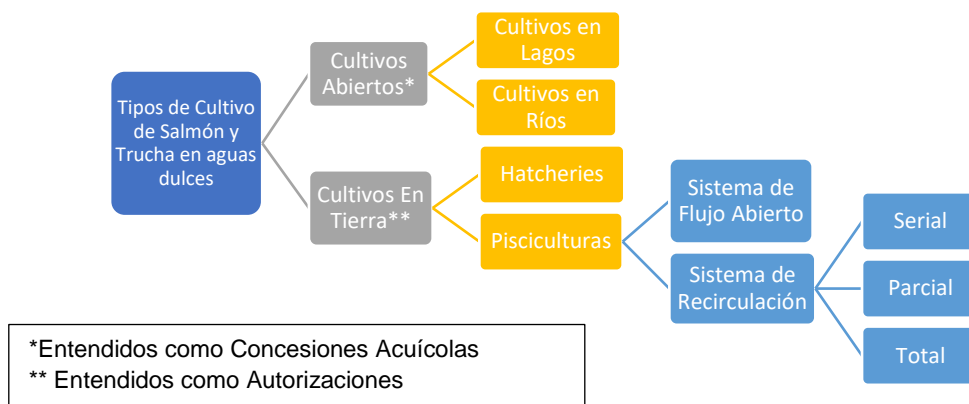


Figura 7: Tipos de Cultivos en aguas terrestres Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía recopilada, 2017.

<sup>17</sup> Acorde al Artículo N°67 de la LGPA, Modificado por la Ley N°20.434, solo se podrá ejercer cultivos extensivos en ríos que sean navegables por buques de más de cien toneladas de registro grueso.

<sup>18</sup> “Se entenderá por pisciculturas, los centros de cultivo instalados en terrenos de propiedad privada que utilizan derechos de aprovechamiento de aguas obtenidos de conformidad con lo dispuesto en el Código de Aguas.” Artículo N°4 de la Ley N°20.091 que modifica la Ley General de Pesca y Acuicultura.

<sup>19</sup> La norma que regula los efluentes de estas instalaciones es el Decreto Supremo N°90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. MINSEGPRES, 2001.



Figura 8: Centros de Cultivo en Agua Dulce. Fuente: Imágenes satelitales obtenidas a través de Google Earth, 2017. **Imagen A:** Centro de Cultivo en Lago (Concesión Acuícola) Lago Rupanco, 2017. **Imagen B:** Centro de Cultivo en Tierra (Piscicultura) a orillas del Río Rahue, 2017.

#### 2.1.4 La evolución de los centros de cultivo y de la producción de smolts

Según la información otorgada por SERNAPESCA<sup>20</sup>, de los 746 Centros de Cultivos en aguas dulces actualmente registrados en la décima región, 509 se encuentran activos (vigentes), del total de ellos 384 corresponden a Concesiones de Piscicultura, 120 a Pisciculturas y 5 a Hatcheries. En la Figura 5 a continuación y en la número 37 del Anexo N°1 se aprecia la evolución de los Centros de Cultivo de la Región de Los Lagos desde la fecha que se tenía registro (1995) hasta la actualidad. Ya para el periodo 2010 – 2016 muchas de las concesiones acuícolas fueron canceladas o caducadas por lo que los dueños no podrían volver a solicitar autorizaciones debido a la Ley N°20.434. Muchos de esos centros se encontraban en zonas estuariales como se aprecia en la Figura 45 del Anexo N°1, por lo que se interpreta que tales zonas se consideran como Aguas Terrestres<sup>21</sup>. Esto se corrobora al contrastarlas con las Áreas Apropriadadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA) proporcionadas por SUBPESCA<sup>22</sup> para la Región.

En los últimos años la dinámica de productiva de smolts ha ido cambiando tomando una mayor presencia en cultivos en tierra. Durante el año 2007 cerca del 70% de los smolts cosechados provenían de aguas continentales, donde un 42% de eran de pisciculturas, mientras que para el año 2013 el 73% de las cosechas provenían de instalaciones en tierra, 22% en lagos y 5% en estuarios (Orrego, R., 2015). A pesar de que estas cifras corresponden al contexto nacional, la mayor producción de smolts sigue siendo en la Región de Los Lagos (ver Figura 10 a continuación). De acuerdo con lo anterior, y a pesar del continuo traslado de cultivo a sistemas en tierra, el mayor número de concesiones acuícolas existentes en comparación con las pisciculturas (ver Figura 9 a continuación) no es reflejo de la productividad de salmónidos en etapa de smolts. Esto puede deberse al mejor control sanitario y de crecimiento que otorgan las pisciculturas, sumado a lo delicado

<sup>20</sup> Obtenida mediante Solicitud de Información, Mayo 2017, SERNAPESCA.

<sup>21</sup> Según el Código de Aguas de 1981, Artículo N°1

<sup>22</sup> Cartografía Digital de A.A.A, Servicios de Información, SUBPESCA. <<http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-80640.html>>

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

de esta etapa de crianza que hace necesaria una mejor supervisión (Barra, 2015). La crisis del virus ISA también influyó al hacer palpable lo expuesto en el artículo de Barra (2015) a los centros ubicados en estuarios y fiordos, y que corresponden a la gran parte de concesiones acuícolas que aún siguen vigentes en los registros de SERNAPESCA en la décima región. Por último, la Ley N°20.434 que impide nuevas concesiones acuícolas intensivas en la mayoría de los ríos y lagos también incide en actual predominancia de las pisciculturas en tierra.

Hay que destacar que tras la crisis del virus ISA las regiones de la Araucanía y del Bío-Bío han ido ganando terreno en la crianza de peces en aguas dulces, mientras que la Región de Aysén relega esta etapa productiva a un segundo plano.

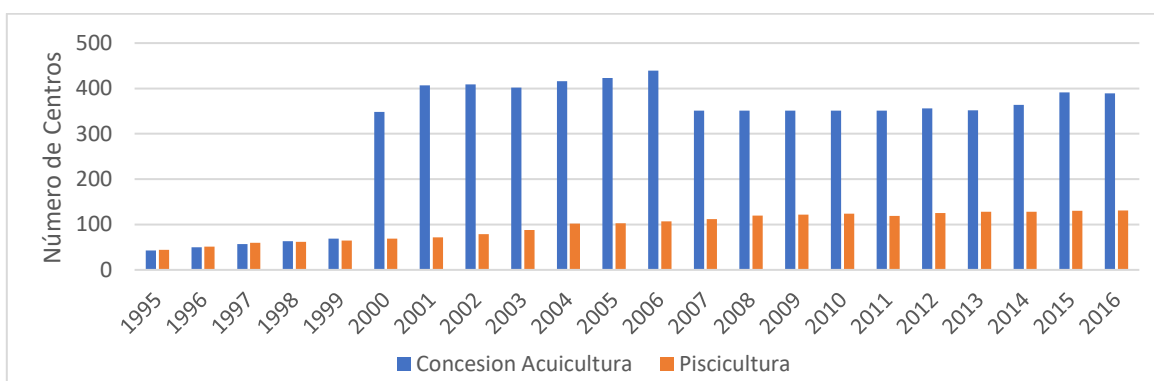


Figura 9: Evolución de los Centros de Cultivo en Aguas Dulces en la Décima Región (1995 – 2016) Fuente: Elaboración propia en Base a información entregada por SERNAPESCA mediante Solicitud de Información, 2017.

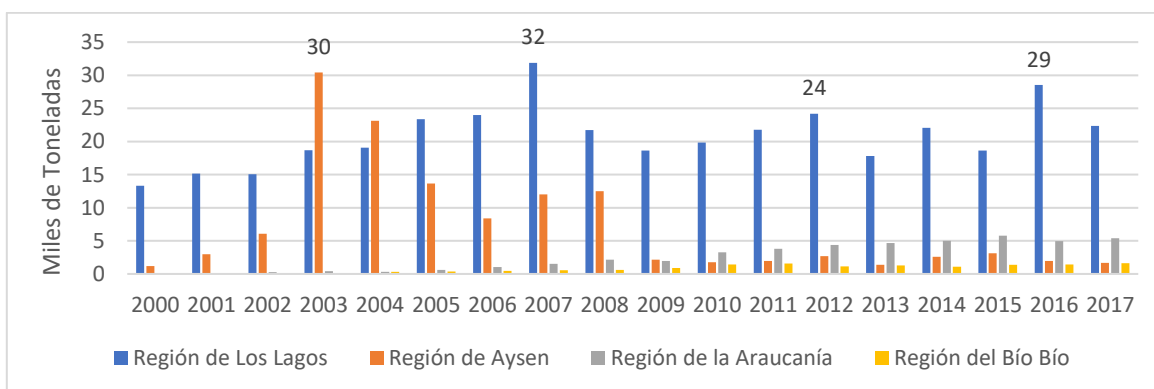


Figura 10: Cosechas anuales de Smolts en toneladas para distintas Regiones del sur del país (Periodo 2000 – 2017) Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por SERNAPESCA mediante Solicitud de Información, 2018.

## 2.2 Estado del arte de los impactos de la salmonicultura en aguas dulces

Actualmente la salmonicultura es una de las actividades del país con más exportaciones, según los últimos registros se han producidos en territorio nacional alrededor de 662.000 toneladas de salmónes y truchas en los años 2015 y 2016 lo que equivaldría a 7.388 millones de dólares en exportación<sup>23</sup>. Tal situación sugiere el uso de una gran cantidad de insumos, como antibióticos, entre otros elementos, que son necesarios para mantener la producción de peces en óptimas condiciones. Si bien, la etapa marina de crianza es la encargada de velar por una cosecha apta para la venta, las fases de aguas dulces son igual de imprescindibles para el producto final. A pesar de esta importancia, hoy en día aún existe una menor tendencia de investigación de los efectos asociados a las etapas de cultivo producidas en aguas continentales. De acuerdo con la recopilación bibliográfica a nivel mundial sobre acuicultura realizada en este estudio, las investigaciones sobre los impactos ambientales pareciesen ser mucho más enfocados a los sistemas de aguas marinas. Tal condición también es respaldada por otros autores como Guilpart *et al.* (2012) y Schmidt *et al.* (2000). Distintos especialistas y representantes de empresas entrevistados por Pedro Barra para la Revista Mundo Acuícola el año 2015, también dan cuenta del contexto de desconocimiento sobre los procesos de producción de aguas dulces y sus impactos (Barra, 2015).

En la Tabla 4 se organizan los diferentes efectos producidos por los centros acuícolas, dividiéndose en diferentes temáticas según la información recopilada en la revisión bibliográfica. Cabe destacar que las palabras que allí aparecen son conceptos abordados por los autores y que reflejan principalmente el impacto generado para cada temática.

Tipo de Impacto	Conceptos relacionados			
Impactos por Nutrientes (Grupo N°1)	Materia Orgánica	Nitrógeno y Fósforo	Ingresos de alimentos	Eutrofización de las aguas
Impactos por Antibióticos (Grupo N°2)	Enfermedades	Medicamentos		
Impactos por escapes de peces (Grupo N°3)	Fugas de peces	Depredación y Competencia	Conservación	
Impactos Sociales (Grupo N°4)	Abuso Laboral	Empleabilidad	Impacto visual en el ambiente	

Tabla 4: Concepto asociados por tipo de impacto de la salmonicultura. Fuentes: Elaboración propia, 2018

A continuación, se abordarán los diferentes efectos de acuerdo con lo expuesto por los distintos autores. Se aproximaron los impactos hacia el contexto salmonícola nacional y a los distintos tipos de sistemas de cultivos en aguas dulces. Cabe recordar que la salmonicultura es una industria acuícola, por lo tanto, algunos efectos mencionados por autores internacionales también son homologables a la situación local.

<sup>23</sup> Obtenida por Solicitud de Información Julio, 2017, SERNAPESCA; y Compendio Estadístico de Exportaciones, Servicio de Aduana Chile, 2017.

### 2.2.1 De los impactos por nutrientes

La alteración de la calidad de agua es el principal impacto que tiene la producción de salmones en aguas dulces, así lo plantean Nieto *et al.* (2010) no obstante, explica que los niveles de los efectos sobre el medio dependen de los tipos de instalación, ya sean cultivos abiertos o en tierra, y de las condiciones del cuerpo de agua, ya sean por sus características químicas o físicas. León-Muñoz (2006) menciona que, tras ingresar una gran cantidad de materia orgánica al agua, tales como peces muertos y alimentos con contenidos de Nitrógeno y Fósforo, se pueden generar efectos asociados a la eutrofización. De manera similar, Mühlhauser & Vila (1987) y Ramírez & San Martín, (2008) exponen que la materia orgánica ingresada al cuerpo de agua es capaz de generar cambios en el pH, transparencia del agua, color y en los niveles de oxígeno. En los artículos de Navarro (2014), de Buschmann (2001) y de la Universidad Austral de Chile (2009) se plantean efectos idénticos sobre el aporte de nutrientes y materia orgánica a los cuerpos de agua por parte de la acuicultura realizada en aguas dulces, sin embargo, aparecen algunos alcances que en el análisis de los textos anteriores se mencionaba muy poco o no se nombraban. El primero consiste en que los excesos de nutrientes que ingresan a los cuerpos de aguas provienen de diversas fuentes: actividades como la agricultura o la industria; los ambientes urbanos y los aportes desde la atmósfera, entre otras, así lo plantea también Carpenter *et al.* (1998). Campos (1995) junto a otros investigadores en la década de los 90', realizaron estudios sobre el estado de trofia de los lagos del sur de Chile utilizando metodologías que permitieron identificar la cantidad de nutrientes exportadas por cada tipo de fuente y uso de suelo desde las microcuencas próximas y que iban desde las instalaciones piscícolas hasta la ganadería y los bosques nativos. El segundo alcance consiste en que los análisis de los impactos a nivel de escala y tiempo en los cuerpos de agua son complejos, ya sea porque las corrientes hídricas y las condiciones meteorológicas influyen en que los estados de contaminación sean transitorios como lo plantea la León-Muñoz (2006), y porque existen condiciones naturales como el ciclo del Nitrógeno y el Fósforo que ya es mencionado por Navarro (2014).

Cao *et al.* (2007) exponen que la eutrofización es un proceso natural de los cuerpos que poseen altos niveles de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), alterando el ecosistema y disminuyendo la diversidad de especies, y en la misma línea, Guilpart *et al.* (2012), establece que no toda la flora y fauna acuática pueden sobrevivir bajo ambientes con exceso de nutrición. Un estudio reciente desarrollado por Kamjunke *et al.* (2017) demostró cambios a nivel molecular de la materia orgánica presente en los ríos intervenidos por captaciones salmonícolas en el sur del país resultando en una disminución de los organismos bénticos y un aumento en las bacterianas aguas abajo de las instalaciones. Finalmente, la gran mayoría de los investigadores mencionados expone que para determinar el grado de eutrofización de un cuerpo de agua el Nitrógeno y el Fósforo serían indicadores principales, sin embargo, Moreno *et al.* (2010) mencionan otras variables a considerar como la presencia de *Clorofila - a* (Chl – a) y el índice de transparencia (Disco de Secchi), los que podrían vislumbrar con mayor rigurosidad el estado del agua.



Dentro de los elementos orgánicos ya mencionados que ingresan al sistema acuático desde las instalaciones, están los alimentos de los peces, comúnmente llamados pellets o extruidos. Estos se consideran como uno de los implementos que más caros de la industria al presentar casi el 50% del costo de la producción total (SalmonExpert, 2016 y AQUA, 2017), además de ser la fuente de ingreso de Nitrógeno y Fósforo principal hacia las aguas (Buschmann, 2001; León-Muñoz, 2006; Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010 y Navarro, 2014). El uso indiscriminado de alimento, su disolución, sumado a la excreción de los peces y los ejemplares muertos, son causantes de una alta presencia de los elementos químicos mencionados a lo largo de la columna de agua. Tal como lo plantea Buschmann (2001), cerca del 75% de nitrógeno y 77% fósforo se dispersan en las aguas mediante distintos procesos (ver Figura 11 a continuación) mientras que solo un cuarto de aquellos componentes se obtiene en la cosecha. Esto último también es expresado en Campos (1995). Las investigaciones de Flores y Vergara (2012) en juveniles de salmón atlántico dieron como resultado que la manera en cómo se alimenta a los peces influye bastante en el cultivo, en la economía del centro y en el impacto hacia el medio ambiente; una mayor cantidad de raciones por día (24/día) significó una mayor pérdida de alimento que se reflejaba en el fondo de las jaulas, mientras que una dosis más racionalizadas entre periodos y horas (14/día) obtuvo menores cantidades de materia orgánica en el fondo y mejores resultados de apetito en los peces. De todas formas, Flores y Vergara mencionan que actualmente, la gran parte de las industrias con centros en aguas dulces utilizan una entrega de alimento de 24 veces al día (*Ibid.*, p. 537), lo que sería negativo para el ecosistema e instalación tomando en cuenta los resultados obtenidos. En relación con la cantidad de alimento que se utiliza por pez, se estima que para producir un kilo de salmón se necesitan alrededor de entre 1 a 2 kilos de alimento, dicha relación se expresa como el FCR (Feed Conversion Rate) y que varía de acuerdo con la tecnología aplicada a cada instalación para administrar la dosis adecuada para lograr la saciedad del pez. En los últimos 30 años la industria ha ido bajando considerablemente estos valores hasta una cifra actual de 1.2, similar a las que existen en Noruega (Pinto & Furci, 2006; Skretting, 2015; AQUA, 2015; AQUA, 2017 y Balin, 2017). Conociendo el FCR, la presencia porcentual de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua, y la biomasa de peces producida por centro de cultivo, es posible estimar el ingreso total de nutrientes al sistema acuático; así lo hicieron Campos (1995., 1998) y Cañete *et al.* (2001) para determinar la carga de elementos generados por las pisciculturas en los lagos del sur del país. En relación con la normativa sobre la disposición de los alimentos, hoy en día el RAMA solo exige que los centros de cultivo abierto posean un sistema de detección o captación de alimento, eximiendo para esta obligación los centros de cultivos de algas y los centros en tierra<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Artículo N°4, letra h) del RAMA

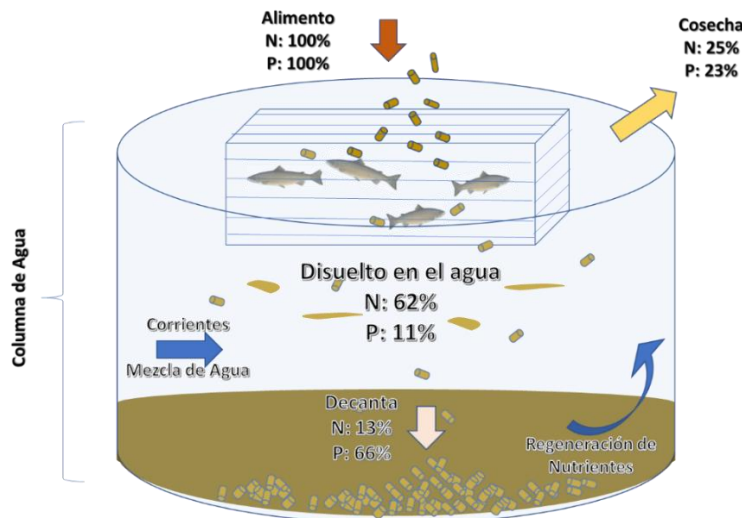


Figura 11: Distribución de la materia orgánica en el cuerpo de agua desde las piscinas Fuente: Elaboración propia en base Buschmann (2001) \*Se considera en las tasas de disolución y decantación los excrementos de los peces.

Independiente de los efectos descritos por el ingreso de materia orgánica, hay que tener en cuenta que los distintos tipos de sistemas acuáticos poseen dinámicas de flujo de corriente y características morfológicas propias, haciendo que los impactos varíen y se comporten de manera desigual, por ejemplo, en el caso de los lagos, la contaminación y sedimentación de residuos orgánicos es mayor debido a la baja capacidad de ventilación asociada a la velocidad de corriente, y las tasas de recambio de las aguas (Ramírez & San Martín, 2008 y Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010, pág. 22). Este panorama de incertidumbre se agudiza aún más cuando en el continente nos encontramos con distintos tipos de instalación de producción del salmón (Smolts). Nieto *et al.* (2010) explican que no existen estudios específicos para los sistemas en tierra, sobre todo a los de Flujo Abierto y de Recirculación, no obstante, dichos tipos de cultivo al ser fuentes de contaminantes fijas con restitución de aguas deben someterse al D.S. N°90 del MINSEGPRES del año 2000, que regula los vertimientos industriales en aguas terrestres, así, tales centros se ven obligados a tratar las aguas. Sin embargo, el D.S. N°90 regula la concentración de los compuestos en las aguas vertidas, pero no en su carga total (*Ibid.*, pág. 10), lo que podría significar que a través de vertimientos vía emisario encontremos alta presencia de nutrientes. Ahora, los sistemas de recirculación generan un menor vertimiento de aguas y a la vez un mayor manejo del tratamiento para su reúso, siendo el tipo de instalación con menor grado de contaminantes. Por último, sobre los residuos sólidos generados en ambos sistemas en tierra, encontramos métodos de decantación que permiten secar los desechos los cuales pueden ser destinados como fertilizantes. (*Ibid.*, pág. 10). Respecto a los impactos de los cultivos abiertos, en el estudio de Campos (1995) se registró parcialmente un mayor nivel de nutrientes (en especial el Fósforo) en las muestras de sedimento bajo las balsas de cultivo en comparación con otros puntos muestreados sin instalaciones, respaldando lo expuesto por Buschmann (2001), además, Campos menciona que se produce un efecto “Bahía” en zonas encajonadas con concesiones acuícolas, aumentando

la disposición de los nutrientes debido al estancamiento de las aguas y su escasa circulación debido a la geomorfología. Este último efecto también se da en el estudio de Soto (2002) sobre análisis de los parámetros que regulan la productividad en los lagos araucanos de Chile.

### 2.2.2 De las enfermedades y antibióticos

En relación con las enfermedades y antibióticos, los artículos de Buschmann (2001), León-Muñoz (2006), Miranda *et al.* (2007), Medina, M. & Ramos, R. (2009), Nieto *et al.* (2010), Fernández-Alarcón *et al.* (2010) e INIA (2012), concuerdan en que los antibióticos en la acuicultura generan efectos de resistencia y tolerancia bacteriana siendo un potencial riesgo para los ecosistemas y principalmente para las poblaciones no objetivo como exponen las cuatro últimas investigaciones. Fernández-Alarcón *et al.* (2010) y Miranda & Rojas, (2007) realizaron estudios de tolerancia bacteriana frente al Florfenicol, medicamento muy utilizado en la salmonicultura, y dieron con grados de resistencia considerables en centros de cultivo de agua dulce. Se determinó también en estos estudios que un antibiótico (Florfenicol) podría generar resistencia de las bacterias a otros medicamentos sin haberlos utilizados. Otro efecto mencionado entre los autores es el riesgo para la salud humana por consumir productos medicados con ciertos fármacos ya que puedan resultar tóxicos. En casos de que ciertos antibióticos empleados en los cultivos también sean utilizados en la medicina humana podrían perjudicar los tratamientos sobre algunas enfermedades tras el consumo de peces medicados (INIA, 2012), además, en todos los artículos se expone que los antibióticos no consumidos o aplicados de forma indirecta, como sería a través de los baños (León-Muñoz, 2006), se disolverían con mayor facilidad en las aguas, fomentando la resistencia bacteriana cercana a los efluentes de los sistemas en tierra o a las balsas/jaulas de cultivos, por tanto la flora y fauna del lugar se encontrarían bajo un riesgo patológico mayor, pudiendo causar muertes y finalmente cambiar las cadenas tróficas de los ecosistemas; así también, capturar y consumir especies cercanas a las instalaciones también sería un factor de riesgo para la salud humana. Los gastos económicos por el uso de fármacos también es un impacto para la industria, siendo esta una de las razones de su desuso y remplazo (*Ibid.*, 2006), no obstante, de acuerdo con el artículo de El Desconcierto donde se analiza el informe sobre uso de antimicrobianos por la industria nacional de SERNAPESCA publicado el año 2016, la industria ha ido aplicando dosis de antibióticos acorde a la dinámica de producción nacional que superan, al menos para el año 2015, 700 veces más que las usadas en la industria de Noruega. A pesar de su descenso en los últimos años, ya sea en cantidad y concentración en razón a la biomasa producida anualmente, el contexto chileno salmonicultor sigue siendo preocupante si se compara con las condiciones sanitarias internacionales. Dentro del uso de antibióticos en la producción de peces, para el año 2016 solo un 5% de estos son utilizados en los centros de cultivo en agua dulce. (SERNAPESCA, 2017, pág. 5) Medina, M & Ramos, R. (2009) exponen que, si bien existen regulaciones institucionales sobre los límites de concentraciones y periodos permisibles de contaminantes a nivel internacional, no hay un empeño en estudiar y reflejar los posibles efectos proveniente de las situaciones ambientales locales y su posterior tratamiento, siendo esta una dificultad para determinar y evaluar el riesgo ambiental. En el artículo de la Revista Mundo Acuícola (2015) donde

diferentes expertos y representantes de la industria hablan sobre la producción en aguas dulces, se expone que desde las etapas de ovas hasta la cría de smolts, existen una gran variedad de enfermedades con una alta tasa de contagio y mortalidad, debido a esto se emplean un surtido de medicamentos y mecanismos físicos para su prevención. De esta forma los cultivos de agua dulce podrían ser un gran foco de usos de medicamentos y de resistencia bacteriológica.

Nieto *et al.* (2010) exponen una tabla de las principales enfermedades en agua dulce (ver Tabla 24 en Anexo N°2), y establece que los sistemas de flujo abierto y de cultivo abierto son los más propensos a sufrir contagios, siendo estos últimos los más probables de esparcirlos sobre el medio debido a su emplazamiento en tierra con utilización directa de las aguas. Los sistemas de recirculación en tierra poseen los registros más bajos de enfermedades gracias al control sanitario constante de las aguas en las instalaciones (ver Tabla 25 Anexo N°2).

### 2.2.3 Sobre los escapes de peces y amenazas de conservación

En temas de conservación, la gran mayoría de los artículos estudiados abordan la cuestión en sí como necesaria e imperante debido a los diagnósticos poco favorables por los impactos generados por la acuicultura. En este sentido, hay un panorama nacional preocupante con relación a la preservación de la fauna íctica nativa, ya que, debido a los escapes continuos de salmones desde sus jaulas, se han visto fuertemente amenazadas. Los impactos provocados por los peces foráneos son varios, Soto *et al.* (2006), Arismendi *et al.* (2009) y Sepúlveda *et al.* (2013), mencionan que en general son la Competencia por alimento, la Depredación y el Desplazamiento. Tales efectos pueden ocasionar cambios en la cadena trófica (León-Muñoz, 2006), por ende, pérdida de la biodiversidad. La veracidad de los impactos de estas investigaciones radica en lo sólido de las metodologías y los resultados, como es el caso de la depredación, donde se examinaron estómagos de salmones asilvestrados en lagos del sur de Chile y que contenían restos de especies nativas. De acuerdo con Arismendi *et al.* (2009) se han encontrado en los estómagos de salmonídeos restos de Puye y Peladilla/Farionela siendo un signo de depredación y de amenaza a estas especies. Campos *et al.* (1998) menciona que la Perca Trucha, pez común y nativo de la zona sur del país, también se encuentra en estado vulnerable, casi amenazada, debido a la depredación de otros peces e impactos producidos por los humanos. Esto también es expresado por SERNAPESCA (2012).

Según Soto *et al.* (2006) las truchas (Brown y Rainbow) se encuentran esparcidas por casi todo el sur, incluso en lagos donde no existe acuicultura, esto se debe a que las truchas están adaptadas para poder desarrollarse completamente en aguas dulces, sin necesidad de bajar hacia aguas marinas y poder migrar largas distancias. Los escapes desde las concesiones acuícolas en lagos y ríos son parte de esta predominancia de la especie por sobre otras. Otra razón de la estabilidad de las truchas es que estas especies fueron introducidas antes del auge de la salmonicultura (1990) (*Ibid.*, 2006), por lo que tuvieron bastante tiempo para aclimatarse.

Los escapes de peces desde los cultivos son situaciones recurrentes y que pueden darse desde mantenimientos de rutina de las jaulas, como a condiciones climáticas adversas. En aguas continentales, las instalaciones de cultivos abiertos son los principales causantes de las fugas (Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010), esta situación empuja la idea de que los escapes de peces sean mucho menores en los centros en tierra ya que no se encuentran dentro del agua, sino en recintos controlados y cerrados. De todas formas, el RAMA establece protocolos de recaptura ante fugas y escapes de peces desde las instalaciones, dejando a las empresas la responsabilidad de cumplir con las normas de captura, pero no establece rangos mínimos<sup>25</sup>. De manera paralela a los escapes, en el artículo N°7 del reglamento anterior, se expone que es posible la liberación de ejemplares mediante autorización expresa de la subsecretaría, ya sea con motivo de repoblamiento de especies nativas o como ayuda a la pesca recreativa, siendo finalmente una liberación de peces expresa de manera institucional.

Otros de los impactos asociados a los escapes tienen que ver con la contaminación biológica, donde salmones enfermos libres pueden expandir los patógenos dentro de las jaulas y fuera de estas (Buschmann, 2001, Buschmann & Fortt, 2005, y Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010).

#### 2.2.4 Sobre los efectos sociales

En relación con los efectos sociales de la salmonicultura, León-Muñoz (2006) expone una síntesis de ellos pero que están estrechamente ligados a cifras y dinámicas económicas. El autor menciona que la Región de Los Lagos presentó bajas en la pobreza, no obstante, no existe correlación precisamente con el crecimiento de la industria acuícola, ahora, si menciona que durante el transcurso de los años los puestos de trabajos han ido en aumento, información que obtienen a través de instituciones estatales como el INE y la Dirección del Trabajo (León-Muñoz, 2006). A pesar de estas cifras, según archivos de Ecoceanos (2006) y el documental "Ovas de Oro" de Manuel González y Anahi Johnsen grabado el año 2004 (González & Anahi, 2005), la industria acuícola a nivel nacional y regional ejerce malas prácticas laborales entre la que encontramos incumplimientos en las normas de higiene y seguridad, falta de seguridad en labores bajo el agua que termina en accidentes fatales, prácticas antisindicales, subcontratación y falta a las normas de protección a la maternidad. Dichas prácticas fueron constatadas mediante la Dirección del Trabajo la cual impartía las sanciones, y que el 2005, del total de fiscalizaciones, un 63% fueron efectuadas con sanción. El 2014, la FAO emitió la investigación "Mejorando la legislación del empleo en la acuicultura. Una evaluación global" donde realiza una comparación entre la industria salmonera Chilena y las internacionales, y de lo cual se expone que a nivel nacional existen abusos de subcontratación, bajas cifras de empleos permanentes, y bajos sueldos para labores que en países desarrollados son mejor pagados, entre otras temáticas (El Mostrador, 2014), estas críticas apuntan finalmente a que Chile siendo un país competitivo en salmonicultura a nivel mundial también debe velar por condiciones laborales de calidad como países desarrollados, entre ellos, Noruega o

---

<sup>25</sup> Artículo N°6 del RAMA.

Canadá. Más allá de cifras institucionales, investigaciones que hablen de los efectos sociales de la industria salmonícola a nivel espacial y específicamente en aguas dulces, donde se involucren los diferentes actores del territorio y las distintas relaciones de poder, son relativamente escasas, pero no menos imperantes de analizar. Sepúlveda *et al.* (2013) mencionan en su estudio la relación conflictiva entre pescadores artesanales y la industrias, pero son vistas en contextos marítimos, aunque dicha situación es plausible en sectores terrestres. Según Nieto *et al.* (2010) los centros de cultivos de smolts en el continente generan impactos visuales que perjudican al turismo, además, también mencionan el hecho de que la utilización de las aguas, ya sean en cultivos abiertos o en tierra, generan una contaminación de estas y por ende una inseguridad y riesgo para quienes las utilizan para bebida o saneamiento. De esta manera podrían generarse relaciones de conflicto entre los actores de un espacio que dependen del mismo recurso hídrico.

### 2.3 Eutrofización y grado de trofia de las aguas: Nutrientes y parámetros relacionados

La eutrofización se entiende como el enriquecimiento biológico de un sistema acuático a causa de los nutrientes. Este proceso ocurre normalmente cuando existe un exceso de los compuestos del Nitrógeno (N) y del Fósforo (P), ya que estos influyen proporcionalmente en el crecimiento de cianobacterias (Fitoplancton) (OECD, 1982 y Smith, Tilman, & Nekola, 1999). Si bien, la presencia de algas en los cuerpos de agua es natural, desequilibrios ecosistémicos, o en este caso específico, el ingreso de nutrientes en exceso, pueden generar *Bloom de Algas*, lo que genera un efecto en cadena que puede terminar con la vida de muchas especies acuáticas, disminuir la diversidad biológica y alterar la trofia del sistema. Hay que tener en cuenta que la eutrofización difiere con el grado de trofia o “estado trófico”, ya que este último es una condición dada por la relación de nutrientes y el crecimiento de la materia orgánica de un cuerpo de agua, mientras que la eutrofización es un proceso de cambio de un “estado trófico” a otro superior (Moreno, Quintero, & López , 2010).

De acuerdo con León-Muñoz (2006), el ingreso de nutrientes desde las pisciculturas en forma de materia orgánica puede generar efectos como la anoxia, aumento del amonio en los cuerpos de aguas y barros orgánicos en el suelo bajo las jaulas y balsas. Lo anterior puede llevar a *Bloom de algas* y posteriormente a una pérdida de la biodiversidad. Moreno *et al.* (2010) mencionan efectos similares a los ya descritos productos del florecimiento algal exponiendo que estos, al tener una vida corta, se convierte en materia muerta que llega al fondo donde otras bacterias las descomponen, consumiendo oxígeno en el proceso y liberando gases tóxicos, por lo que finalmente tenemos un estado de anoxia con elementos tóxicos que terminan por generar muertes masivas de otras especies y un decaimiento de la biodiversidad. Otros efectos producidos finalmente por una eutrofización son el cambio del pH y la turbidez (Mühlhauser & Vila., 1987; Ramírez & San Martín., 2008; Muñoz, 2009 y Moreno, Quintero, & López , 2010). Dodds *et al.* (1998) mencionan que fluctuaciones amplias del pH y del Oxígeno Disuelto (estados potenciales de anoxia) son indicadores de estados eutróficos o pasos hacia la eutrofización, sin embargo, no establece valores límites o índices de estos parámetros. De acuerdo con la Norma Chilena N°1333, los valores

permitidos para desarrollar la vida acuática son de un pH de 6,5 a 8,3<sup>26</sup> y de un mínimo de 5 mg/l de Oxígeno Disuelto. Para la Norma Chilena N°409 sobre agua potable, los valores de pH deben ser entre 6,5 y 8,5.

Muchos de los efectos producidos por las pisciculturas devienen finalmente en posibles estados de eutrofización de las aguas, y así lo mencionan varios de los autores citados en la temática anterior. Ahora, si bien la causa principal de una eutrofización proviene del aumento de nutrientes, las fuentes de estos últimos son variadas y son producidos por factores naturales, como la precipitación, el drenaje de las cuencas hacia los cuerpos de aguas, infiltración subterránea, lavado de estructuras geológicas, etc., hasta los antropológicos, como residuos industriales, residuos domiciliarios urbanos y rurales, actividades agrícolas y ganaderas, entre otras (Campos, 1995; Carpenter *et al.*, 1998 y Universidad Austral de Chile, 2009). A diferencia de la fuente natural de nutrientes, la humana es mucho más concentrada por lo que su impacto es mucho mayor (Carpenter *et al.*, 1998).

Ahora, la eutrofización puede darse como un proceso acotado o extendido en el tiempo ya que depende de la constancia del exceso de nutrientes que ingresa a las aguas, de las condiciones meteorológicas, de las características de la cuenca y del cuerpo de agua y de los ciclos del Nitrógeno y del Fósforo. Un lago, por ejemplo, puede presentar estados de eutrofización en diferentes zonas a lo largo y ancho del cuerpo de agua y en distintos momentos del año. Esto se debe a condiciones de la hidrodinámica, como la estratificación y la mezcla de agua, proceso que puede disminuir o aumentar la concentración de los nutrientes en las distintas capas o en el volumen total del lago; así lo demuestra el estudio de Gonzalo *et al.* (2009) para el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la DGA de Chile que investigaron varios lagos del país. La profundidad de los cuerpos de aguas también influye en el estado trófico siendo este un limitante de la productividad fotosintética (Ramírez & San Martín, 2008), lagos someros suelen ser eutróficos o hipertróficos (Moreno, Quintero, & López, 2010) debido a que la luz penetra con mayor facilidad a la totalidad del cuerpo hídrico. La cercanía a las fuentes de contaminación directa también tiene relación con la trofia y la eutrofización. Por último, determinar el nutriente limitante es fundamental ya que no todos los lagos responden con una explosión de la productividad primaria (*Bloom de algas*) por el exceso de un mismo elemento (Nitrógeno o Fósforo). Generalmente se estima que el nutriente limitante en las aguas continentales es el Fósforo debido a su menor disponibilidad general en el ambiente en comparación con el Nitrógeno (Dillon & Rigler, 1974 y Carlson, 1977), sin embargo, no siempre es así. Soto (2002) ya había propuesto que los lagos templados del sur de Chile presentaban posiblemente una limitación de productividad biológica por ambos nutrientes y que posteriormente se evidencia en Gonzalo *et al.* (2009).

Ahora la disponibilidad de cada nutriente es variada y depende claramente de sus diferentes compuestos y el ciclo natural de los mismos.

---

<sup>26</sup> Excepto si las condiciones naturales de las aguas muestren valores diferentes, pero en ningún caso menor de 5,0 o mayor de 9. Norma Chilena N°1333.

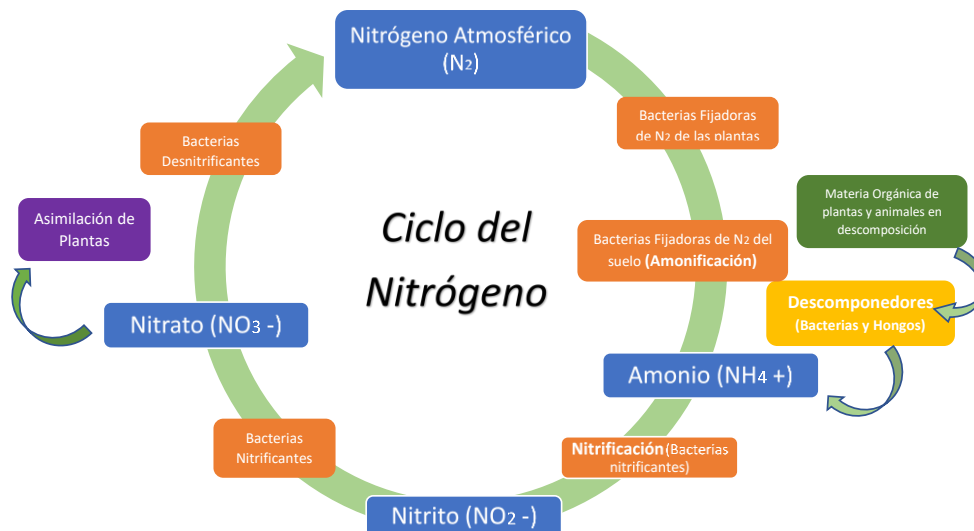


Figura 12: Ciclo del Nitrógeno. Fuente: Elaboración propia, 2018

El ciclo del Nitrógeno es un proceso natural y no dañino siempre y cuando este se desarrolle normalidad y no sufra mayores perturbaciones, situación no muy real al existir intervención antrópica en el medioambiente. En los sistemas acuáticos el ciclo del Nitrógeno es similar al terrestre, varía en que los elementos se pueden encontrar disueltos y, además, que los peces liberan amonio por sus branquias y excrementos (León-Muñoz, 2006 y Sandoval *et al.*, 2015) siendo una fuente directa de este compuesto. El Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) resulta ser tóxico para los peces y otras especies altas concentraciones, caso similar ocurre con los Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) (Sandoval *et al.*, 2015).

Debido a la oxidación del Nitrógeno (y al transporte de este en las corrientes acuáticas) la concentración de sus compuestos varía al igual que sus efectos sobre las aguas (León-Muñoz, 2006 y Navarro, 2014), por lo que es complejo analizar el impacto ambiental generado en las aguas por este elemento a menos que se registre constantemente sus valores a lo largo y ancho de los cuerpos de aguas para tener una idea más concreta de su comportamiento.

El Ciclo del Fósforo es diferente, primero la disponibilidad de este elemento es mucho menor que el del Nitrógeno, no se volatiliza (y no se encuentra en el aire) y su fuente es principalmente terrestre, precisamente de las rocas fosfatadas que mediante meteorización y lixiviación disponen este elemento hacia los suelos y aguas (Fósforo Inorgánico u Ortofosfatos) (Aristizábal & Cerón, 2012). Estas al ser absorbidos por plantas y microorganismos entran a la cadena trófica y vuelven nuevamente en forma de Fósforo Orgánico a través de los desechos y materia en descomposición para finalmente ser mineralizados nuevamente. Como la fuente de Fósforo del planeta son las rocas fosfatadas, su ciclo es lento debido a que es necesario su lavado para que los seres vivos asimilen el elemento. Existen otras fuentes de Fósforos, como los Trifosfatos, compuesto químico



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

utilizado en detergentes de todo tipo, y que, con el tiempo, pueden derivar en Ortofosfatos, siendo esta una fuente humana del elemento.

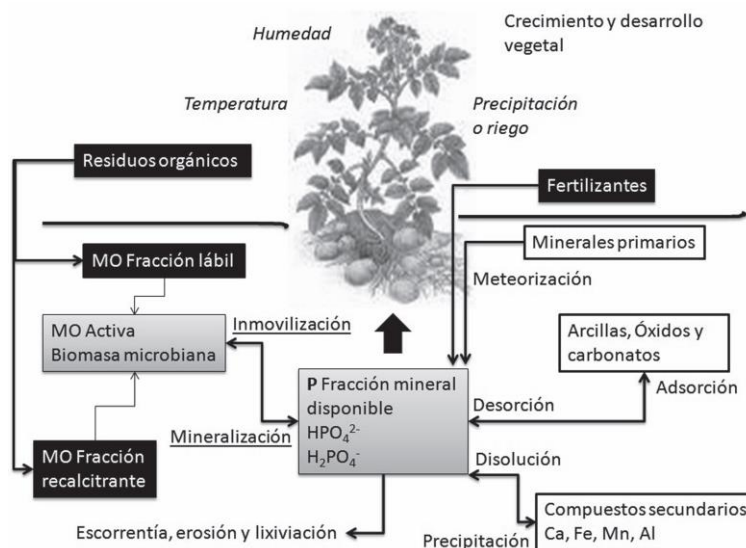


Figura 13: Ciclo del Fósforo. Fuente: Aristizábal & Cerón, 2012.

En relación con estos dos elementos que producen finalmente la eutrofización existen valores propuestos por organizaciones internacionales y particulares que establecen los límites de estos nutrientes, además de otros parámetros como la Clorofila - a y el Disco de Secchi, que pueden dar cuenta de los estados de trofia de un cuerpo de agua, sin embargo, existen diferencias entre los estudios y que radican principalmente en las metodologías y su aplicabilidad al contexto territorial al que se apunta a investigar.

Autor	Año	Cuerpo de Agua			Parámetros			
		Lagos	Ríos	Mar	Fósforo (P)	Clorofila - a	Disco de Secchi	
Carlson (Trophic State Index)	1977	X			Fósforo (P)	Clorofila - a	Disco de Secchi	
OCDE (Editado por Jorgensen y Vollenweider)	1982	X			Fósforo (P)	Clorofila - a	Disco de Secchi	
Dodds, Jones & Welch	1998		X		Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Clorofila - a en suspensión	Clorofila - a béntica
Nürnberg	1996	X			Nitrógeno (P)	Fósforo (P)	Clorofila - a	Disco de Secchi
Håkanson	1994			X	Nitrógeno (P)	Fósforo (P)	Clorofila - a	Disco de Secchi

Tabla 5: Parámetros para identificar el grado de trofia según diferentes autores. Fuente: Elaboración propia, 2018

En la Tabla 5 se aprecia algunas diferencias entre los autores, no obstante, todos utilizan en general el Fósforo y la Clorofila - a como variables para identificar el grado de trofia de un cuerpo de agua. Es singular que Dodds *et al.* (1998) sean unos de los pocos que dispongan un estudio sobre la trofia de ríos. Carlson (1977) realizó un parámetro

denominado Trophic State Index (TSI) en el cual utiliza la relación Fósforo, Clorofila – a y Disco de Secchi para obtener los rangos de trofia en lagos, y lo hace mediante una metodología muy elaborada, sin embargo, se sustenta solamente en el elemento Fósforo como base para el crecimiento de biomasa algal. La OCDE (1982) y Nürnberg (1996) basan sus parámetros para usos internacionales volviéndolos más versátiles y útiles para distintos lagos del planeta. Nürnberg además utiliza el parámetro de Nitrógeno entre sus estudios.

Hay que destacar que en la Tabla 4 solo aparecen algunos autores de los muchos que trabajan estos temas, como los que son recatalogados en Nürnberg, (1996), aun así, los señalados son de los más representativos debido a su aparición en distintas investigaciones. De todas formas, la gran cantidad de estudios y parámetros, y la diferencia entre los valores propuestos por cada autor, dan cuenta de la necesidad de generar una metodología nacional que identifique las variables particulares que influyen en los distintos cuerpos de aguas del país y sus límites de cambio de trofia, ya sea por su morfología, ubicación geográfica, composición geológica en la que se encuentra, etc., además de los factores antrópicos aledaños próximos. Actualmente existen normas nacionales que regulan el ingreso de nutrientes a los cuerpos de agua por parte de las industrias, como lo es el D.S. N°90 que regula los RILes; las Normas Chilenas N°1333 y 409 exponen los valores que las aguas deban poseer para diferentes tipos de usos, sin embargo, estas normas exponen lineamientos y parámetros de vertimiento y de uso, más que velar e identificar el estado ecosistémico de los lagos y ríos del país. No fue hasta el año 2010 que se comenzó a realizar las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para los lagos de Chile (empezando con el lago Llanquihue) que estima los valores mínimos y máximos de ciertos parámetros para mantener en un equilibrio ambiental al sistema. Aun así, esta norma no busca determinar los grados de trofia locales, sin embargo, se presenta con una metodología elaborada, donde se establecen fechas de muestreo mínimas y valores bases para determinar perturbaciones generales en los cuerpos de aguas.

## 2.4 La Percepción humana del territorio

La percepción ha sido estudiada por disciplinas como la filosofía, la psicología y la epistemología y ha sido tema de debate en varias corrientes como el positivismo, y el empirismo. La percepción, desde un ámbito práctico, consiste en todo lo que es perceptible a través de los sentidos, generando para el ser una imagen del espacio y tiempo determinado.

La percepción es un fenómeno ligado a la conciencia del ser y los sentidos que el mismo (ya sean valóricos, simbólicos, y afectivos) le puede dar al entorno perceptible. De esta forma se entra en áreas del desarrollo de la conciencia de las personas, como la psicología y la filosofía y otras corrientes del pensamiento que buscan explicar de alguna manera la forma y el proceso de percepción del sujeto sobre el entorno. Según Chaui (1996), existen tres concepciones fuertes sobre el sentido de la percepción: La empirista, la intelectualista y la fenomenológica. Para los primeros, las sensaciones y percepciones corresponden netamente a estímulos externos, donde el individuo es un ser pasivo. El conocimiento se

genera a partir de la repetición de estas sensaciones. No existe relaciones entre los individuos y el ambiente, son totalmente independientes. Para los intelectualistas ocurre un sentido inverso, el ser es el activo y su conocimiento está influenciado por la capacidad intelectual. El entorno, que es lo que puede ser percibido, es pasivo. En la última concepción, la fenomenológica, se presenta el hecho de que el sujeto y el entorno entregan sensación y percepción en una relación conjunta y simultánea. La fenomenología es un estudio desarrollado fuertemente por la filosofía, no obstante, tiene bastantes alcances y similitudes con los procesos descritos en la psicología, más específicamente en la psicología ambiental. Según Merleau-Ponty (1975), filósofo, toda conciencia es conciencia de algo y esa conciencia se genera cuando los seres humanos nos dirigimos al mundo como ser intencionales. El mundo está expuesto como *tejido sólido* y nosotros al percibirlo hacemos de él un objeto intencional. Este objeto intencional está lleno de sentidos y valores dados por el individuo. Alea Alina (2005) expone desde la psicología que tal proceso de generar conciencia sobre el entorno tiene su base en el enfoque cognoscitivo, donde el sujeto crea mapas cognitivos los que representan su entorno, pero nunca de una manera fiel a la realidad, sino más bien, una imagen personal, subjetiva. Los individuos tienden a recrear la realidad mediante sus conocimientos obtenidos a través de la percepción, pero resulta ser muy distinta a la de otros. Desde ambos campos se entiende finalmente que existe una personalización del mundo, de lo perceptible, otorgándole un sentido en la conciencia.

*“La Cognición presenta un proceso de reflejo cognoscitivo de la realidad, por la cual se reproducen internamente en los planos psíquicos y subjetivos, las relaciones y propiedades objetivas de la realidad” González Serra, Diego. 1977” (Alea, 2005., sin página).*

Para Merleau-Ponty (1975) existen dos formas de percibir el mundo, por acciones voluntarias (intencionalidades de actos) donde se pretende categorizar el ambiente; y en las relaciones con el entorno antes de las actitudes de categorización (intencionalidad operante). En esta última Merleau plantea que esta forma de dirigirse al mundo (intencionalidad operante) proporciona al ser la manera de traducir en un lenguaje exacto el conocimiento percibido. Así la percepción vendría siendo un proceso que anteviene cualquier categorización (intencionalidad de acto), por lo que la ciencia, el lenguaje y la cultura son solo una *expresión segunda* de aquella relación fundadora. Botelho lo describe de la siguiente forma en que:

*“Un niño, por ejemplo, percibe el mundo antes de organizarlo en categorías o por un lenguaje constituido. De esta forma, el mundo se revela para el sujeto que se dirige al mundo.” (Botelho, 2008., pág. 71).*

Las percepciones experimentadas desde la primera instancia humano – ambiente generarían posteriormente las variables que moldearían las percepciones futuras. Esta perspectiva de Merleau-Ponty intenta explicar el origen de los valores simbólicos desde una situación más bien primitivista del entorno y del humano, donde posiblemente no existen mayores influencias más que la existencia del sujeto y lo sensible. De acuerdo con lo dicho por el autor, se puede inferir que la estructura personal del humano, es decir, sus

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

características biológicas predispuestas en su organismo desde su creación, intervienen en la manera que perciben el mundo desde sus primeros años, y así con cada nuevo objeto sensible que se le aparezca en el transcurso del tiempo, de esta manera, cada ser, tendrá una concepción diferente sobre lo que ve o siente, a pesar de encontrarse, por ejemplo, en el mismo espacio sociocultural. De esta manera se alude a la creación de una identidad propia.

Allport (1935), citado por Casales, J. C. (1989), da cuenta de la situación antes señalada haciendo énfasis en la “actitud” la que consiste en:

*"un estado mental y neural de disposición, organizado a través de la experiencia, que ejerce una influencia directiva o dinámica sobre la conducta del individuo ante todos los objetos y situaciones con los que se relaciona" (Alea, 2005., sin página).*

Sin embargo, la actitud, es una predisposición psicológica del individuo para percibir el entorno que está influenciada a través de la experiencia, en la cual existen una infinidad de variables que la intervienen; el ser humano desde su primera instancia está sometido a sensibilidades externas (sociales y físicas) que permean en él y moldean los valores que le pueda asignar a los objetos y al mundo exterior, siendo finalmente esta relación dialogante primigenia entre individuos y ambiente la que difiere con la intencionalidad operante de Merleau-Ponty.

### 2.4.1 De las variables del entorno y las vivencias

Para Calixto y Herrera (2010) la percepción no se puede deslindar de la personalidad y de esta manera el perceptor interpreta de acuerdo con las coyunturas que ha vivenciado y experimentado. Esto explica que las percepciones no son procesos aislados, dependen de distintas variables y características tanto del ser como del entorno, asemejándose a lo que se plantea desde la fenomenología, donde ambas participantes de la percepción (Humano – Ambiente) son activos en el desarrollo de la conciencia.

Ahora esta percepción creada o interpretada como fue dicho por los autores anteriores forma parte del conocimiento, la que al mismo tiempo viene a ser moldeador o valor de una nueva cognición del entorno, es decir se vuelve a revalorar el mundo con conocimientos percibidos anteriormente, creando un ciclo constante; *“El ser y el mundo son polos indisociables en la fenomenología”* (Botelho, 2008, pág. 70). Ambos juegan un rol activo en la internalización de lo percibido; el humano sensible constantemente emplea lo experimentado para reutilizarlo para nuevas vivencias. Esto también es expresado por Valera y Enriq (1994):

*“La relación entre individuos y grupos con el entorno no se reduce solo a considerar este último como el marco físico donde se desarrolla la conducta, sino que se traduce también en un verdadero <<diálogo>> simbólico en el cual el espacio transmite a los individuos unos determinados significados socialmente elaborados y éstos interpretan y reelaboran estos significados en un proceso de reconstrucción que enriquece ambas partes. Esta*

*relación dialogante constituye la base de la identidad social asociada al entorno.” (Valera & Enriq, 1994).*

Existen variables del entorno que influyen finalmente la forma de percibir el ambiente y a la vez la manera en que esta se integra a la conciencia del ser. Estas variables se integran a las vivencias del sujeto, la que según sus propios criterios y valores personales las internaliza de alguna u otra forma creando una imagen de lo percibido.

Valera *et al.* (2002) organizó las variables que influyen en la percepción del ser en distintos tipos: variables del entorno físico, personales y culturales. Los grados en que estas variables intervienen en el sujeto pueden cambiar por lo que puede ocurrir que algunas personas no perciban de la misma manera un problema, o que simplemente no lo vean. Los factores que intervienen en las vivencias de las personas varían de acuerdo con las condiciones sociodemográficas del entorno. No es similar la experiencia que vive una persona mayor de edad que un(a) adolescente, debido a contextos socioculturales e históricos diferentes. Dentro del territorio también existe heterogeneidad de culturas y comunidades las cuales entregan sentidos de identidad distintas y para cada uno de los sujetos que las integran. De esta manera encontramos variables como la edad, el sexo, y las comunidades dispuestas en un espacio (entre otras variables sociodemográficas como los años de estudio de las personas), las que pueden influir en la forma de percibir e interpretar el ambiente. Los procesos económicos y políticos también se desenvuelvan en esta línea, los cuales son potenciales factores que, por motivos productivos o de planificación territorial, puedan modificar mucho más el entorno geofísico a través del tiempo, lo que influiría a las nuevas generaciones a observar y percibir el espacio de manera distintas a sus predecesoras (*Ibid.*, 2002).

Calixto y Herrera mencionan factores similares, entre otros más, que intervienen en la percepción de los individuos:

*“Las percepciones ambientales se comprenden a partir de la clasificación de la realidad, que funciona por medio del uso códigos, patrones o símbolos precisos, establecidos por factores de diversa índole (sociales, económicos, culturales, políticos, etcétera). Puesto que cada persona mira de distinta forma el ambiente que lo rodea y lo caracteriza de acuerdo a la historia de su vida.” (Calixto & Herrera, 2010, pág. 233)*

El ser humano, a pesar de poder identificarse como una entidad aparte del ambiente, se encuentra dentro del mismo, formando un elemento más que puede incidir en la manera en que otros perciben en el entorno, interactuando desde su perspectiva cultural o personal. De hecho, Botelho señala que *“No se trata de considerar la cultura como una esfera aparte, pues ella hace parte del mundo y, por lo tanto, del horizonte perceptivo.” (Botelho 2008. pág. 73)*, es decir que las variables culturales, producto de las relaciones humanas y el entorno, también se fusionan con el ambiente, siendo finalmente un aspecto más del “todo” holístico que puede ser percibido.

#### 2.4.2 De las actitudes y comportamientos

El ser y el medio ambiente se encuentran en una relación dialéctica donde intervienen los procesos psicológicos que finalmente regulan el comportamiento del sujeto. Esto ocurriría mediante la cognición y lo afectivo (Alea, 2005). Se alude por tanto que el valor y sentido que le dan a lo percibido influye en la manera en que como las personas se desenvuelven con el mundo mediante conductas físicas.

Según Piere (*Sin Año, y citado por la Alea, 2005*) las actitudes y el comportamiento no son lineales, sino que también responden a otros factores o variables, sumado al contexto presente del individuo. Por lo tanto, las reacciones del sujeto están sujeto a normas sociales, vivencias, características individuales, entre otras cualidades o variables. La manera en cómo un sujeto o un grupo de personas actúe con su entorno está influenciado por los valores que este les entrega y al mismo tiempo por las variables a las que se ven sometidos. El grado en que una persona interactúe con el mundo dependerá de estos factores.

El ser humano tiende a internalizar su entorno y los objetos en se encuentran en el transformándose en una herramienta más de su cuerpo. Merleau-Ponty (1975) establece que los objetos se convierten en instrumento con el cual se percibe y constituye el mundo, lo que lleva finalmente al “olvido” o invisibilización de las cosas en su relación sujeto-mundo. La extensión de lo percibido se funde con el ser y su sentido dado, volviéndose una esencia cotidiana del sujeto con el que se percibe. En este sentido parece ser un ciclo donde lo percibido en primera instancia se integra en el ser para luego ser parte del mismo y así volver a percibir más cosas. Esta abstracción de los objetos o de las variables externas terminan por regular y dirigir finalmente la manera en que los individuos se comportan en su cotidianidad. Ahora, estas acciones o actitudes tienen un sentido y una razón de ser. Valera y Enriq (1994) mencionan que los individuos utilizan distintos niveles de abstracción en función de las necesidades, es decir, según el interés que tienen estos de identificarse con otros individuos o grupos. Esto impulsa la idea de que las motivaciones son parte esencial de la relación de los sujetos con el medio, y de las acciones que así mismo realizan ya sea en espacios y tiempos determinados, o durante el transcurso del día a día. Esto también es expresado por González (1977) en Alea: *“Los procesos afectivos expresan como afectan los objetos y situaciones de la realidad a las necesidades del sujeto, y modifican su disposición para la acción correspondiente”* (Alea, 2005). Dicho de otra manera, los valores y el sentido dado a lo percibido, dentro de la conciencia, regula finalmente en como el ser se comportará con su entorno.

Las maneras de comprender las acciones del sujeto en relación con su entorno y de visualizar que motivaciones y/o sentidos están detrás de ellos son complejas. De acuerdo a Calixto y Herrera (2010) las personas tienden a sorprenderse al ser consciente de sus actos en relación con su entorno ya que consisten en procesos automáticos debido a esta asimilación olvidada como ya lo señaló Merleau-Ponty; se invisibiliza los objetos con los cual se relaciona. No obstante, Botelho (2008) menciona que la comunicación, y más precisamente el lenguaje, es una de las cualidades expresivas del ser humano, por lo que el cuerpo no solo es perceptivo, sino que expresivo. Merleau-Ponty (1975) menciona que

toda palabra está cargada de un valor, de sentido y que es un vehículo de significado. El habla es por donde el pensamiento se realiza, siendo las palabras o el lenguaje una expresión más que una traducción de lo que se piensa. El pensamiento no existe fuera de la comunicación o del habla, el lenguaje utilizado por los seres sensibles es una herramienta (además del comportamiento) que ayuda a entender la manera en que los sujetos individuales o colectivos se desenvuelven en el espacio, y los valores que estos les asignan a cada una de las cosas percibidas, (contexto ya explicado por Valera y Enriq y González). Además, la expresión verbal revela al mismo tiempo cuales son las variables que han intervenido en el proceso perceptivo de los individuos, ya señalándolos o haciendo referencias a las mismas.

### 2.4.3 La Percepción como herramienta

Resumiendo, y de acuerdo con la mayoría de lo expuesto por los autores, la percepción se configura más bien como un proceso psicológico dialogante y continuo entre el ser humano y el entorno que como un concepto. La toma de conciencia de los estímulos externos va generando constantemente valorizaciones de ellos configurando las actitudes y comportamientos de los individuos y que nutren nuevamente a los primeros, transformándolos a través del tiempo. El dicho de Heráclito *"Ningún ser puede cruzar el mismo río dos veces, porque ni el ser ni el agua serán los mismos."* se asemeja bastante a este proceso psicológico de la percepción; la relación dialéctica entre el ser y el entorno, y las experiencias vividas, van generando nuevas percepciones y significados, los que mutan a través del tiempo en esta relación continúa sin fin. La imagen o percepción de territorio se crea y reconstruye de acuerdo con las variables o perturbaciones que en el espacio aparezcan y de cómo los individuos, que viven estos cambios, los valoricen. A pesar de ser una mirada subjetiva del entorno, esta viene construida ya desde el entorno físico y social, por lo que los relatos de las personas son fuente primaria de los sucesos. Merleau-Ponty (1975) y Botelho (2008) afirman que el lenguaje viene a ser una expresión segunda de lo percibido pero que está ligada a la valorización del entorno y sus objetos; el relato entonces es una expresión y representación de los cambios ocurridos en el espacio que fueron (y son aún) vivenciados y experimentados por las personas, que si bien pueden ser miradas particulares de los individuos debido a sus posturas valóricas únicas, responden a factores o hechos externos concretos, siendo algo importante de analizar, más aún cuando en un grupo de personas el discurso es generalizado o con patrones repetitivos. En este sentido, la percepción para esta investigación es fundamental, primero, por una cuestión epistemológica de la geografía, donde reconocer estas valorizaciones y nociones de cambio del ambiente por parte de los humanos forma parte del conocimiento local (en el caso de estudio) y que a la vez se vuelve un contraste con los registros evolutivos cuantitativos, ya sea respaldando patrones o contradiciendo otros, lo que ayuda a revelar la "realidad" o "verdad" sobre los impactos ambientales ocurridos en la subcuenca; y segundo, por una cuestión metodológica ya que la percepción puede ser utilizada a diferentes escalas de investigación, ya sea en encuestas, entrevistas individuales, grupales, convivencia directa con los habitantes, etc.

Una de las maneras en que se pretende analizar las expresiones de los sujetos y así detectar los sentidos, valores y los cambios percibidos sobre su entorno es expuesto en Calixto y Herrera mediante los problemas perceptivos de Rodríguez clasificados en seis grupos: Detección, Discriminación, Reconocimiento, Identificación, Reproducción y Juicio. Cada uno de estos grupos juega un papel fundamental en la percepción del individuo. La detección implica que el ser identifique si se ha producido una perturbación del ambiente (sin reconocer la fuente), la discriminación consiste en detectar dos o más partes del estímulo externo. El reconocimiento busca identificar la fuente de la perturbación, la identificación va más allá de las clases de los objetos o estímulos e identifica uno único o varios específicos semejantes. La reproducción trata de reconstruir la escena originaria utilizando un objeto que se le entrega al individuo y que posteriormente es retirada de sus sentidos por un tiempo. Por último, el juicio consiste en un factor de cuantificación de magnitudes que determinan el resultado de la comparación entre estímulos. (Calixto & Herrera, 2010. Pág. 235)

Los grupos anteriores mencionados en Calixto y Herrera funcionan como una herramienta metodológica que puede ser utilizada desde el enfoque cualitativo para la interpretación del contexto territorial y las perturbaciones que haya habido en él. De acuerdo con Botelho (2008) y Merleau-Ponty (1975) es posible realizar un diagnóstico de valoración de entorno mediante las expresiones verbales utilizadas por los individuos, los que reflejarían el sentido dado al objeto u espacio con el que desenvuelven, siendo también beneficioso para la metodología y análisis cualitativo. La orientación perceptiva de esta investigación se sustenta en lo descrito anteriormente; en el hecho de que presta una mirada al ámbito social de un impacto ambiental, las que generalmente están fuera de los alcances de los estudios técnicos y más cuantitativos, y que sirve de contrapartida a la información levantada estadísticamente tomando a las personas como fuente real de los cambios percibidos en su espacio o territorio a través de los años.



## CAPÍTULO TERCERO METODOLOGÍA

### 3.1 Descripción de los pasos metodológicos

Esta investigación se realizó bajo los métodos cuantitativo y cualitativo, con los que se buscó vislumbrar los diferentes impactos asociados a la industria salmónica en su producción continental de aguas dulces. Dichos efectos ya mencionados en el marco teórico (contaminación de aguas por nutrientes y antibióticos, disminución de la biodiversidad y fauna nativa por escape de peces, y efectos sociales) no fueron posibles de identificar con la misma rigurosidad y con los mismos métodos. Los impactos asociados al ingreso de nutrientes a los cuerpos de aguas fueron muchos más factibles de analizar, al menos, estadísticamente, que el resto debido a la existencia de la red de estaciones fluviométricas proporcionados por la DGA y algunos estudios limnológicos levantados por la misma institución y de manera particular. Para evaluar e identificar el resto de los efectos se utilizó la percepción como teoría, y a la vez herramienta, que permitió a través de encuestas y entrevistas obtener relatos y las expresiones verbales que representaron las transformaciones del entorno y de los cuerpos de aguas y de su relación con ellos, siendo esto último evidencia de los cambios de comportamiento de los pobladores.

La metodología consto en dos etapas: Gabinete y terreno. El primero se realizó en otras dos partes: Estudio de gabinete previo al terreno y el posterior a él. En el primer gabinete se recopiló antecedentes del caso de estudio y bibliografía relacionada con las características de la subcuenca y del estado del asunto, y se trabajó con registros históricos de datos de calidad de los cuerpos agua superficiales, con los cuales se procesó y estandarizó en Excel según valores y parámetros de investigaciones pertinentes. Tras la ida a terreno se realizó la segunda parte de gabinete, donde se transcribió las entrevistas y se procesó las encuestas dando inicio a la redacción de los resultados y discusiones. En la etapa de terreno se recorrió la subcuenca a lo largo y ancho, visitando los poblados más accesibles y de mayor demografía. Tuvo una duración de casi un mes, donde se realizaron encuestas y entrevistas a una población objetivo-determinada. También se realizaron fotografías y se tomó en cuenta aspectos nuevos para la investigación nacida de los relatos de los entrevistados y encuestados, generando nuevas preguntas a los habitantes.

Para obtener resultados que respondan a la problemática y pregunta de investigación fue necesario recopilar antecedentes del caso de estudio, como levantar y procesar datos que hacían falta para comprender la dinámica productiva y ecosistémica de la subcuenca. En este sentido, para vislumbrar los impactos ambientales, precisamente de la industria salmonera, fue vital discriminar las variables que afectan o influyen en los impactos de la subcuenca, esto finalmente derivó en un objetivo específico y el primer resultado, ya que, a pesar de ser en mayor medida información de base y antecedentes, el procesamiento y la caracterización evolutiva de la misma se presenta como nuevos datos que no se obtienen de manera previa.

Cabe destacar que para toda la investigación se tomó en cuenta un periodo de 20 años (1995 – 2015). Dicho lapso de años se justificó debido a que; la primera instalación acuícola que se tiene registro en el área de estudio es desde el año 95', que la existencia de datos estadísticos relacionados con la calidad del agua tiene registros confiables o más completos hasta el año 2015 y que, el aumentar el rango de años a más de veinte implicaba aumentar

también la edad de la población objetivo para las encuestas y entrevistas siendo esto ya una limitación. El hecho de levantar un estudio sobre los posibles impactos generados por una industria requiere una investigación que abarque al menos un periodo de años permitiendo así vislumbrar la existencia de una perturbación constante en el medio. Un ejemplo de esto son las Normas Secundarias de Calidad Ambiental las que ya plantean un análisis de uno a dos años de los parámetros de los cuerpos de aguas para tener una visión de su calidad. Sin embargo, en este caso, debido a que no se puede desentender del proceso continuo de la industria acuícola y otras actividades, la que es bastante interesante para esta subcuenca, el periodo de estudio se justifica ya que la presión antrópica ha ido en aumento año tras años, por tanto, el territorio y los cuerpos de aguas se han ido sometiendo a esta influencia externa que puede estar cambiando sus parámetros constantemente.

A continuación, se presenta un resumen de la metodología por cada objetivo específico.

Objetivos	Fuente	Método	Herramientas	Productos
Identificar la evolución demográfica y de las actividades productivas que impactan al ambiente, en la subcuenca para el periodo 1995 – 2015.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de los Censos 1992, 2002.</li> <li>Catastro uso de suelo, 2013.</li> <li>Bibliografía sobre la producción histórica.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>DIA y RCA (SNIFA y SEA)</li> <li>SII, INE y ODEPA.</li> </ul> </li> <li>Solicitud de Información por Transparencia a SERNAPESCA:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Número de Instalaciones</li> <li>Producción</li> </ul> </li> <li>Información demográfica proveniente de las entrevistas realizadas en terreno.</li> </ul> (Trabajo de gabinete y terreno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis y descripción de los datos de Censo y producción Histórica</li> <li>Procesamiento de Catastro uso de suelo e información de SERNAPESCA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excel (Software)</li> <li>ARCGIS (Software)</li> <li>Entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contextualización de la Salmonicultura y otras actividades para la subcuenca, y la evolución demográfica de la población.</li> <li>Gráficos y Tablas evolutivas.</li> </ul>
Identificar los impactos producidos sobre la calidad de los cuerpos hídricos superficiales principales de la Subcuenca del Rahue por las instalaciones salmoneeras y otras actividades para el periodo 1995 – 2015.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos Estadísticos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Red de estaciones Meteorológicas y Fluviométricas de Chile (DGA)</li> <li>DIA y RCA (SNIFA y SEA)</li> </ul> </li> <li>Investigaciones Científicas:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ingreso de nutrientes desde las instalaciones acuícolas</li> </ul> </li> <li>Características de los ecosistemas acuáticos dulces y sus grados de trofia.</li> </ul> (Trabajo de Gabinete antes y después del terreno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis, procesamiento y ordenamiento de datos históricos</li> <li>Análisis de la Bibliografía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excel</li> <li>ArcGis</li> <li>Global Mapper (Software SIG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos históricos (1995 – 2015) de Calidad de los Cuerpos de Aguas.</li> <li>Evolución histórica de los ingresos de nutrientes a los cuerpos de agua desde las distintas fuentes</li> <li>Determinación de los niveles de trofia de los diferentes cuerpos de agua</li> </ul>
Identificar los impactos de las instalaciones salmoneeras y otras actividades en la Subcuenca del Rahue mediante la percepción de los habitantes rurales de la subcuenca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localidades Rurales</li> <li>Rubros locales</li> <li>Organizaciones Ambientales locales</li> </ul> (Trabajo de Gabinete y terreno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis del Discurso mediante el enfoque de Percepción</li> <li>Procesamiento de los relatos y de las encuestas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuestas y Entrevistas Semiestructuradas</li> <li>Kobocollect (Software Android)</li> <li>Dispositivo Móvil</li> <li>Grabadora</li> <li>Excel</li> <li>Atlas-Ti (Software)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción de los resultados de entrevistas y encuestas de las diferentes localidades rurales de la subcuenca.</li> </ul>

Tabla 6: Resumen de los insumos y productos metodológicos para cada objetivo. Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.2 Objetivo N°1

La evolución demográfica y productiva de la subcuenca consto de la unión de dos etapas, gabinete y terreno. La primera trató sobre trabajo de gabinete, donde se acudió a las plataformas del Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA) y del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) para obtener información de las industrias que se encuentran en la subcuenca. Se utilizaron en este sentido las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) que entregaron datos sobre producción, sometimiento a normativas ambientales, generación de contaminantes y personal a emplear para las instalaciones. En el caso de las instalaciones salmoneras, se requirió información por transparencia a SERNAPESCA para obtener datos sobre el emplazamiento, año de instalación y cancelación, y producción de smolts. Cabe destacar que no se pudo obtener datos sobre la cantidad de gente a emplear por las concesiones acuícolas. Para identificar otras actividades primarias, se utilizó el Catastro de Uso de Suelo realizado por la CONAF el año 2013. Para obtener una evolución de esta, se utilizó el programa SIG ArcGis donde se sobrepuso sobre el catastro imágenes satelitales Landsat pudiendo foto interpretar la evolución del terreno. Los años de las imágenes utilizadas fueron 2000, 2005, 2010 y 2015 para abarcar todo el periodo de estudio, siendo el año 1995 descartado por falta de imágenes satelitales existentes (ver Tabla 27 en Anexo N°3 para ver lista de imágenes utilizadas). Paralelamente se utilizó información bibliográfica sobre las características productivas históricas de la subcuenca, lo que se complementó con datos del Servicios de Impuestos Internos (SII), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la ODEPA. De estos últimos se obtuvo la evolución de la producción ganadera y la característica laboral general de la subcuenca. Para hacer un contraste con la caracterización productiva del caso de estudio obtenida del trabajo en gabinete, se utilizó los resultados de entrevistas de la etapa de terreno las que dan cuenta de un aspecto más local de la situación laboral y productiva.

Respecto a la evolución demográfica, en el trabajo de gabinete se utilizó datos de los censos del INE de 1992 y 2002 para obtener parcialmente la evolución demográfica. Ahora debido a que no se tienen registros más actuales, se complementó con información obtenida en la etapa de terreno, donde se acudió a los entrevistados y a instituciones cercanas como Carabineros de Chile que pudieron dar cuenta de la población estimada actual en algunas localidades de la subcuenca.

Finalmente se procesó los datos obtenidos de la evolución de las industrias, del uso de suelo y de la demografía, en el Software EXCEL para darle un orden lógico y obtener resultados en formato de gráficos que expliquen mejor la situación.

### 3.3 Objetivo N°2

En este objetivo, el que fue trabajado en gabinete, se levantaron los datos para identificar los efectos generados por los centros salmoneros y otras actividades en el área de estudio, enfocándose principalmente en el impacto por nutrientes en las aguas superficiales. Para esto se utilizaron las estaciones limnológicas de calidad de agua propuestas por la DGA para los casos de los ríos Coihueco y Rahue, las que registran varios parámetros y de manera histórica; y algunos estudios, como el de Campos (1995) y la DGA (2013) para el caso del lago Rupanco. Las variables analizadas fueron los elementos de Fósforo y Nitrógeno, y los parámetros como el pH, el Oxígeno Disuelto, Temperatura, Clorofila – a y Disco de Secchi. Cabe destacar que para las estaciones de los ríos solo se contó con los parámetros de Nitrógeno de Nitrato, Fósforo de Ortofosfato, pH y Oxígeno Disuelto, mientras que en los lagos se pudo levantar la totalidad de los descritos anteriormente. Posteriormente para evaluar cambios en los cuerpos de agua se utilizaron investigaciones que entregaban los límites de trofia y algunas ecuaciones para calcularlas. También se calculó el ingreso de nutrientes hacia los cuerpos de aguas superficiales desde las microcuencas mediante la exportación de estos según el uso de suelo, la población cercana, las precipitaciones y otras industrias; esto con el objetivo de determinar la participación de cada una de las fuentes contaminantes desde el enfoque evolutivo. Los valores utilizados para los ingresos de nutrientes desde los diferentes usos de suelos y desde las precipitaciones, son los propuestos por Campos (1995), en el caso de la exportación desde las microcuencas se utilizó otra investigación para obtener los valores desde las plantaciones forestales (Cárdenas, 2007) (ver Tabla 26 en Anexo N°3). Para obtener la cantidad de lluvia caída en la superficie del lago se recurrió a estimar la precipitación por isoyeta que lo cruzan (ver Figura 57 en Anexo N°11) mediante la variación porcentual de los datos obtenidos de la estación más cercana (Rupanco), luego se promedió las cifras obtenidas y se calculó la cantidad de milímetros caídas sobre el área del lago. Cabe destacar que para la medición de los elementos químicos se utilizó de manera estándar el Nitrógeno total y Fósforo total siendo estos la suma de sus compuestos<sup>27</sup>, debido a que casi la totalidad de la bibliografía recopilada usan estas formas de los elementos como índices para la evaluación de impactos acuáticos. Los autores y fuentes utilizadas para los rangos de impactos, principalmente por Nitrógeno y Fósforo se pueden ver en la Tabla 7, mientras que las fórmulas utilizadas para levantar los estados y/o parámetros que evalúen la trofia y la exportación de los nutrientes por cuenca se pueden ver en la Tabla 8.

---

<sup>27</sup> En esta investigación se consideró al Nitrógeno total como la suma de Nitrógeno Kjeldahl, Nitritos y Nitratos y al Fósforo total como la suma de Ortofosfatos (fósforo soluble), Polifosfatos y Fosfatos Orgánicos

Autor	Cuerpo de agua asociado	Valores/Rangos/Parámetros de referencia utilizados en la fuente y/o bibliografía
OCDE 1982	LAGO	LÍMITE FÓSFORO A MESOTRÓFICO: 10 ug/l
		LÍMITE CLOROFILA-A MESOTRÓFICO: 2,5 ug/l
		LÍMITE DISCO SECCHI MESOTRÓFICO: 6 ug/l
Nürnberg, 1996	LAGO	LÍMITE FÓSFORO A MESOTRÓFICO: 10 ug/l
		LÍMITE NITRÓGENO A MESOTRÓFICO: 350 ug/l
		LÍMITE CLOROFILA-A MESOTRÓFICO: 3,5 ug/l
Dodds, Jones, & Welch, 1998	RÍO	LÍMITE FÓSFORO A MESOTRÓFICO: 25 ug/l
		LÍMITE NITRÓGENO A MESOTRÓFICO: 700 ug/l
Decreto Supremo N°90 (Descarga de RILes)	Cuerpos de Aguas dulces	Nitrógeno Total: de 50 a 75 ug/l** Fósforo Total: de 10 a 15 ug/l**
Norma chilena N°409 (Agua Potable para humanos y animales)	Cuerpos de Aguas dulces	NO2 menos de 3mg/l. NO3 menos de 50 mg/l. Sabor: Insípida. Olor: Inodora. pH: 6,5 – 8,5
Norma Chilena N°1333 (Agua para otros usos)	Cuerpos de Aguas dulces	<b>Contacto recreativo directo:</b> pH: 6,5 – 8,3. Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales: Ausentes. Color: Ausencia de colores artificiales <b>Para garantizar la vida acuática:</b> Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales: Ausentes. Color: Ausencia de colores artificiales. Oxígeno Disuelto: 5 mg/l mínimo. pH: 6 – 9. Temperatura: No debe aumentar el valor natural en más de 3°C

Tabla 7: Fuentes y Parámetros utilizados para determinar los grados de trofia. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Autor	Cuerpo de agua asociado	Uso	Fórmula	Resumen Fórmula									
Vollenweider, 1976	LAGO	Ecuación permite calcular la <b>Carga Crítica de Fósforo total</b> en el lago. Toma parámetros del cuerpo de agua para ser más exactos	$LC = 17 * (Z/TW)^{0.6} (Z)^{0.4}$	Z: Profundidad media del Lago 17: Constante para lagos Oligotróficos Tw: Renovación teórica del Lago									
Campos, 1995	LAGO	Fórmula que permite <b>Calcular la Carga de Fósforo total</b> en el lago mediante la suma de los caudales de los afluentes y su concentración del nutriente*	$LN = \frac{Q_1 * [P_1] + \dots + Q_n * [P_n]}{A_0} = mg * año / m^2$	Calculo de la carga de Fósforo total en el lago Q: Caudal del afluente (m3/s) anual P: Concentración de fósforo total (ug/l) Ao: Área del lago en km2									
Carlson, 1977	LAGO	Fórmula que identifica el grado de trofia del cuerpo de agua (Lago) mediante el uso de diferentes parámetros ( <b>Trophic Index State</b> )	$TSI(SD) = 10 \left( 6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right)$ $TSI(Chl) = 10 \left( 6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln Chl}{\ln 2} \right)$ and $TSI(TP) = 10 \left( 6 - \frac{\ln TP}{\ln 2} \right)$	SD: Disco de Secchi (m) Chl: Clorofila-a (mg/m3) TP: Fósforo total (mg/m3)									
Campos, 1995.	LAGO Y RÍOS	Fórmula para determinar el ingreso de nutrientes desde las precipitaciones. Se usó el valor promedio anual de las concentraciones pluviométricas del estudio de Campos (1995) y las precipitaciones medias anuales caídas sobre el cuerpo de agua. Resultado en Toneladas	IPP = P Cpp / 1000 INP = P Cnp / 1000 Concentración de Nitrógeno total Anual (Ug/l): 280,27 Concentración de Fósforo total Anual (Ug/l): 45,99	Cpp: Concentración de Fósforo por Precipitación Cnp: Concentración de Nitrógeno por Precipitación P: Precipitación Media Anual sobre el cuerpo de agua (mm) Ipp: Carga de Fósforo por Precipitación (Toneladas) Inp: Carga de Nitrógeno por Precipitación (Toneladas)									
Jørgensen, S., Vollenweider, R. 1988	LAGO Y RÍOS	Fórmula para determinar el ingreso de nutrientes desde las poblaciones. Se usó el valor promedio y las poblaciones estimadas de las subcuencas del área de estudio.	IPw= EP x Σha CNw = EN x Σha <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Nutrientes</th> <th>Descargas per-cápita anuales</th> <th>Media</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fósforo</td> <td>800-1800 g</td> <td>1.200</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno</td> <td>300-3800g</td> <td>3.400</td> </tr> </tbody> </table>	Nutrientes	Descargas per-cápita anuales	Media	Fósforo	800-1800 g	1.200	Nitrógeno	300-3800g	3.400	Ipw: Carga Artificial de Fósforo Inw: Carga Artificial de Nitrógeno Ep: Carga Anual per cápita de Fósforo En: Carga Anual per cápita de Nitrógeno Σha: Total de habitantes de la cuenca
Nutrientes	Descargas per-cápita anuales	Media											
Fósforo	800-1800 g	1.200											
Nitrógeno	300-3800g	3.400											

Tabla 8: Fórmulas utilizadas para determinar el contenido de nutrientes. Fuente: Elaboración propia, 2018. \*Se utilizaron las exportaciones de nutrientes como la carga ingresada a lago Rupanco.

Para determinar el ingreso de nutrientes desde los centros salmoneeros se utilizó la estimación de Buschmann (2001), la evolución del FCR de la industria del salmón, y la producción histórica de smolts (en Kg y Toneladas) por centro de cultivo, esta última desarrollada mediante el balance hecho a través de los datos de producción de las DIAs, RCA de cada instalación, información entregada por SERNAPESCA<sup>28</sup> (ver Tabla 17 del subcapítulo 4.1.3) y la variación relativa de producción de smolts para las comunas de Osorno, Puyehue y Puerto Octay (la comuna de Río Negro no posee datos de producción) (ver Tabla 16 del subcapítulo 4.1.3).

Los resultados estadísticos obtenidos para ciclos de larga data, ya sea para un año o para el periodo de años 1995 – 2015, fueron en algunos casos promediados para simplificarlos y exponerlos de mejor manera. Este es el caso de los datos del Lago Rupanco, donde se utilizaron los datos levantados por Campos (1995) y de la DGA (2013) promediando los valores de las diferentes estaciones de muestreo en el lago logrando tener una perspectiva general del mismo. En ambas fuentes el periodo de análisis del lago Rupanco fue de un año siendo en Campos desde marzo del 94' hasta febrero del 95' y en la DGA desde la primavera del 2012 hasta la primavera del 2013.

Las herramientas utilizadas para generar los productos fueron Excel y ArcGIS 10.3. También se utilizó Global Mapper para obtener la altura (curvas de nivel) del relieve y obtener posteriormente las microcuencas de la subcuenca (ver Figura 47 en Anexo N°3 para ver las microcuencas).

### 3.4 Objetivo N°3

En este último objetivo se realizaron encuestas y entrevistas semi estructuradas en diferentes localidades rurales del área de estudio, principalmente las que se encontraban a orillas de los cuerpos de agua. La duración del terreno fue de casi un mes, desde el 15 de Enero hasta el 10 de Febrero del 2018. Dichas encuestas y entrevistas se crearon teniendo en cuenta los métodos de Detección, Reconocimiento y Juicio propuestos por Calixto & Herrera (2010) y el análisis del lenguaje como expresión verbal de lo percibido (Merleau-Ponty, 1975 y Botelho, 2008), de esta manera, las preguntas fueron enfocadas para discriminar y revelar patrones comunes de impactos o cambios en el entorno producto de las diferentes fuentes contaminantes. Se realizaron encuestas a los habitantes mayores de 18 años y que llevaban al menos 20 años viviendo en la localidad para identificar la evolución percibida en la subcuenca (población objetivo). Para las entrevistas se contactó con personas claves, principalmente habitantes que ocuparan cargos administrativos o sociales. En la Tabla 9 se pueden apreciar la lista de encuestas y entrevistas realizadas en las diferentes localidades, mientras que en la Figura 44 del subcapítulo 4.3 se puede apreciar cómo las encuestas están distribuidas espacialmente. El cuerpo de la encuesta y entrevista se pueden apreciar en los Anexos N°8 y 9 respectivamente. Las entrevistas se realizaron en ambientes de confianza para las personas y luego de aceptar el

---

<sup>28</sup> Información disponible solo desde el año 2010.

consentimiento informado del proyecto Fondecyt, documento imprescindible para validarlas y que se sustentan en el código ético de la Universidad de Chile (Comité de Evaluación Ético y Científico) (ver Anexo N°7 para el Consentimiento Informado). La duración de las entrevistas varió desde los 10 hasta los 50 minutos. En el Anexo N°3 se encuentra la Tabla 28 con la localidad, labor y seudónimo de los entrevistados.

Para las encuestas se utilizó dos formatos, una digital realizada mediante la aplicación KoboCollect, programa en las que se podría encuestar a través de un dispositivo móvil; y otra en formato impreso. La disponibilidad de ambos formatos permitió a las personas a preferir con cual se sentía más familiarizado y en confianza. El análisis estadístico de la encuesta fue levantado mediante la aplicación de celular KoboCollect y el Software Excel. Las encuestas y entrevistas poseían una estructura basada en Calixto & Herrera, 2010, y Merleau-Ponty, 1975, donde se emplearon preguntas de reconocimiento de cambios del ambiente, reconocimiento de las fuentes causantes de esos cambios y valorización de las industrias presentes en la subcuenca. Las entrevistas fueron mayormente utilizadas para análisis de los discursos, identificando palabras claves y anécdotas que los individuos reconocían sobre los cambios e impactos en el entorno, esto también se realizó parcialmente con las encuestas a través de preguntas abiertas. Cabe destacar que, a pesar de que ambas herramientas cualitativas tuvieron preguntas de enfoque global sobre los procesos y actividades realizadas en la subcuenca, se realizaron preguntas asociadas principalmente a la salmonicultura, como también sobre los cambios de los cuerpos hídricos superficiales aledaños.

Para un análisis y ordenamiento más efectivo de las respuestas en las entrevistas, se utilizó el programa Atlas-Ti donde se utilizaron códigos basados en los impactos generados por la acuicultura en Chile y algunos nuevos surgidos en terreno. Estos códigos permitieron la clasificación rápida de los párrafos y relatos que contenían la idea buscada (ver Tabla 10).

Localidad	Número de Encuestas	Número de Entrevistas	Cuerpo de Agua Cercano
Las Quemadas	21	2	Río Rahue
Pichil	30	1	Río Rahue
Cancura	30	2	Río Rahue
Desagüe Rupanco	21	1	Río Rahue/Lago Rupanco
Puerto Chalupa	15	-	Lago Rupanco
El Encanto	13	1	Lago Rupanco
Piedras Negras	20	4	Lago Rupanco
Osorno	-	2	Fuera de la Subcuenca
Entrelagos	-	2	Fuera de la Subcuenca
Total	150	15	

Tabla 9: Encuestas y Entrevistas. Fuente: Elaboración propia, 2018.



Grupo de Códigos	Códigos	Número de Citas
Rubro local	Actividades Locales	20
Salud local	Salud Local	7
Causas de los Efectos o Impactos Ambientales (Principalmente en el agua)	Domiciliarias (Emergentes)	2
	Naturales	7
	Otras Industrias	21
	Pesca Furtiva (Emergente)	12
	Pisciculturas	24
Estado Flora y Fauna	Estado de Peces	4
	Presencia de Flora	5
	Presencia de Fauna	26
Estado del Agua	Calidad Cuerpos de Agua Cercanos	25
	Cantidad Cuerpos de Agua Cercanos	9
	Estado Agua local (APRS)	6
Eventos de Impacto Ambientales	Eventos de Impacto Ambiental	12
Relación de las Actividades/Industrias con la Comunidad	Ambiente	16
	Instituciones Públicas	5
	Otras Industrias	14
	Pisciculturas	24
Ejercicio Institucional (Emergente)	Ejercicio Institucional (Emergente)	7

Tabla 10: Códigos utilizados para la clasificación de los relatos. Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.5 Limitaciones de la investigación

Entre las limitantes de la metodología, la de mayor importancia recae en la falta de instrumentos y tiempo para levantar parámetros de calidad de aguas de forma autónoma. Si bien, están las estaciones de fluviométricas de la DGA, estas no tienen un registro constante y regular (como lo exige las actuales Normas Secundarias de Calidad Ambiental para aguas continentales), además de que a partir del 2010 muchos parámetros dejaron de muestrearse, dejando así un vacío contextual para el periodo de los últimos cinco años. Caso similar ocurre con el estudio del Lago Rupanco hecho por la DGA para los años 2012 - 2013 donde el muestreo de los parámetros fue estacional en vez de mensual como ocurre con el de Campos (1995), además muchos datos también están incompletos en sus mediciones general y por estrato de la columna de agua. Otras de las limitantes se asocian a la escasez de bibliografía sobre los impactos y estado de calidad de aguas continentales, sobre todo en el caso local chileno. Esto último está estrechamente relacionado con la primera limitante donde es necesario generar estudios a más largo plazo, y con los implementos adecuados para su ejecución, enfocándose en el contexto físico-social nacional y regional. Por último, también es limitante la información entregada por las instituciones, principalmente SERNAPESCA, debido a que esta no siempre cumplió con requerido mediante Solicitud de Información, sobre todo con relación al periodo de años y a la producción de varias instalaciones acuícolas del área de estudio (ver Tabla 17 en subcapítulo 4.1.3)

En el caso del trabajo en terreno, las limitantes son propias de esta etapa; falta de acceso en zonas rurales, disponibilidad de habitantes, ya sea por población objetivo y disposición de las personas a ser encuestadas y entrevistadas, y tiempo. Lo dicho anteriormente sumado a la falta de información exacta de la población rural de la subcuenca repercutió en que la encuesta no sea representativa del área de estudio en razón al tamaño de muestra ideal, no obstante, sirve como guía para este y otros estudios a futuro con la misma temática.

### 3.6 Justificación del caso de estudio

La razón por la que se escogió la Subcuenca del Rahue para esta investigación recae en tres pilares. La primera es la evolución de actividades e industrias que presenta la subcuenca para el periodo de estudio (1995 – 2015) donde pasa de tener casi solo rubros ganaderos a una variedad de instalaciones empresariales, entre ellas, las salmoneras (ver Figura 17 del subcapítulo 4.1.2) lo que podría dar cuenta del cambio perceptivo de los habitantes frente a esta nueva dinámica industrial y de sus efectos en el territorio. La segunda razón se basa en la variedad de cuerpos de aguas e instalaciones salmonícolas existentes en la subcuenca. Al haber ríos y un lago, y al encontrar pisciculturas y concesiones salmoneras, se presenta un desafío, pero al mismo tiempo una oportunidad para identificar los distintos impactos producidos por las diferentes instalaciones de smolts y tipos de cuerpos de agua continental. Por último, la presencia de estaciones de muestreo de calidad de aguas en los ríos Rahue y Coihueco, donde es posible medir el cambio entre dos estaciones en un mismo río, fue imprescindible ya que esta situación es difícil de ver en otra cuenca de la región, sumado a que también cuenta con instalaciones salmoneras. Las razones anteriores, más la motivación de esclarecer la situación ambiental relacionada con la producción de esta industria acuícola en aguas continentales, hacen de la subcuenca un candidato interesante con herramientas disponibles para ser investigado.

## CAPÍTULO CUARTO RESULTADOS

#### 4.1 Evolución demográfica y productiva de la Subcuenca del Rahue

En esta investigación fue clave identificar otros factores que impactan al ambiente, además de la industria salmonícola, ya que no es posible desentenderse de los procesos globales que ocurren en la subcuenca y que puedan estar ejerciendo transformaciones más o menos considerables en el entorno. En este sentido, las actividades productivas primarias juegan también un rol importante en cómo y cuánto, por ejemplo, impactan en las aguas superficiales, entre otros efectos. La evolución de estos factores también fue imprescindible para el estudio ya que estos no son estáticos, su variación influye en la manera en que se relaciona con el ambiente. El crecimiento demográfico, la evolución de las actividades productivas, los cambios de uso de suelo; fueron los factores y variables principales analizadas en este estudio y presentadas como resultados ya que son productos creados a partir del procesamiento de información de gabinete y de terreno. Por último, se hace especial énfasis en la dinámica productiva salmonera de la subcuenca para el periodo de estudio. La realización de este objetivo permite discernir los efectos asociados a cada factor, principalmente a las relacionadas con el impacto hídrico. Cabe destacar que también se hizo un seguimiento evolutivo para el periodo de estudio para la precipitación y los niveles de agua de los cuerpos hídricos superficiales (altura para el lago Rupanco y caudal para los ríos Coihueco y Rupanco), sin embargo, formó parte de los antecedentes presentados en el capítulo uno.

Para la caracterización del rubro local, el contexto rural de la Subcuenca del Rahue impide obtener información exacta sobre la misma, ya que la información proveniente del SII y el INE no diferencian entre trabajadores informados urbanos y rurales, tomando siempre la totalidad de la comuna, por lo cual, la descripción evolutiva productiva y laboral que se presenta a continuación tiene un énfasis en la caracterización ganadera debido a su importancia histórica y además, mediante la lectura de uso de suelo, por ser la actividad principal que se desarrolla en gran parte del área de estudio. Por último, también se utilizó los resultados obtenidos en terreno mediante entrevistas donde se obtuvo una representación del rubro local más certera.

##### 4.1.1 Evolución demográfica

Para la Subcuenca del Rahue hay una escasa información sobre datos demográficos para el periodo de años 1995 - 2015 debido a que muchas localidades rurales no han sido censadas. En la Tabla 11 a continuación se puede apreciar la evolución relativa de la población en las diferentes Subsubcuencas del área de estudio, la que fue realizada posteriormente de la visita a terreno.

POBLACIÓN POR SUBSUBCUENCA							
	Subsubcuenca del río Rahue			Subsubcuenca del río Coihueco		Subsubcuenca del Lago Rupanco	
Años	1995*	2002**	2015***	2002**	2015***	2002**	2015***
Población	600	900	2500	100	600	200	1500

Tabla 11: Población Aproximada por Subcuenca del Área de Estudio. Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Censo y datos obtenidos a partir de trabajo en terreno. \* Censo 1992, \*\* Censo 2002, \*\*\* Estimaciones basadas en información obtenida en terreno.

De acuerdo con los relatos de los entrevistados e información local de Carabineros de Chile, las localidades con mayor población son Cancura, con cerca de 1000, y Pichil, con cerca de 800 personas. Cancura es la única que cuenta con un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas debido al crecimiento demográfico del lugar (ver Figura 14). El resto de los poblados no cuenta con cifras oficiales exactas, además de que su densidad poblacional es mucho más baja que el de Cancura o Pichil.



Figura 14: Evolución demográfica de Cancura 2002 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth, 2018.

#### 4.1.2 Evolución productiva y económica

##### 4.1.2.1 Descripción productiva de la Subcuenca y su uso del suelo

De acuerdo con el carácter productivo del área de estudio es posible afirmar su fuerte dependencia a la crianza de ganado. Esto se refleja en el gran porcentaje de suelo actual dedicado a las praderas (cerca del 40%) en las que se cultivan plantas forrajeras (CONAF, 2013) utilizadas para la alimentación de ganado (ver Tabla N°13 y Figura 16 más adelante). Dicha situación es reflejo del contexto regional donde más del 30% de los terrenos están destinados para la crianza de ganado (después del forestal) en las que se generan cerca de  $\frac{1}{4}$  de la producción de ganado, y casi el 50% de la láctea, del país (ODEPA, 2018). Este rubro ganadero local tiene sus raíces en siglo XIX y durante el XX, donde se impulsó con políticas públicas el poblamiento territorial de colonos alemanes en los alrededores de Osorno que incentivarán esta actividad (Peralta, 1991). Ahora, a pesar de que el área de estudio se caracterice por ser ganadera, la situación regional está dando vistas de un decaimiento de este rubro. De acuerdo con los Censos Agropecuarios del año 1997 y 2007, e información actual del censo bovino del 2015, el número de cabezas bovinas y del ganado total han ido bajando considerablemente (ver Tabla 12) (INE, 2016 y 2018).

En relación con los empleados, al año 2014 la actividad de agricultura, ganadería, caza y silvicultura poseía un 15,7% de los trabajadores dependiente informados de la región, el más alto después de la Pesca (SII, 2018). De acuerdo con los datos de las cuatro comunas que se encuentran en el área de estudio, existen cerca de 8000 mil trabajadores dependientes en el área de crianza de ganado, número mucho mayor que el de otras

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

actividades, inclusive la silvicultura (*Ibid*, 2018). Esta situación no ha cambiado mucho con el transcurso de los años (ver Figura 15). Dentro de esta dinámica ganadera, la comuna de Puerto Octay es la que tiene más gente dependiente informada en este rubro siendo cerca del 50% aproximadamente desde el año 2005, luego le sigue Río Negro y Puyehue con tasas anuales más variadas de trabajadores pero que casi siempre superan el 25%. No obstante, dichas cifras pueden no representar la realidad del área de estudio debido a que la Subcuenca del Rahue solo abarca una porción de cada comuna (ver Tabla 1 del subcapítulo 1.2), sin contar con los trabajos informales rurales.

Evolución del Ganado en la Décima Región	Censo 1997		Censo 2007		Censo Bovino 2015
	Bovinos	Total Ganado	Bovinos	Total Ganado	Bovinos
Número de Cabezas	1.587.557	2.151.991	1.047.194	1.483.110	894.988

Tabla 12: Evolución del Ganado en la Décima Región. Fuentes: Elaboración propia en base a Censos Agropecuarios, INE, 2018.

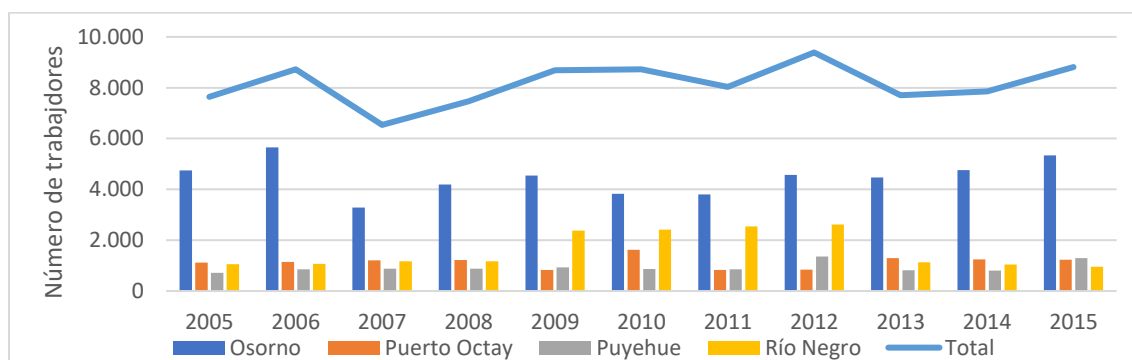


Figura 15: Número de trabajadores dependientes anual de la ganadería por comuna (2005 – 2015)<sup>29</sup>. Fuente: Elaboración propia en base a los datos otorgados por el SII, 2018.

En los últimos veinte años han aparecido una serie de otras actividades en la subcuenca ampliando la oferta laboral de carácter industrial y primaria. Entre estas están las forestales, las empresas de áridos, las instalaciones salmoneras, las lecheras, los mataderos y las hidroeléctricas. Como se aprecia en la Figura 16 de evolución de uso de suelo y en la Figura 17 de evolución de instalaciones industriales de la subcuenca, para el año 1995 la industria salmonera, junto con la ya histórica ganadería, dominaban la subcuenca principalmente la zona lacustre, pero esto cambia cuando para el año 2005 comienzan a llegar pisciculturas y otras industrias a orillas del río Rahue, y ya para los años 2010 y 2015, esta presión sobre el río crece notoriamente con la llegada de más instalaciones (empresas lecheras, mataderos, áridos y pisciculturas), mientras tanto, por el lado del lago Rupanco existe un aumento de hidroeléctricas. La silvicultura también presenta mayores predios para el año 2010 y 2015. De acuerdo con la Tabla 15 las instalaciones que más ofrecen trabajo durante la operación son las industrias lácteas, el matadero Mafrisur y la planta de celulosa Roble Alto S.A. luego le siguen las pisciculturas, las instalaciones de extracción de áridos y finalmente las hidroeléctricas. Muchas de las industrias ofrecen gran cantidad de trabajo en

<sup>29</sup> Considera todas las actividades relacionadas específicamente con la crianza de animales para las cuatro comunas, SII, 2018.

las etapas de construcción, sin embargo, terminada esta etapa, la oferta laboral desciende considerablemente. Hay que destacar que no fue posible obtener información pública e institucional sobre la mano de obra utilizadas en las instalaciones salmoneras ubicadas en el lago (concesiones).

En relación con la evolución del uso de suelo desde el año 2000 al 2015, la subcuenca no ha presentado grandes cambios, siendo los más particulares el aumento de superficie dedicada a Plantaciones forestales (de un 2,6 a un 5,07%) y el descenso de praderas y matorrales a causa de la primera dedicadas al uso ganadero (de un 40,19 a un 37,88%) (ver Tabla 13 y Figura 16).

USO	AÑO 2000		AÑO 2005		AÑO 2010		AÑO 2015	
	Superficie en Ha	%	Superficie en Ha	%	Superficie en Ha	%	Superficie en Ha	%
Areas Sin Vegetacion	5899,20	2,73	6310,61	2,92	5901,91	2,73	5901,91	2,73
Areas Urbanas-Industriales	160,53	0,07	175,01	0,08	201,03	0,09	201,03	0,09
Bosques	90169,00	41,78	90605,50	41,86	90093,30	41,69	90093,30	41,68
Cuerpos de Agua	24766,40	11,47	24766,40	11,44	24791,20	11,47	24791,20	11,47
Humedales	117,13	0,05	117,13	0,05	117,34	0,05	117,34	0,05
Nieves y Glaciares	1058,30	0,49	1058,30	0,49	1058,80	0,49	1058,80	0,49
Plantaciones	5761,10	2,67	6705,38	3,10	10958,60	5,07	10958,60	5,07
Praderas y Matorrales	86757,20	40,19	84550,60	39,06	81827,80	37,86	81892,40	37,88
Terrenos Agrícolas	1154,69	0,53	2162,80	1,00	1156,80	0,54	1156,80	0,54

Tabla 13: Comparación de Usos de Suelo en la Subcuenca del Rahue 2000 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a la fotointerpretación generada a partir de la cobertura de usos de suelo de CONAF, 2013.

Por último, respecto a la cercanía de instalaciones empresariales con cada localidad, en la siguiente Tabla 14 se aprecia que los poblados con mayor presión industrial son Pichil, con una influencia por otras actividades como lácteos y mataderos, y Cancura con una predominancia en pisciculturas.

Número de instalaciones industriales cercanas a menos de 5km a la redonda	Localidades						
	CANCURA	DESAGÜE RUPANCO	EL ENCANTO	LAS QUEMAS	PICHIL	PIEDRAS NEGRAS	PUERTO CHALUPA
Salmonícolas	4	2	1	1	1	2	1
Otras industrias	2	-	-	1	5	-	-

Tabla 14: Número de instalaciones industriales cercanas a las localidades de la subcuenca. Fuente: Elaboración propia, 2018.

# Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Nombre Empresa	Rubro	Año de Ingreso Proyecto	¿Es Piscicultura de Reciclación?	Cuerpo de Agua Relacionado	Personal de Trabajo en Obra (Inicial/Final)	Personal de Trabajo en Operación (Inicial/Final)	Lugar	Sancciones	Año Sanción	Motivo de Sanción
Central Hidroeléctrica de Capullo	Central hidroeléctrica	1995	-	Río Pulelfu	-	-	El Encanto	No	-	-
Alcantarillado y Planta de tratamiento de Aguas Servidas	Alcantarillado	2002	-	Río Rahue	-	-	Cancura	No	-	-
AquaFarms S.A. Piscicultura el Copihue	Acuicultura con salmonídeos	2011	No	Río Rahue	/ 18	10	El Copihue (Cancura)	Si	2016	Omisión informe autocontrol DS N° 90 / Supera en norma algunos parámetros.
Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2009	-	Río Rahue	15 / 15	20 /	Fundo El Almud (Cancura)	No	-	-
Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2011	-	Río Rahue	-	20 /	Sector el Almud (Las Quemadas)	No	-	-
Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2013	-	Río Rahue	-	8 /	Sector el Almud (Las Quemadas - Pichil)	No	-	-
Central Hidroeléctrica de Paso La Flor / Empresa Eléctrica La Flor S.A.	Central hidroeléctrica	2010	-	Río Pulelfu	100 /	6 /	El Encanto	No	-	-
Central Hidroeléctrica Pulelfu / Empresa Eléctrica La Leonera S.A	Central hidroeléctrica	2006	-	Río Pulelfu	150 /	5 /	El Encanto	No	-	-
Conjunto Hidroeléctrico Bonito / Hidrobonito S.A.**	Central hidroeléctrica	2011	-	Estero sin Nombre y Río Bonito	35 /	1 /	Río Bonito	No	-	-
DRENAJE SUPERFICIAL FUNDO SAN PEDRO-COIHUECO / Toromiro S.A.	Drenaje	2014	-	Río Coihueco	15 /	2 /	Sector Coihueco - Rupanco	-	-	-
LÁCTEOS PATAGONIA	Elaboradora productos lácteos	2006	-	Río Rahue	140 /	120 /	Pichil	No	-	-
Mafrisur S.A.	Frigorífico (Faena de animales)	2004	-	Estero Pichil (Afluente Río Rahue)	400 /	100 /	Pichidamas	Si	2017	Omisión informe autocontrol DS N° 90 / Supera en norma algunos parámetros / No realizo remuestreo
Mini Central de pasada El Callao / Hidrocallao S.A.	Central hidroeléctrica	2009	-	Captación Río Callao/Efluente Lago Rupanco	20 /	2 /	Río Callao	No	-	-
Mini Central de pasada Río Nalcas / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	-	Río Nalcas	20 /	2 /	Río Nalcas	No	-	-
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco Rupanco / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	-	Río Blanco	20 /	2 /	Río Blanco	No	-	-
Mini Centrales Hidroeléctricas de Pasada Palmar - Correntoso / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	-	Río Pulelfu / Río Correntoso	30 /	4 /	Las Parras - Santa Elvira	No	-	-
Modificación Piscicultura Aguas Buenas (Sistema de Enslaje) / Piscicultura Puerto Octay S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2010	-	Río Blanco (Afluente Río Coihueco)	3 /	3 /	Aguas Buenas	No	-	-
Nestle Chile S.A	Elaboradora productos lácteos	2009	-	Río Rahue	420 /	245 /	Pichil	No	-	-
Piscicultura Cancura. Cermaq /	Acuicultura con salmonídeos	2010	No	Río Rahue	15 /	15 /	Cancura	No	-	-
Piscicultura Cancura. Salmones Cancura Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2004	No	Río Rahue	18 /	30 /	Cancura	No	-	-
Piscicultura El Venado	Acuicultura con salmonídeos	2011	Si (2011 - 2012) / No (2013)	Río Rahue	15 /	15 /	Cancura - Desagüe Rupanco	No	-	-
Piscicultura Las Vertientes Sector 1 / Las vertientes Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2007	No	Río Rahue	25 /	-	Fundo estancia las Vertientes (Cancura - Desagüe Rupanco)	No	-	-
Piscicultura Las Vertientes Sector 2 / Las vertientes Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2007	Si	Río Rahue	15 /	10 /	Fundo estancia las Vertientes (Cancura - Desagüe Rupanco)	No	-	-
Piscicultura Pulelfu / Piscicultura Pulelfu S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2002	No	Río Coihueco	-	6 /	Sector Río Coihueco	No	-	-
Piscicultura Río Rahue / Salmones Humboldt SPA	Acuicultura con salmonídeos	2010	No	Río Rahue	28 / 8	30 / 20	Cancura	No	-	-
Piscicultura Rupanquito / Salmones Antártica S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2002	No	Río Rahue	/ 30	-	Cancura	No	-	-
Piscicultura Santa Juana. Cermaq S.A. / Humboldt S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2005	No	Río Rahue	15 /	15 /	Cancura	No	-	-
PISCICULTURAS CASA DE LATA	Acuicultura con salmonídeos	2006	No	Río Rahue	15 /	10 /	Pichil - Las Quemadas (Casa de Lata)	No	-	-
PISCICULTURAS LAS QUEMAS CHILE S. A.	Acuicultura con salmonídeos	2007	No	Río Rahue	20 /	6 / 15	Las Quemadas	Si	2013 - 2014	Omisión informe autocontrol DS N° 90
Planta Unidad Sur /Envases Roble Alto S.A.	Papelera/Celulosa	2009	-	Estero Pichil (Afluente Río Rahue)	190 /	350 /	Pichil	No	-	-
Remodelación Piscicultura Puerto Fonck / Salmones Multiexport Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2006	Si	Estero Curaco (Afluente Río Coihueco)	20 /	12 /	Puerto Fonck	No	-	-

Tabla 15: Resumen General de las Instalaciones Industriales de la Subcuenca del Rahue, 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida desde los RCA, DIAs y la plataforma de fiscalización de SNIFA. \*\*Única estación que expresa contar escalera para el paso de peces.



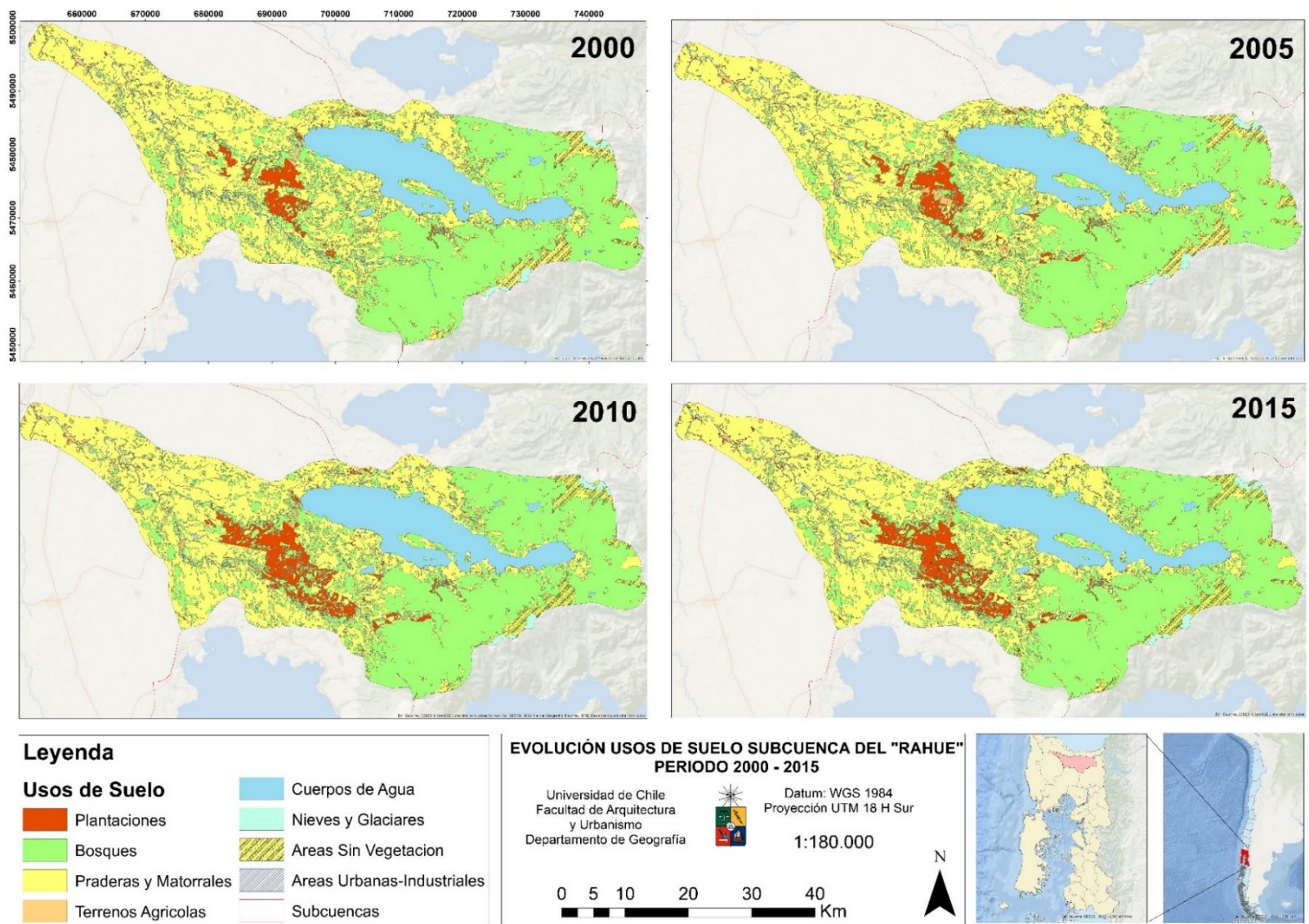


Figura 16: Cartografía de Evolución Uso De Suelo Subcuenca Del "Rahue" Fuente: Elaboración propia en base a la cobertura de suelo y vegetación de CONAF, 2013.

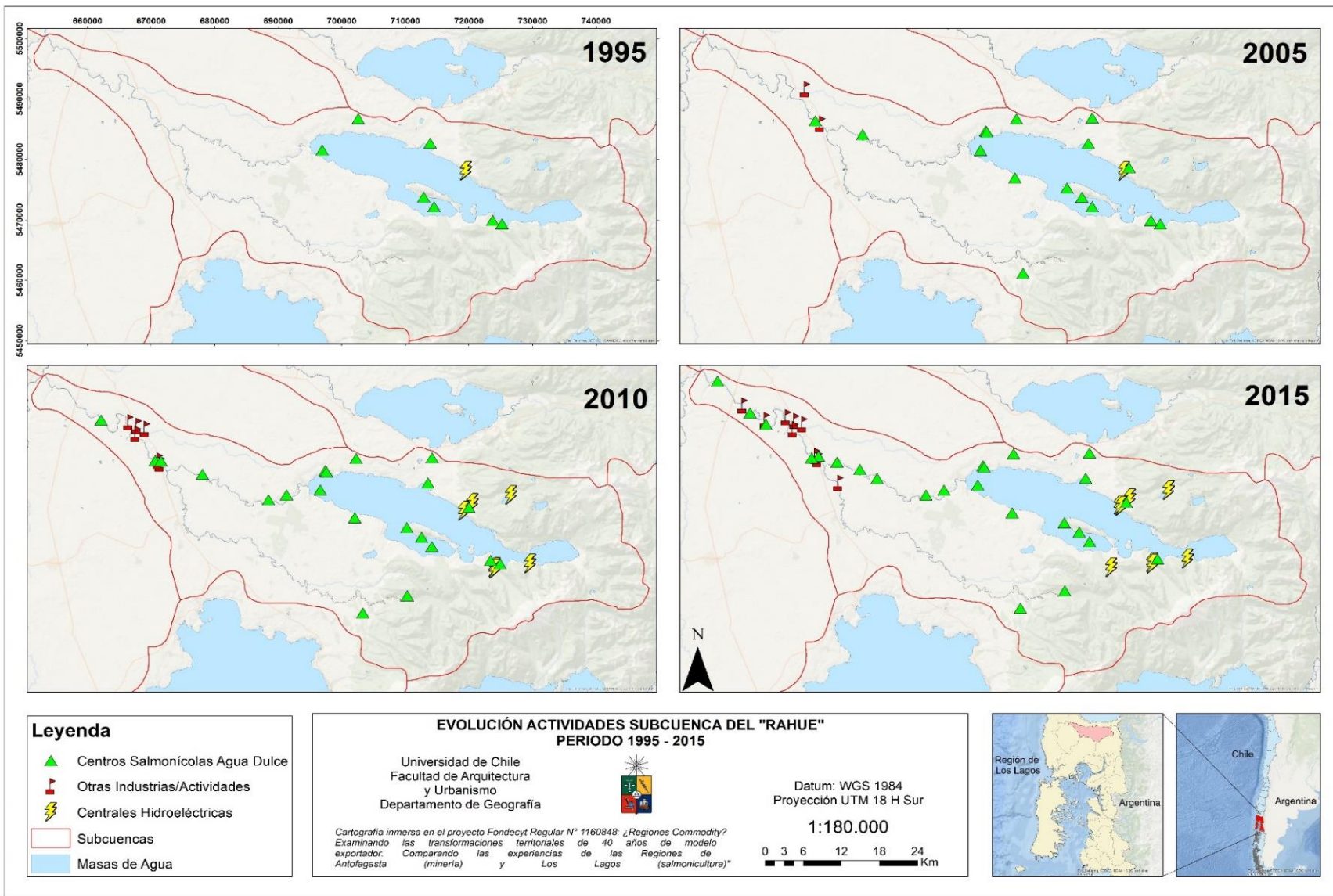


Figura 17: Cartografía N°3 Evolución De Actividades Subcuenca Del "Rahue. Fuente: Elaboración propia en base a centros otorgados por SERNAPESCA, SNIFA y SEA, 2017.

#### 4.1.2.2 Descripción productiva local

De acuerdo con las encuestas y entrevistas realizadas en terreno, la actividad común que desarrollan los habitantes y que sobresale en los discursos de las entrevistas son las labores primarias, es decir, agropecuarias y que poseen una fuerte influencia estacional (Temporeras/os), no obstante, existen diferencias condicionadas por la geografía de los poblados, por ejemplo, las localidades de Las Quemadas, Pichil y Cancura, que se encuentran en zonas de valles y bordeando el río Rahue, se desarrolla la agricultura y el pastoreo en mayor grado, las industrias de cecinas y lecheras que se ubican a lo largo de los caminos, son más recientes y al parecer con un menor grado de trabajadores locales. Las personas de estas áreas son chacareros o apatronados, situación que se refleja mayormente en el sector de Cancura, la de mayor población y que es ejemplificada por los entrevistados.

##### **Cita N°1:**

*“...es un pequeño villorrio donde la mayoría de los habitantes son... están bajo el 40% de acuerdo a la ficha de protección social, son familias vulnerables, se dedican a la crianza de ganado menor, ehh, son chacareros muchos (EN: ¿Chacareros?) Chacareros se dedican a la venta de hortalizas, ellos producen sus hortalizas y las venden acá en Osorno, em, en el sector hay pequeñas fábricas de cecinas, de quesos, como te digo la mayor cantidad de gente es de campo, los hijos van a la escuelitas rurales que hay en el sector de Pichil, de Cancura, las mujeres, o sea los jefes de hogar, la mayoría trabaja en predios como obreros agrícolas, casi todos ganan el sueldo mínimo, las mujeres lagunas son asesoras del hogar, el resto casi todas dueñas de casa.” (Trabajadora Pública, Osorno).*

En el sector del lago Rupanco la situación cambia, como es visto en la cita anterior hay mujeres asesoras del hogar, contexto dado por la existencia de condominios en las orillas del lago. La presencia de concesiones salmoneras cercana a los poblados proporciona una fuente de empleo para varias familias, ahora esta oferta laboral desde las pesqueras se condiciona a una estacionalidad ligada a la dinámica productiva de la industria (ver Cita N°2).

##### **Cita N°2:**

**EN: Quería preguntarte, ¿Tú sabes a que se dedica la gente en generalmente en el lugar?**

*E: Si, a la salmonicultura, tenemos acá cerca 3 salmoneras, nosotros somos Salmones Austral, está Multiexport y Aguasana, y la mayoría de la gente en promedio de 25 y 60 años, está trabajando en 60 % 70% en salmonera, el resto de personas, hay un grupo que trabaja en una hidroeléctrica y el resto de personas trabaja en sus casas en temas de lechería, ganadería, y cultivos, y las mujeres es un poco más complejo su tema laboral, porque ellas por lo general si no logran trabajar en una planta con la salmonera, están de dueñas de casa. (...) Aquí en este centro a mí me gusta trabajar con mujeres, sobre todo en la alimentación y contrato hartas mujeres, o sea el 50% de los trabajadores de acá son mujeres.*



**EN: ¿Cuánta gente trabaja en la salmonera?**

E: Ahora somos 45 personas

**EN: ¿Cambia durante el año?**

E: si, nosotros tenemos 8 meses con trabajo más o menos fuerte, y hay 4 meses que no tenemos trabajo, entonces en esos 4 meses esa gente queda sin fuente laboral, pero es por un tema productivo, que la especie que nosotros cultivamos, se cultiva entre 6 a 8 meses. **(Representante Empresa 1).**

**Cita N°3**

*“Bueno es una fuente de importante trabajo para algunas familias, el tema de lo que es las salmoneras, en este caso Lago Rupanco, la hidroeléctrica, bueno generar energía más que nada, trabajo muy poco con excepción de cuando se hace la obra, porque después queda un personal mínimo por lo que conozco trabajando en la misma hidroeléctrica.”*  
**(Dirigente APR 2, Desagüe Rupanco).**

**Cita N°4**

*“Apatronados y después las pesqueras que es una gran parte que le dan trabajo a la gente, a la juventud, después de contaminar las aguas, pero dan trabajo para la zona, no podemos estar disconformes”* **(Dirigente Vecinal 5, Piedras Negras).**

Respecto al turismo en las localidades, impulsada por la actividad de pesca deportiva resulta ser un factor que considerar dentro de la generación de ingresos, al menos, para la zona lacustre.

**Cita N°5**

*Más beneficio, el turismo yo creo es un beneficio más limpio y (...) El turismo trae trabajo, uno puede vender sus pocas siembras que hace, no si la verdad que el turismo...”*  
**(Dirigente Vecinal 5, Piedras Negras).**

Por último, la presencia de hidroeléctricas, las que se ubican preferencialmente en la cabecera de la subcuenca, no influye notablemente en el empleo local, ya que como es mencionados por algunos entrevistados, solo generan trabajo durante las obras como es mencionado en la *Cita N°3*.

#### 4.1.3 Caracterización Salmonícola

Dentro de la subcuenca se ubican diferentes tipos de centros de cultivo, las ya nombradas concesiones acuícolas en el lago Rupanco y las pisciculturas en las orillas de ríos y esteros. Actualmente solo 7 de los 24 centros son concesiones y se ubican solo en el lago, del resto que son pisciculturas, solo dos son de recirculación (ver Tabla 15 en el subcapítulo anterior). Ahora esto no siempre fue así, la industria salmonera fue paulatinamente incorporándose en la subcuenca con instalaciones a las orillas del río Rahue. En solo cuatro

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

años (2004 – 2008) se instalaron 10 pisciculturas y no fue hasta el 2011 que la crianza de smolts en ríos tomo mayor peso productivo en el área de estudio (ver Figura 18 a continuación).

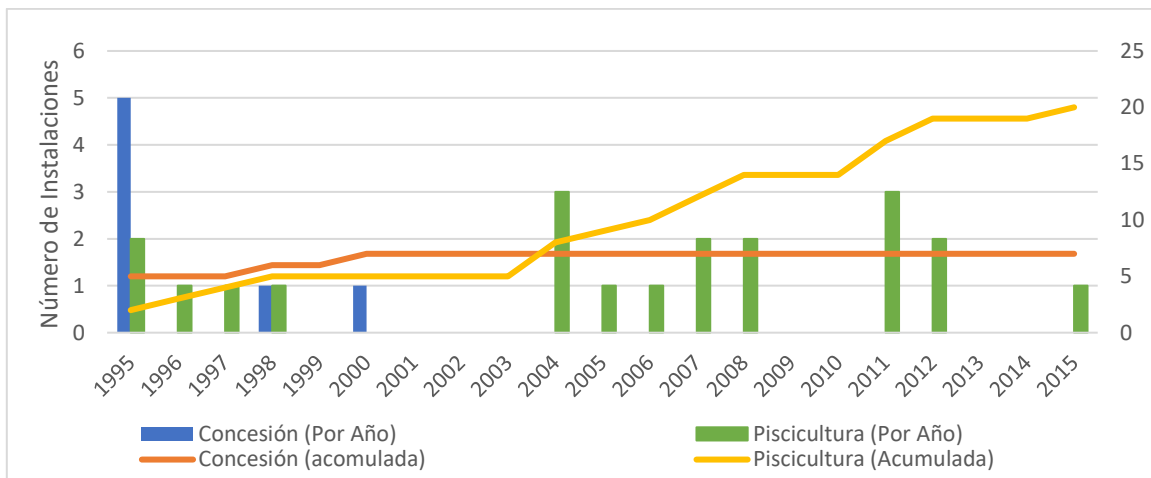


Figura 18: Evolución Centros de Cultivo en la Subcuenca del Rahue (Por año y acumulada).  
Fuente: Elaboración propia en base información obtenida por SERNAPESCA, 2018.

### 4.1.3.1 Evolución productiva de la industria salmonera

El Feed Conversión Rate (FCR) y la variación porcentual de las cosechas anuales de smolts registradas por SERNAPESCA<sup>30</sup> son los dos factores que influyen en la producción final de peces en la Subcuenca considerando las producciones individuales de cada centro de cultivo. En la Tabla 16 se aprecia la evolución de ambas variables de acuerdo con distintos grupos de periodos. El FCR, el cual indica cuanta cantidad de alimento es necesaria para generar un kilo de salmón, ha logrado descender de su máximo en 1995 – 1999 (1,6) a un factor comparable con los países extranjeros como Noruega (1,2) para el 2015, pese a alzas en el 2006 y 2011. Para el caso de las cosechas anuales de smolts que corresponden a las registradas para las comunas de Osorno, Puyehue y Puerto Octay, existe un considerable aumento para todo el periodo, de hecho, incluso para el periodo de crisis del virus ISA, la producción se mantuvo mayor que en los años 2000 – 2004. Para el inicio de la segunda década de este siglo, las cosechas ya superan en ocasiones los 7 millones de smolts. La variación porcentual registra los mayores valores positivos en el 2004 y 2005 (más del 40%) y los negativos en el 2013 (24%). Para el periodo de crisis del virus ISA solo hubo un descenso de 7,5% y 11,1% para los años 2008 y 2009 respectivamente. Estas últimas variaciones son mucho menores en comparación con la del año 2012 y 2013 (-7% y -24%), periodo de años donde la enfermedad SRS ocasionó grandes pérdidas económicas y de peces para la industria. Las razones por la cual las cosechas locales tuvieron una variación porcentual mayor de peces cosechados para los años 2012 y 2013 que para los años de la crisis del virus ISA (2008 – 2010) podría deberse a que, para estos últimos, la mayor

<sup>30</sup> Obtenida por Solicitud de Información mediante Ley de Transparencia, 2018. Para este caso, solo hay registros desde el año 2000 en adelante. Tampoco hay información de cosechas para la comuna de Río Negro la cual también forma parte de la subcuenca.

cantidad de centros de smolts se ubicaba en sectores de estuarios y fiordos, zonas más sensibles al virus ISA por su cercanía con el mar, además que la mayor producción ocurría en estas áreas; por lo que la oferta continental no varió tanto como se le esperaba ya que tampoco tenía un papel tan protagónico (ver Figuras 45 y 46 en Anexo N°1), mientras que para los años 2012 y 2013, los centros de cultivo en el continente, principalmente pisciculturas tenían un rol más relevante, en cantidad y cosechas (situación impulsada también por la Ley N°20.434), razón por la que la variación fue más dura ya que la producción de smolts, como se aprecia en la misma tabla, era mucho mayor en aguas dulces (para el 2011 se produjeron para las comunas de la subcuenca cerca de 8 millones de peces).

Evolución del FCR por periodo (1995 - 2015) *	Años	Cosechas Smolts Anual para las comunas de Osorno, Puerto Octay y Puyehue **	Variación porcentual de la producción de Smolts 2000 - 2015
<b>1995 - 1999 (FCR: 1,6)</b>	1995 - 1999	-	-
<b>2000 - 2005 (FCR: 1,4)</b>	2000	2.968.060	-
	2001	3.521.129	18,63%
	2002	3.791.323	7,67%
	2003	2.751.229	-27,43%
	2004	3.914.419	42,28%
	2005	5.535.430	41,41%
<b>2006 - 2007 (FCR: 1,5)</b>	2006	5.402.280	-2,41%
	2007	6.221.900	15,17%
<b>2008 - 2010 (FCR: 1,3) / PERIODO VIRUS ISAv</b>	2008	5.755.736	-7,49%
	2009	5.116.437	-11,11%
	2010	6.565.959	28,33%
<b>2011 - 2014 (FCR: 1,4)</b>	2011	7.967.187	21,34%
	2012	7.389.502	-7,25%
	2013	5.561.156	-24,74%
	2014	7.044.170	26,67%
<b>2015 - 2017 (FCR: 1,25)</b>	2015	6.363.182	-9,67%

Tabla 16: Variación del FCR y de la producción de smolts para el periodo 2000- 2015. Fuente: Elaboración propia, 2018. \*FCR promediado a través de las siguientes fuentes/autores: Pinto & Furci, 2006; Skretting, 2015; AQUA, 2015; AQUA, 2017 y Balin, 2017. \*\*Variación de producción de smolts en la Subcuenca de acuerdo a datos de cosechas de smolts comunales otorgados por SERNAPESCA, 2018.

En torno a la producción específica desde los centros de cultivo de la Subcuenca del Rahue, esta es variable y va de acorde a la capacidad de la instalación. Mediante información obtenida por SERNAPESCA (2017) y datos obtenidos desde los RCA y DIAs, las producciones van desde los 12000 kilos hasta casi el millón por instalación. De todas formas, aún faltan datos de varias instalaciones de las cuales no se pudo obtener registros de manera institucional y pública, lo que queda como pendiente para investigaciones futuras (ver Tabla 17 más adelante).

La producción de smolts real de la Subcuenca del Rahue (ver Figura 19 a continuación), que fue obtenida utilizando la evolución del FCR, la variación porcentual de producción y la cantidad de kilos cosechados por centro de cultivo, demuestra un cambio en la manera de cultivar peces; desde el 2007, las pisciculturas (instalaciones en tierra) que llegaron desde el 2004 al río Rahue, comenzaron a tener un rol productivo importante, superando en creces

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

para el 2014 los peces cosechados por concesiones (instalaciones en el lago). Respecto al comportamiento general, las producciones eran estables desde 1996 al 2002 con cerca de 3000 mil toneladas al año. Para los años siguientes (2004, 2005 y 2007) se llegó a superar la barrera de las 4000 toneladas, sin embargo, la producción decae para el periodo de crisis de la industria por el virus ISA con una baja de 1000 toneladas por años para el 2008 y 2009. Para los años 2011 y 2014 ocurren los picos de producción más altos registrados hasta ahora (por arriba de las 6000 toneladas por año). Este comportamiento concuerda con la dinámica de cosechas registradas en agua de mar para la región (ver Figuras 9 y 10 del subcapítulo 2.1) ya que, por ejemplo, los años 2004, 2005 y 2011 donde ocurrieron las mayores cosechas en la subcuenca, la industria registró picos altos en el mar (2006 y 2012). La excepción ocurre en las cosechas del mar en el 2014, cuando la industria en la subcuenca registro producciones menores a 5000 toneladas (2012 y 2013).

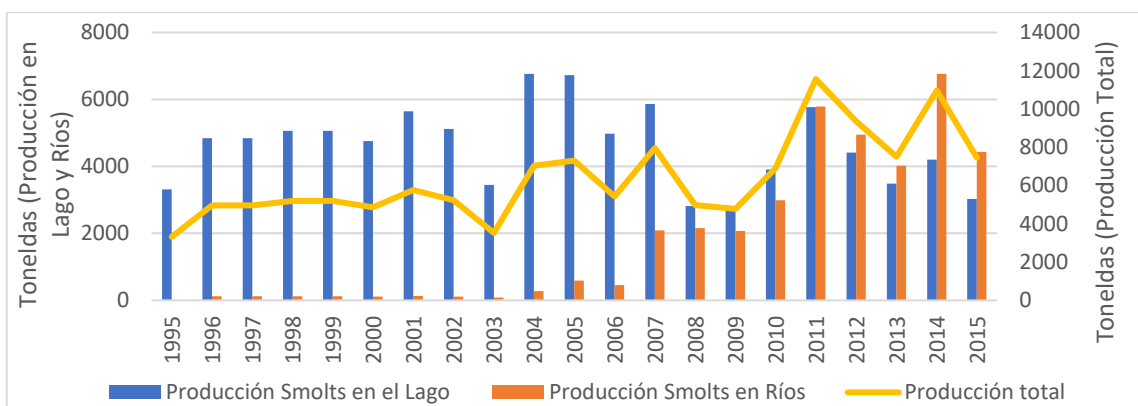


Figura 19: Evolución Producción de Smolts en toneladas en la Subcuenca del Rahue (1995 - 2015). Fuente: Elaboración propia, en base al procesamiento de información entregada por SERNAPESCA, 2018.

Respecto a la dinámica mensual de cosechas de salmónidos para el área de estudio, en promedio del periodo de años 2000 – 2015 existe una concentración de las cosechas en los meses estivales y de otoño, con un leve repunte en el mes de septiembre (ver Figura 20). Para el comportamiento anual para los mismos quince años en las mismas comunas se aprecia en la Figura 21 que en un principio (2000 – 2004) las cosechas se concentraban más entre otoño e invierno, para luego estabilizarse de manera homogénea para casi todo el año (2005 – 2009), terminando para el periodo de los últimos seis años (2010 – 2015) con una dinámica bien marcada de cosechas en abundantes en otoños y relativas en primavera.

Por último, en relación a los tipos de salmónidos que se cultivan, de acuerdo a los registros de las tres comunas utilizadas (Osorno, Puerto Octay y Puyehue), en un principio el Salmón Atlántico (o Salar) era quien lideraba las cosechas, sin embargo, para el periodo de crisis del virus ISA (2008 en adelante) se dejó de producir en grandes cantidades, en este momento es cuando la Trucha Arcoíris toma su puesto siendo la mayor cosechada en el 2011. El Salmón Coho también comienza a tomar mayor relevancia, igualando

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

relativamente la producción del Salmón Salar para el 2010 y en adelante (ver Figura 22 a continuación). El virus ISA afecta principalmente al Salmón Atlántico (CFSPH, 2010; IICAB, 2010 y Jiménez, 2010), lo que sería una razón que explica el descenso abrupto. Según Jiménez (2010), la Trucha Arcoíris actúa más como un vector y reservorio del virus en vez de desarrollar un cuadro clínico de la enfermedad, motivo por el cual sería el reemplazo por el Salmón Atlántico, al menos en las tres comunas analizadas.

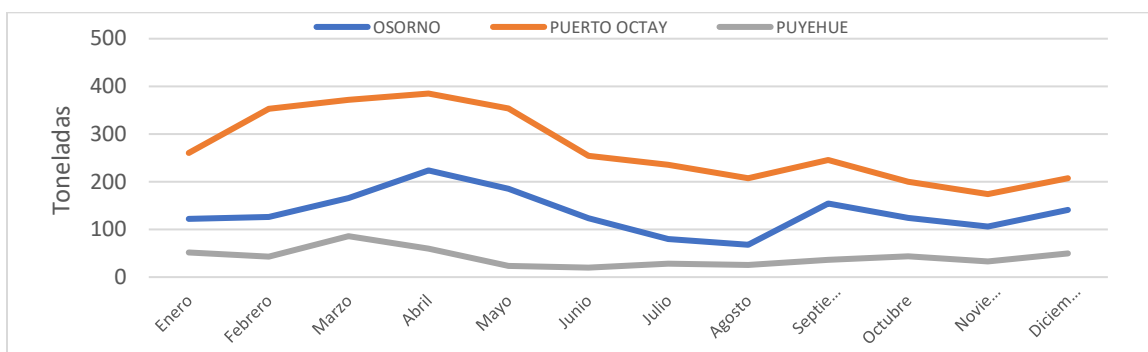


Figura 20: Dinámica de producción anual de smolts para la Subcuenca del Rahue, promedio de los años 2000 - 2015. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAPESCA, 2018.

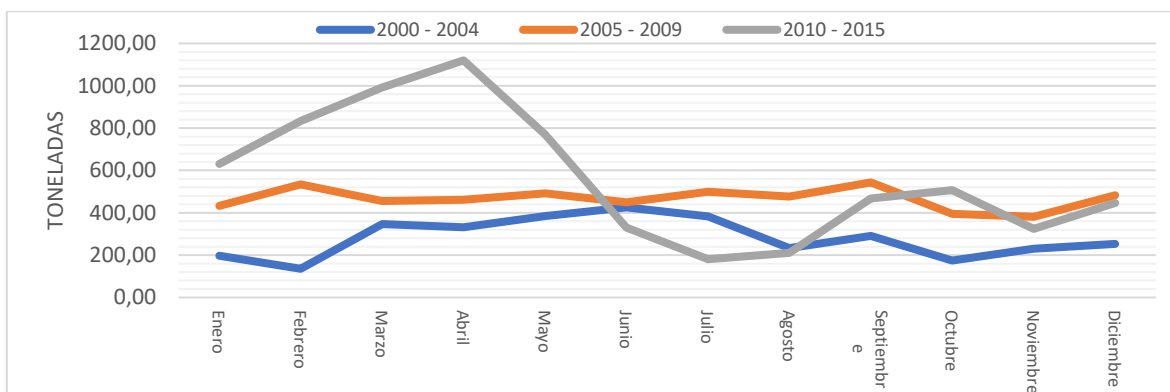


Figura 21: Dinámica de producción mensual de smolts para la Subcuenca del Rahue por periodos, 2000 - 2015. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAPESCA, 2018.

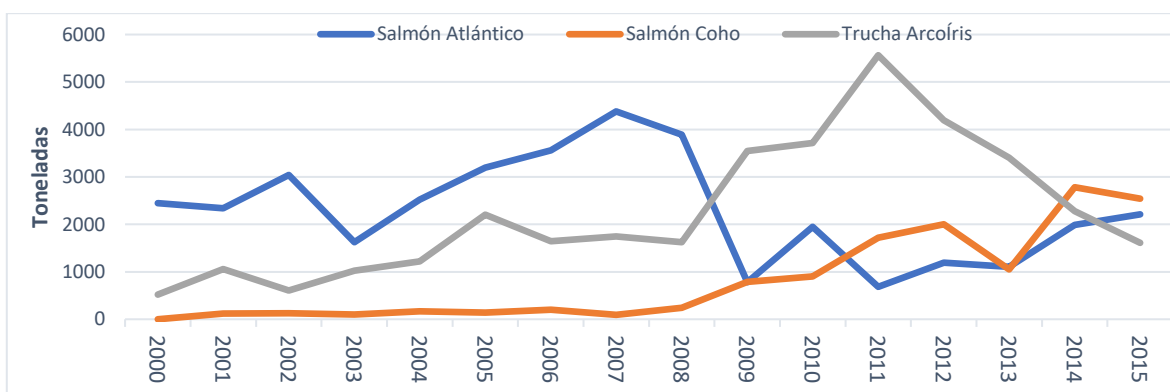


Figura 22: Producción anual de salmonídeos en la Subcuenca del Rahue, 2000 - 2015. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAPESCA, 2018.



# Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Código Centro	Tipo Titular	Titular	Tipo Cultivo	Sector	Comuna	Tipo Cuerpo Agua	Nombre Cuerpo Agua	Año Inscripción	Estado Inscripción	Año Cancelación	Unidad de Producción	Detalles	Primera Producción Anual	Producción Anual Final
100544	Empresa	PISCICULTURA AQUASAN S.A.	PISCICULTURA	CHACUPO, AGUA BUENA	Puerto Octay	Estero		1997	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
100389	Empresa	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS	CONCESIÓN ACUICULTURA	LAGO RUPANCO	Puyehue	Lago	RUPANCO	1995	INSCRITO	-	Kilos	-	-	420000
100522	Empresa	PISCICULTURA AQUASAN S.A.	CONCESIÓN ACUICULTURA	ENSENADA PUERTO RICO, LAGO RUPANCO	Puerto Octay	Lago	RUPANCO	1995	INSCRITO	-	Kilos	-	-	655230
101707	Empresa	SALMONES CALETA BAY S.A.	CONCESIÓN ACUICULTURA	LAGO RUPANCO	Puerto Octay	Lago	RUPANCO	1995	INSCRITO	-	Kilos	-	-	522820
101851	Empresa	SALMONES PACIFIC STAR S.A.	CONCESIÓN ACUICULTURA	PENINSULA, LAGO RUPANCO	Puerto Octay	Lago	RUPANCO	1995	INSCRITO	-	Kilos	-	-	953408
101862	Empresa	SALMONES PACIFIC STAR S.A.	CONCESIÓN ACUICULTURA	RIO BONITO, LAGO RUPANCO	Puerto Octay	Lago	RUPANCO	1995	INSCRITO	-	Kilos	-	-	475898
100081	Universidad	UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS	CONCESIÓN ACUICULTURA	LAGO RUPANCO, CAIPULLI	Osorno	Lago	RUPANCO	1998	INSCRITO	-	Kilos		140000	140000
100625	Empresa	MULTIEXPORT PACIFIC FARMS S.A.	CONCESIÓN ACUICULTURA	ISLA LOS CIERVOS O CUERVOS	Puerto Octay	Lago	RUPANCO	2000	INSCRITO	-	Kilos	-	-	229560
100169	Empresa	MARINE HARVEST CHILE S.A.	PISCICULTURA	EL CALABOZO, BAHIA EL ENCANTO	Puyehue	Río	COIHUECO O PESCADER	1995	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
100631	Empresa	EICOMAR S.A., SOC. PESQUERA	PISCICULTURA	RIO EL CALLAO	Osorno	Río	EL CALLAO	1995	INSCRIPCIÓN CANCELADA	2011	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
101924	Empresa	PISCICULTURA LAS QUEMAS CHILE S.A.	PISCICULTURA	LA PICADA	Puerto Octay	Río	BLANCO	1996	INSCRITO	-	Kilos	-	-	77300
100080	Universidad	UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS	PISCICULTURA	LAGO RUPANCO	Osorno	Río	HUILIN	1998	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
100168	Empresa	MARINE HARVEST CHILE S.A.	PISCICULTURA	PESCADERO GRANDE	Puyehue	Río	COIHUECO	2004	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
102989	Empresa	SALMONES ANTARTICA S.A.	PISCICULTURA	RIO RAHUE	Osorno	Río	RAHUE	2004	INSCRITO	-	Kilos	Primera producción desde el 2004 al 2011, Producción final del promedio obtenido por Sol. Infor 2018	84000	537982
103400	Empresa	PISCICULTURA PULEFU S.A.	PISCICULTURA	SANTA ELVIRA	Puyehue	Río	PULEFU	2004	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	6720000
103427	Empresa	SALMONES CANCURA LTDA.	PISCICULTURA	CANCURA	Osorno	Río	RAHUE	2005	INSCRIPCIÓN CANCELADA	2011	Kilos	Primera producción desde los años 2005 y 2006, segunda producción final desde el 2007 hasta el 2011	222500	445500
103899	Empresa	PISCICULTURA PULEFU S.A.	PISCICULTURA	CHAPUCO, RIO COIHUECO	Puerto Octay	Río	COIHUECO	2006	INSCRITO	-	Kilos	-	-	12900
103868	Empresa	SALMONES HUMBOLDT SpA.	PISCICULTURA	RIO RAHUE	Osorno	Río	RAHUE	2007	INSCRITO	-	Kilos	-	-	525000
103914	Empresa	CADELA S.A.	PISCICULTURA	RAHUE, CASA DE LATA	Río Negro	Río	RAHUE	2007	INSCRIPCIÓN CANCELADA	2011	Kilos	-	-	161000
104142	Empresa	PISCICULTURA LAS QUEMAS CHILE S.A.	PISCICULTURA	LOTE A, FUNDO EL PAJONAL	Osorno	Río	RAHUE	2007	INSCRITO	-	Kilos	Primera Producción en el 2007. Producción final desde el 2008 en adelante	140000	550000
104367	Empresa	SILVOAGROPECUARIA SURBER LTDA.	PISCICULTURA	FUNDO LAS QUEMAS	Osorno	Río	RAHUE	2007	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
104049	Empresa	INVERSIONES YAGAN S.A.	PISCICULTURA	ESTANCIA LAS VERTIENTES SECTOR 1	Puyehue	Río	RAHUE	2008	INSCRITO	-	Kilos	-	-	263206
104050	Empresa	CIA. GANADERA LAS VERTIENTES LTDA.	PISCICULTURA	ESTANCIA LAS VERTIENTES SECTOR 2	Puyehue	Río	RAHUE	2008	INSCRITO	-	Kilos	-	-	478800
104192	Empresa	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.	PISCICULTURA	PREDIO EL COPIHUE, CANCURA	Puerto Octay	Río	RAHUE	2011	INSCRITO	-	Kilos	-	-	300000
104216	Empresa	SOC. GRICOLAS COVARRUBIAS FERNANDEZ	PISCICULTURA	RADALES, FUNDO EL VENADO	Osorno	Río	RAHUE	2011	INSCRITO	-	Kilos	-	-	665500
104227	Persona Natural	LOPEZ DE SANTA MARIA GAYMER JOSE Y JUAN	PISCICULTURA	SAN FLORENTINO	Río Negro	Río	RAHUE	2012	INSCRITO	-	SIN INFO	-	SIN INFO	SIN INFO
104232	Empresa	SALMONES HUMBOLDT SpA.	PISCICULTURA	CANCURA	Osorno	Río	RAHUE	2012	INSCRITO	-	Kilos	-	-	403269

Obtenidos mediante Bibliografía (Campos, 1995)      Modificación de Registro por comparativa con otras fuentes  
 Obtenidos de los RCA (SNIFA/SEIA)      Obtenidos mediante Solicitud de Información 2017/2018  
 Sin Información      Promedio Peso Smolt: 70 gr Según los diferentes RCA  
 \*\*: Entrada en vigencia D.S N°90

Tabla 17: Resumen de la producción de smolts por instalación salmonera en la Subcuenca del Rahue, 1995- 2015. Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.1.3.2 Contexto ambiental de la industria salmonera

De acuerdo con las INFAs, Informes Ambientales a las que están sometidas las concesiones acuícolas y que buscan dar cuenta sobre los estados químicos y biológicos del sedimento de fondo, o de la columna de agua próxima a él, es decir, si presentan condiciones aeróbicas o anaeróbicas, solo existe una instalación en el caso de estudio que presentó un estado de anoxia (anaeróbica) en el año 2010, y que corresponde a un centro de la Universidad de Los Lagos. Para el resto de las instalaciones, se han presentado condiciones aptas entre los años 2010 y 2015 que permitieron continuar la producción de peces (ver Tabla 18 a continuación). Cabe destacar que solo se obtuvieron registros de las INFAS solicitadas para el periodo 2010 – 2015.

Sobre el cumplimiento del D.S. N°90 que regula el vertimiento de RILes, hasta ahora solo una piscicultura ha sido sancionada por omisión de informes de parámetros de calidad de aguas (2013 – 2014); esta corresponde a la Piscicultura Las Quemadas ubicada a orillas del río Rahue (ver Tabla 15 del subcapítulo 4.1.2 anterior)

Código Centro	Año					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
100389	Sin Información	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
100522	Sin Información	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
101707	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
101851	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
101862	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
100081	Anaeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
100625	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica

Tabla 18: Situación aeróbica de los centros de cultivo abierto en el lago Rupanco. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAPESCA, 2017.

## 4.2 Evolución de los parámetros físicos - químicos de los cuerpos de agua superficiales y la injerencia de la salmonicultura y otras actividades.

En este resultado, y como ya se mencionó en la metodología, pretende resolver el objetivo específico número dos mediante el análisis comparativo entre la evolución de los parámetros físico-químicos de los cuerpos de aguas superficiales (Nitrógeno y Fósforo total, Clorofila – a, Disco de Secchi, Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto) y la exportación de nutrientes provenientes de distintas fuentes, ya sea de las instalaciones salmonícolas, de otras actividades productivas, de asentamientos humanos y de las coberturas superficiales de las microcuencas aledañas. Si bien los parámetros no fueron levantados de manera autónoma, lo que fue explicado como una limitación de esta investigación, su procesamiento y análisis diacrónico es fundamental ya que, considerando su comportamiento y la participación de las distintas fuentes en el ingreso de nutrientes a las aguas superficiales, es posible obtener congruencias o incoherencias entre ambos ejes estadísticos.

Por tanto, antes de entrar en las conclusiones sobre esta dinámica entre los parámetros y las potenciales fuentes contaminantes, se presenta la evolución de las variables analizadas de los cuerpos de aguas principales: El Lago Rupanco y los ríos Coihueco y Rahue.

Cabe destacar que no se analizaron todos los parámetros de la misma manera y para los periodos de años estudiados, esto se debió a la falta de registros de ellos en las investigaciones, como el ocurre con Oxígeno Disuelto, que no fue levantado en el estudio de Campos (1995); o con el Nitrógeno y Fósforo total en los ríos Coihueco y Rahue, donde las estaciones de calidad solo muestrearon algunos componentes de estos elementos (Nitrógeno de Nitrito y Fósforo de Ortofosfato).

### 4.2.1 Situación del Lago Rupanco

#### 4.2.1.1 Comportamiento de los Parámetros Físicos-Químicos y Biológicos del Lago Rupanco

Es necesario recordar que para el lago Rupanco no existen estaciones fijas de la DGA que registren los parámetros físicos y químicos del agua, no obstante, se utilizaron investigaciones que sí levantaron dichos datos, siendo el de Campos (1995) para los años 1994 y 1995 y el de la DGA (2013) para los años 2012 y 2013. En este último estudio, los datos levantados fueron realizados de manera estacional en contraste con el de campos que figura un registro mensual.

Las estaciones de muestreo utilizadas por las investigaciones fueron las siguientes: Río Bonito, Bahía Gaviotas, Centro del Lago para el estudio de Campos (1995) y las estaciones Puerto Gaviota, Sector Cascada y Sector Desagüe para el de la DGA (2013) (ver Figuras 48 del Anexo N°4 para conocer su ubicación).

#### 4.2.1.1.1 Periodo 1994 – 1995

De acuerdo con la investigación realizada por Campos (1995) para el periodo 1994 – 1995, el lago Rupanco presenta diferentes comportamientos de acuerdo con la estación de medición utilizadas en dicho estudio; La concentración de Fósforo total se presenta un aumento desde junio de 1994 el cual tiene su peak en Septiembre para posteriormente estabilizarse hasta Febrero del 95'. En el caso del Nitrógeno total, este comienza a elevarse en noviembre teniendo su mayor concentración en verano y otoño (Abril - Mayo). Por último, la Clorofila-a tiende a aumentar abruptamente en los meses de invierno, precisamente en Julio y Agosto para luego descender de la misma forma en Septiembre y estabilizarse el resto del año con una mayor concentración durante el verano. Estas dinámicas se repiten a lo largo de las tres estaciones de muestreo de esa época (ver Figura 23 más adelante).

Respecto a la disposición vertical de los parámetros, tenemos que el Fósforo total se mantiene generalmente estable a lo largo de la columna en las tres estaciones, registrando un mayor aumento desde los 15 metros en adelante en las épocas de invierno y primavera de 1994 en las estaciones Río Bonito y Bahía Gaviotas. La excepción es en la estación Centro del Lago donde existe una clara concentración en la superficie durante la primavera de 1994. El Nitrógeno total se comporta similar en todas las estaciones de muestreo con excepción en otoño donde las mayores concentraciones se dan en Bahía Gaviotas y Centro del Lago con casi 100 ug/l promedio en casi todos los estratos, mientras que en Río Bonito el promedio es de cerca 80 ug/l. Por último, la Clorofila - a se concentra en casi todos los estratos de todas las estaciones (menos en los 5 metros por falta de datos) entre los 0,25 a 0,50 ug/l, siendo un poco mayor en los 15 y 30 metros de profundidad que en la superficie (más de 2 ug/l en invierno) (ver Figuras 62 - 70 en Anexo N°13).

Sobre el comportamiento de los parámetros en su totalidad en cada una de las estaciones de muestreo, se puede apreciar en las Figuras 71 al 73 del Anexo N°14 que el Fósforo total es el que presenta mayores fluctuaciones, presentando sus máximos valores en invierno y primavera bordeando los 15 ug/l en invierno y los 20 ug/l en primavera de 1994. Las estaciones río Bonito y Centro del Lago son las que registran estos máximos en invierno y primavera respectivamente. Para el caso del Nitrógeno total las concentraciones de las tres estaciones se registran en otoño con cerca de 100 ug/l. Para todo el ciclo ninguna estación presenta mayores concentraciones considerables que el resto. En el caso de la Clorofila – a la situación es semejante que el del Nitrógeno, la única variación ocurre en invierno donde la estación río Bonito registra un alza de la Clorofila – a de 1,9 ug/l.

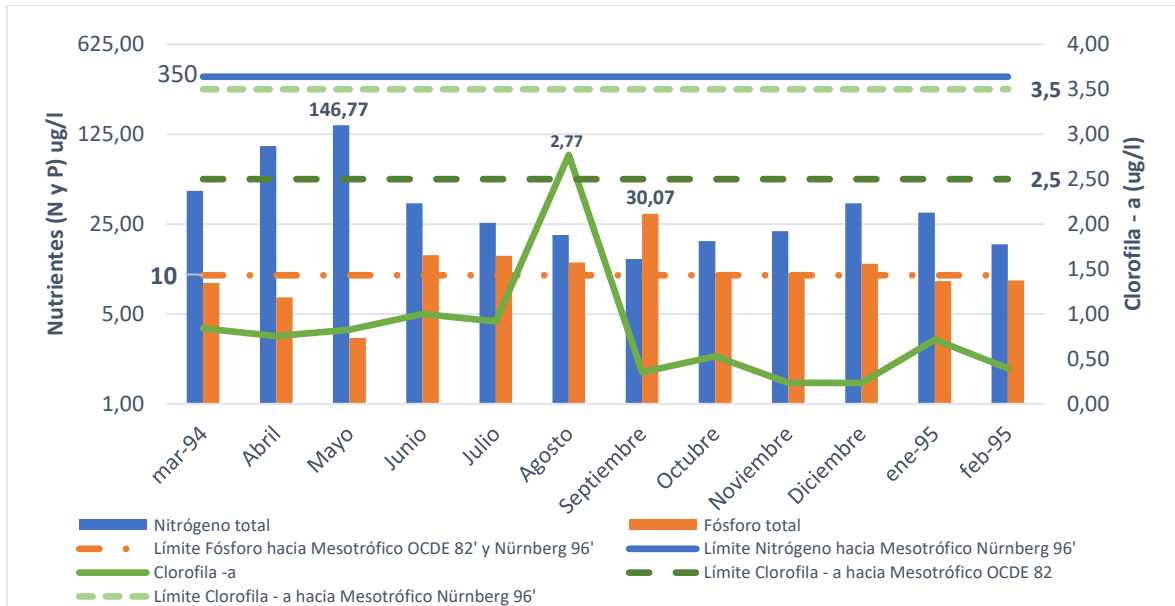


Figura 23: Variables Lago Rupanco 94' - 95' y Límites según la OCDE 82' y Nürnberg. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas proporcionados por Campos 1995.

#### 4.2.1.1.2 Periodo 2012 – 2013

Para este periodo hay un cambio en la concentración de Fósforo y Nitrógeno total en el lago en comparación con el estudio de Campos en 1995. El primer elemento presenta su máximo en verano y una tendencia a la baja desde otoño en adelante presentando los mínimos en primavera. El Nitrógeno total también tiene la tendencia de mayor concentración en verano descendiendo hacia el otoño y primavera. La Clorofila-a mantiene más o menos el mismo comportamiento que en el estudio de Campos (1995) teniendo un aumento en otoño y un descenso en el resto de las estaciones (ver Figura 24). En este caso, el Disco de Secchi es casi estable durante todo el año, pero con una menor visibilidad en primavera. Este comportamiento es similar para las tres estaciones de muestreo para dicho periodo.

En relación con el comportamiento vertical de los parámetros, existe una tendencia a presentar mayores concentraciones de Fósforo total a mayores profundidades (más de 50 metros) con excepción de la estación Sector Cascada donde tiene un alza en el estrato superficial y en el de 30 metros. Mientras tanto la Clorofila-a presenta una mayor concentración en estratos medios de profundidad (30, 50 y hasta 70 metros) con excepción de la estación Sector Cascada donde presenta la misma presencia de estrato que del Fósforo total. Para el Nitrógeno total el panorama de concentración de estrato es distinto para cada estación: en Puerto Gaviota las mayores concentraciones son a profundidades de 50 metros en adelante (desde 30 ug/l), en Sector Cascada las mayores concentraciones son a partir de los 30 metros (15 ug/l promedio sin contar el verano del 2013), y en Sector Desagüe, estación cercana al centro del lago, la concentración se da entre la superficie y los 70 metros, sin embargo esto se da por falta de datos de la primavera del 2012 y otoño del 2013 (ver Figura 77 al 85 en Anexo N°15). Particularmente, este estudio no cuenta con levantamiento de datos en invierno.

Tocante a las concentraciones generales para cada estación en este periodo, tenemos para el Fósforo total presenta sus máximos en verano bordeando los 10 ug/l. posteriormente se registra en otoño 7 ug/l para luego estabilizarse en las primaveras. No existe una predominancia entre una de las estaciones de muestreo en este elemento. Para el Nitrógeno total la mayor concentración es en verano. Puerto Gaviota es la estación que mayores valores registra en comparación con sus compañeras, la cual dobla los valores medidos en las otras (50 ug/l en verano y 25 ug/ en primavera 2013). Para la primavera del 2012 no se registraron datos. La Clorofila - a presenta su máximo en otoño con el Sector Cascada, para el resto del periodo no existen grandes diferencias entre las estaciones (en otoño no se registraron datos para las otras dos estaciones).

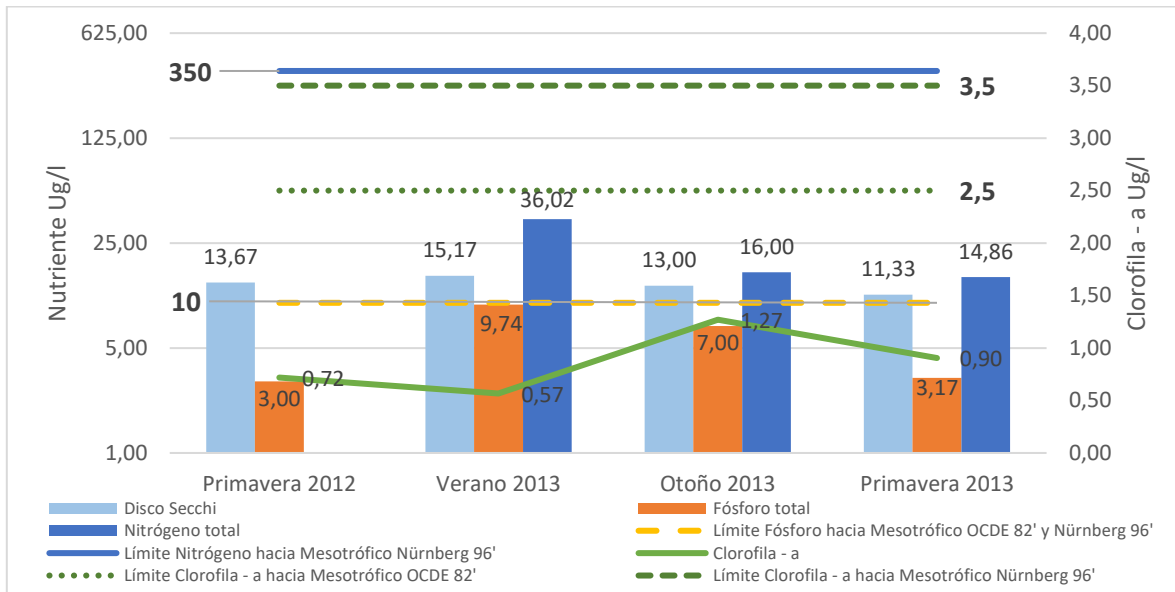


Figura 24: Variables Rupanco 2012 - 2013 y Límites según la OCDE 82. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas proporcionados por la DGA, 2013.

#### 4.2.1.1.3 Otros Parámetros.

Para el estudio de la DGA (2013) se analizaron otros parámetros, como el Oxígeno Disuelto y el Disco de Secchi, los que también puede dar cuenta de una alteración de trofia en los cuerpos de agua. De acuerdo con los valores del Disco de Secchi de las tres estaciones de muestreo, el valor mínimo registrados para todo el año y entre las tres estaciones fue de 9,5 metros, mientras que el máximo fue 16,5 metros de profundidad. La mayor visibilidad del lago se presenta en verano y la menor en primavera; este comportamiento se repite en las tres estaciones (ver Figuras del 86 al 88 en Anexo N°16). Respecto al Oxígeno Disuelto el valor más bajo entre las tres estaciones es de 9.1 mg/l y el máximo es de 11.7 mg/l. Los comportamientos estacionales son similares en el Sector Desagüe y Gaviota, mientras que para la estación en Cascadas existe una variación vertical (estratos) y que demuestra una

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

mayor presencia de oxígeno en la primavera (solo 2mg/l más que el resto) y una menor en verano del 2013 (ver Figuras del 89 al 91 en Anexo N°16). Por último, el pH en las tres zonas de muestreo expone un comportamiento variable de acuerdo con la profundidad, aunque esta fluctuación solo tiene un máximo de un punto entre los valores extremos (tal situación se da en el Sector Cascada y Gaviotas). El pH registra mayores valores en Verano (bordeando el valor 8) y los menores en primavera (cerca de los 7,5) para las estaciones Cascada y Gaviotas (en Desagüe no hay registros en verano) (ver Figuras del 92 al 94 en Anexo N°17).

Los valores anteriores dan cuenta de una persistencia del estado Oligotrófico del lago para el periodo 2012 - 2013. El Disco de Secchi no alcanza en ningún momento los límites mesotróficos propuestos por Nurnberg (1996) y la OCDE (1982) (4 y 6 metros respectivamente). Respecto al Oxígeno Disuelto, según la Norma Chilena N°1333, el límite donde comienza a verse afectada la vida acuática es de 5 mg/l, no obstante, los registros más bajos de oxígeno rondan los 9 mg/l, lo que demuestra una estabilidad de este parámetro. Por último, el pH no ha expresado variaciones abruptas que puedan dar indicios de eutrofización (Dodds, Jones, & Welch, 1998) manteniéndose siempre bajo los límites propuestos por la Norma Chilena N°1333 y 409 (6,5 y 8,5).

### 4.2.1.1.4 Comparativa entre los dos periodos.

De acuerdo con los datos de ambos periodos, es posible vislumbrar dos cambios esenciales; uno es el comportamiento anual de los parámetros analizados y el otro es su concentración. Hacia el año 2013 la cantidad anual del Nitrógeno total disminuyó considerablemente siendo esta variación más notoria en verano (disminución de más de 100 ug/l), sin embargo, su comportamiento sigue siendo el mismo (mayor en verano que el resto del año). Para Fósforo total existe una disminución anual general de los valores muestreados, sobre todo en primavera donde en 1994 se registró cerca de 30 ug/l en comparación con el 2012 y 2013 donde se obtuvo valores de 3 ug/l. Ahora, el comportamiento del elemento químico paso de ser general en todo el año (con un mayor pico en Septiembre y un descenso en otoño) a presentarse mayormente en verano y otoño del 2013. Por último, en relación con la Clorofila – a, su comportamiento y concentración se mantiene similar para ambos estudios. Ahora, no es posible verificar si para el año 2013 existe un pico similar al del 1994 debido a que no existen registros en invierno.

### 4.2.1.2 Ingreso de Nutrientes al Lago Rupanco

El Lago Rupanco ha presentado una condición más bien cíclica del ingreso de nutrientes para todo el periodo de estudio (1995 – 2015), siendo el mismo para ambos elementos (Nitrógeno y Fósforo total) difiriendo solo en las concentraciones: para el Nitrógeno total las cifras van desde los 1200 (las más bajas) a más de 1.600 toneladas (las más altas), mientras que para el Fósforo total van desde las 100 a más de 140 toneladas. Sin embargo,

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

hay años con comportamientos específicos, por ejemplo, para los años 2004 al 2007 existe el mayor ingreso de nutrientes del periodo, luego le sigue una caída abrupta para volver a subir en el 2011, finalmente desde el 2012 desciende con menos fuerza que para el 2008. Estos comportamientos coinciden con el proceso de crisis del virus ISA de la industria, donde antes de la declaración masiva de la enfermedad, la salmonicultura tuvo sus mayores cosechas a nivel regional y nacional, sin embargo, posteriormente ocurre el mayor receso productivo, lo que se refleja finalmente en los ingresos al lago desde las instalaciones de smolts entre 2008 y 2010. Para el año 2011 los ingresos coinciden con el posterior pico de cosechas nacionales en el 2012, situación que no se veía desde el año 2006, sin embargo, se genera una posterior baja de ingresos hasta el año 2015. Este descenso se puede relacionar a la presencia del brote de SRS de la industria acuícola para los años 2012 y 2013, lo que impulso un descenso en productividad de peces, sin embargo, parece estar más ligado a que la producción de smolts de cultivos abiertos en el lago Rupanco tuvo una disminución en comparación con las de pisciculturas (ver Figuras 3 y 10 en el subcapítulo 2.1 y 19 en el subcapítulo 4.1.3).

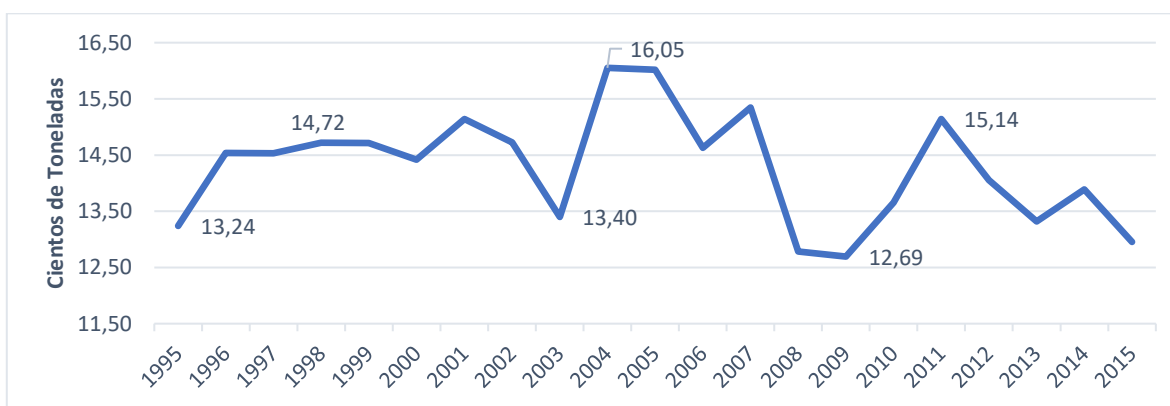


Figura 25: Ingreso de Nitrógeno total al Lago Rupanco 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

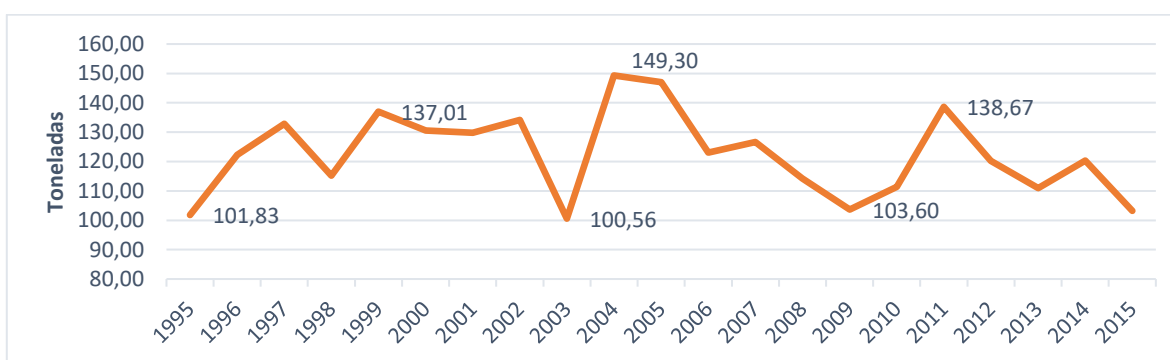


Figura 26: Ingreso de Fósforo total al Lago Rupanco 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

Sobre la participación en el ingreso general de nutrientes al Lago Rupanco desde distintas fuentes, se tiene que la exportación por las cuencas es la de mayor peso, luego vendría las instalaciones de smolts y, por último, las precipitaciones (ver Figuras 27 y 28 más



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

adelante). Para el caso del Nitrógeno total, las fuentes desde cuencas y desde los centros de salmones solo se igualaron en los años 2004 y 2005 con una participación de ambas cercana al 35%. Para el periodo de crisis del virus ISA la participación de Nitrógeno desde de los centros salmoneros descendió considerablemente (17%), solo volviendo a tener un repunte con un 30% en el 2011. Para el Fósforo total ocurren más casos de cruces de participación entre las fuentes, incluso con las precipitaciones, así sucede en 1999 para los años 2008 y 2009 con un ingreso igual que ronda el 30% para las fuentes salmoneras y desde las lluvias. De igual manera, el Fósforo total presenta el mismo comportamiento del ingreso de Nitrógeno total desde las salmoneras, salvo que, en este caso, supera a los provenientes de las cuencas para los años 1996 al 2002, del 2004 al 2007 y en el 2011, abarcando en los dos periodos y en 2011 cerca del 40% del ingreso total de este elemento al lago. Cabe considerar que la población tiene una mayor participación sobre el ingreso de Fósforo total desde el 2006 (más del 4%) producto del aumento demográfico de las localidades (ver Tabla 32 en Anexo N°19) y que se mantiene igual hasta el 2015. Hay que señalar que el ingreso de Nitrógeno desde las poblaciones si fue tomado en cuenta en el cálculo, pero su participación es muy ínfima en comparación con las otras fuentes, razón por la cual no aparece en la Figura 27.

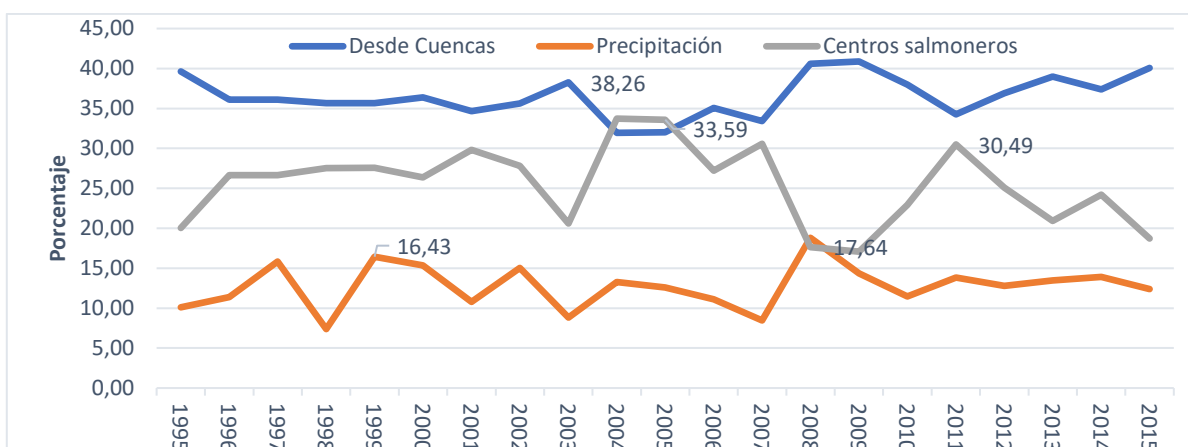


Figura 27: Porcentaje de Ingreso de Nitrógeno total al Lago Rupanco por diversas fuentes (1995 - 2015). Fuente: Elaboración propia, 2018.

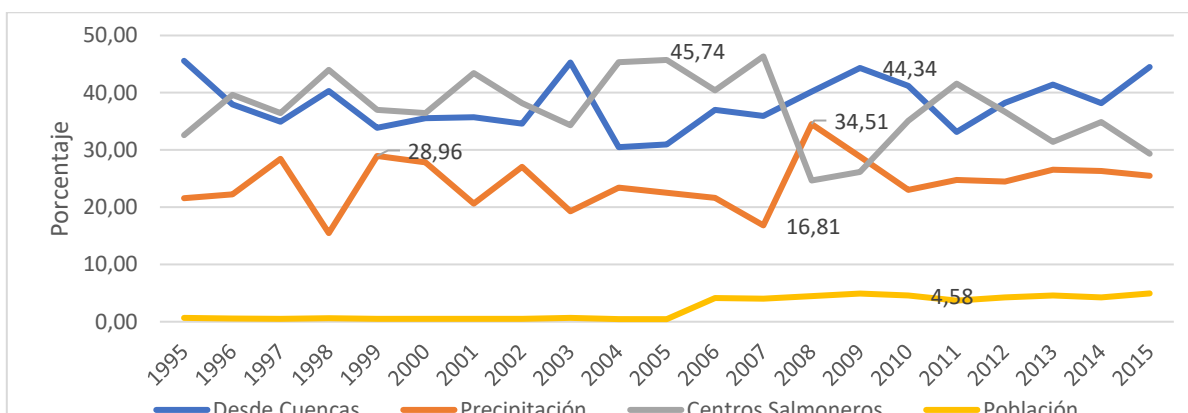


Figura 28: Porcentaje de Ingreso de Fósforo total al Lago Rupanco por diversas fuentes (1995 - 2015). Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.2.1.3 Grado de Trofia del Lago Rupanco.

El estado de trofia de un cuerpo de agua se debe a la productividad que este tenga y que está estrechamente relacionado con los parámetros físicos-químicos analizados anteriormente. En esta investigación se utilizaron algunos de los autores más relevantes a la hora de evaluar la trofia de un cuerpo teniendo en cuenta los límites establecidos por los mismos. Estos son los límites propuestos por la OCDE en 1982, Nürnberg en 1996 y el TSI de Carlson de 1977 (que se sustentan en diversas metodologías explicados en el capítulo tercero). También se tomó en cuenta otro autor, Vollenweider (1976), el cual calcula la carga crítica de un lago de acuerdo con el ingreso de nutrientes principalmente de Fósforo.

##### 4.2.1.3.1 Periodo 1994 – 1995

De acuerdo con los parámetros físicos-químicos de la Figura 23, el lago presentaba diferentes condiciones de trofia en relación con la variable que se esté analizando. Según la concentración de Fósforo total (ug/l) y los límites establecidos por la OCDE en 1982 y Nürnberg en 1996, el lago solo presenta condiciones de Mesotrofia en los periodos de invierno-primavera y comienzos del verano. En el caso del Nitrógeno total y el límite de Nürnberg, el lago no presenta condiciones de Mesotrofia en ningún periodo. Con relación a la concentración de la Clorofila-a (ug/l) el lago se encontraría en un estado Oligotrófico durante casi todo el año, siendo en Agosto la excepción donde sobre pasa el límite de 2,5 ug/l propuesto por la OCDE.

Ahora bien, tomando en cuenta los parámetros TSI de Carlson (1977) también nos encontramos con una situación de variación estacional del estado de trofia del lago. Según la concentración de Fósforo total, se aprecia un estado Mesotrófico desde junio de 1994 hasta febrero de 1995 con su punto más álgido en septiembre. Esto cambia en los meses de verano y otoño donde baja a un estado Oligotrófico. Para la Clorofila – a, la tendencia es mantenerse en un estado de oligotrofia con excepción del mes de Agosto donde tiene su punto más álgido. Ambos parámetros coinciden con las concentraciones tomadas para tales meses (ver Figura 29 más adelante).

De manera específica en las estaciones de muestreo, el Fósforo total es el único elemento que supera los valores límites de la OCDE y Nürnberg en invierno y primavera (en esta última solo dos estaciones lo hacen), en verano de 1995 se mantiene en el límite en las tres estaciones. Los otros parámetros estudiados (Nitrógeno total y Clorofila – a) se mantienen bajo los límites sin llegar a bordearlos (ver Figuras del 71 al 73 en Anexo N°14).

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

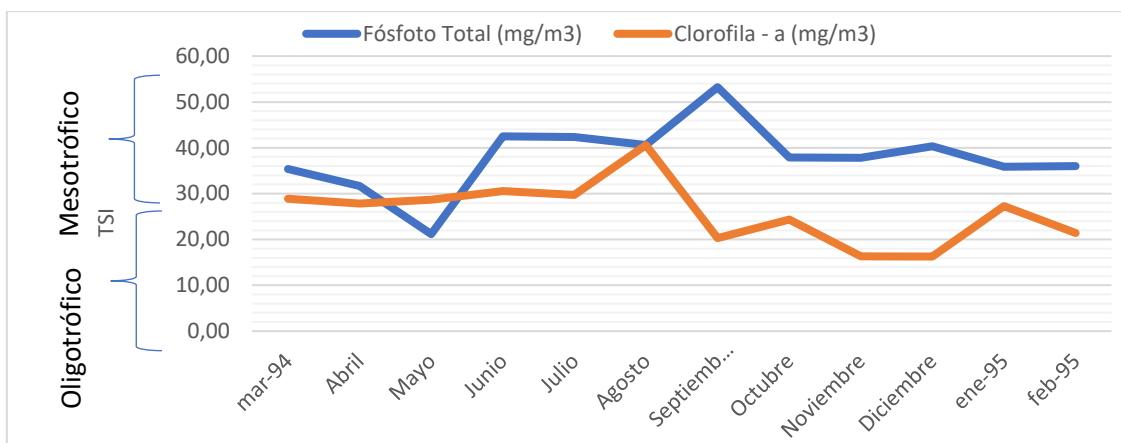


Figura 29: TSI Mensual periodo 1994-1995. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

### 4.2.1.3.2 Periodo 2012 – 2013

De acuerdo con los límites de la OCDE 1982 y Nürnberg 1996, para estos años, el lago Rupanco no presenta un cambio de trofia, a pesar de que el Fósforo total se encuentra bordeando el límite hacia Mesotrófico para el verano y otoño del 2013. El Nitrógeno total tampoco presenta niveles de cambio de trofia. La Clorofila - a se mantiene en el grado de Oligotrófico durante todo el año (ver Figura 24).

Tomando en cuenta los valores TSI de Carlson (1997), las concentraciones de Fósforo total estarían ocasionando leves estados de Mesotrofia durante las estaciones de verano y otoño, en cambio, la Clorofila-a lo haría durante solo el otoño (ver Figura 30).

En relación con el comportamiento específico de las estaciones de muestreo, solo el Fósforo total presenta valores que superan el límite de 10 ug/l propuestos por la OCDE y Nürnberg en el verano del 2013. Este comportamiento se da en los tres sectores (Gaviotas, Cascada y Desagüe). Respecto a las otras variables analizadas (Nitrógeno total, Clorofila – a, Disco de Secchi y pH), no se presentan valores que indiquen una eutrofización o cambio de trofia en relación con los límites dispuestos en las bibliografías. El Nitrógeno total no supera en ningún caso el límite de 350 ug/l (Nürnberg, 1996), la Clorofila – a tampoco supera el límite mínimo 2,5 de Nürnberg. El Disco de Secchi se mantiene arriba de los límites hacia Mesotrófico propuestos por la OCDE y Nürnberg (6 y 4 metros respectivamente). Por último, los valores de Oxígeno Disuelto superan el mínimo establecido por la Norma Chilena N°1333 (5 mg/l) y el pH se mantiene entre los rangos aceptables (6,5 a 8,3) incluso para los rangos propuestos de agua potable (6,5 a 8,5) de la Norma Chilena N°409 (ver Figuras del 74 al 76 en Anexo N°14 y Figuras de Anexos N°16 y 17).

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

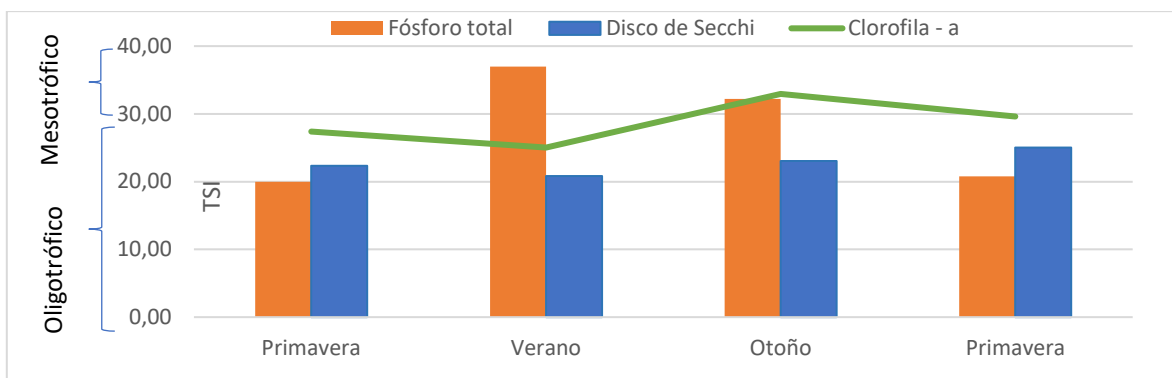


Figura 30: TSI estacional periodo 2012 – 2013. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

### 4.2.1.3.3 Grado de Trofia según la Carga de Nutrientes

Según el cálculo de ingreso anual de Fósforo total hacia el lago y comparándolo con el límite de carga crítica propuesto por Vollenweider (1976), el lago Rupanco no ha presentado hasta este momento un cambio de trofia, sin embargo, ha estado cerca para el año 1998 y para el 2007. En el primero (1998) coincide que las precipitaciones de ese año fueron escasas, derivando en un bajo caudal del desagüe del lago, esto ocasionó que la carga crítica fuera más baja pudiendo provocar un estado de eutrofización si se aumentaba el ingreso de fósforo. Al analizar el comportamiento de la carga calculada de Fósforo total, se puede concluir que se asemeja bastante a la dinámica productiva de la industria salmonera y a sus exportaciones de nutrientes, por lo que las alzas de este cálculo entre los años 2004 y 2007 se pueden atribuir principalmente a la generación de nutrientes de la industria salmonera, más que otras fuentes (ver Figura 31). Ahora bien, el cálculo del ingreso de Fósforo total es solo eso, un cálculo y no una medición in situ, por lo que el estado actual podría ser diferente, De todas formas, el cálculo podría ayudar a estimar cual sería la situación hipotética del cuerpo de agua a estudiar.

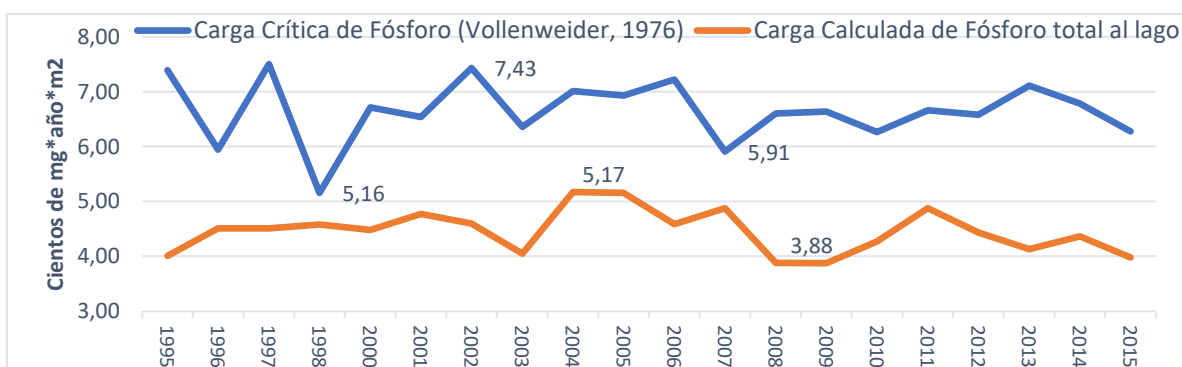


Figura 31: Comparación Carga Crítica y Calculada de Fósforo total en el Lago Rupanco ( $mg \cdot año \cdot m^2$ ) desde 1995 al 2015 Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

#### 4.2.1.3.4 Correlación entre los Nutrientes y la Clorofila-a en el lago.

Teniendo en cuenta la bibliografía, donde se expone una fuerte relación entre los nutrientes y la aparición de cianobacterias (OECD, 1982; Smith, Tilman, & Nekola, 1999 y León-Muñoz, 2006), se realizó una regresión lineal entre las variables de Nitrógeno y Fósforo total y la Clorofila - a para verificar si existe una correlación positiva o negativa entre ellas. Mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson, se determinó, para el levantamiento de datos para los periodos de años 1994-1995 y 2012-2013, que no existe una correlación positiva entre las variables de Fósforo total y Clorofila - a, de hecho, esta es inversa (negativa), sin embargo, debido a los valores cercanos a cero, se desestima una relación de consideración siendo más bien neutra. En el caso del Nitrógeno medido en el segundo periodo (2013), existe una relación fuertemente inversa, lo que indica que el Nitrógeno no vendría ser el nutriente límite que pueda generar cambios de trofia, al menos no con el comportamiento y concentración actual (ver Tabla 19). Como se muestra en las Figuras 23 y 24 el comportamiento anual de la Clorofila - a es inversa al del Nitrógeno, pero variable al Fósforo total, lo que respaldaría el índice, lo que no significa que el Fósforo sea el nutriente límite del cuerpo de agua.

Índice de correlación de Pearson		
Medido en el Lago (1994 - 1995)	Nitrógeno total y Clorofila -a	-0,0016
	Fósforo total y Clorofila -a	-0,0771
Medido en el Lago (2012 - 2013)	Nitrógeno total y Clorofila -a	-0,8274
	Fósforo total y Clorofila -a	-0,1297

Tabla 19: Índice de Correlación entre el Nitrógeno y Fósforo total y Clorofila-a. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

#### 4.2.1.4 Resolución del estado trófico del Lago Rupanco

De acuerdo con los límites propuestos de la OCDE (1982) y Nürnberg (1996), para los periodos 1994 – 1995 y 2012 – 2013 el Fósforo total es el elemento que casi siempre bordea el límite de Oligotrofia a Mesotrofia en varias estaciones de muestreo y en ambos periodos de estudio, no obstante, los otros parámetros analizados (Nitrógeno total, Clorofila – a, Disco de Secchi y Oxígeno Disuelto) no se comportan de la misma manera. De acuerdo con el TSI de Carlson, el lago Rupanco presenta para ambos estudios, de Campos (1995) y la DGA (2013), condiciones intermedias de trofia (entre Oligotrófico y Mesotrófico), no obstante, dependiendo de la estación del año, y del parámetro observado, el lago pasaría de un estado trófico a otro, como ya ocurre con el análisis de los valores anteriores y los límites tróficos propuestos (OCDE y Nürnberg). Por último, de acuerdo con la Carga Crítica de Vollenweider (1976) el lago no ha llegado a sobrepasar el límite manteniendo su estado Oligotrófico a través de los años. A pesar de las variaciones anuales de los elementos donde existen superaciones de los límites establecidos, lo que podría indicar eventos específicos de eutrofización, como se registra en el invierno de 1994 donde hay un alza súbita de la Clorofila – a que sobrepasa los límites propuestos (y que luego decae para estabilizarse el resto del año), lo que se podría asociarse a un episodio específico de Bloom de algas, estos no son permanentes, sumado a que otros elementos tampoco presentan comportamientos similares en aquellos sucesos. Según los resultados de la Correlación de

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Pearson entre los nutrientes y la Clorofila – a, se evidencia una relación nula o levemente negativa, denostando que la productividad biológica está lejos, al menos en ambos periodos, de deberse a un aumento (o disminución) de los nutrientes de Nitrógeno y Fósforo en todo el cuerpo lacustre. De manera similar, los valores de Disco de Secchi, pH y Oxígeno Disuelto para el estudio de la DGA en el 2012 – 2013, demuestran que el lago aún posee una estabilidad química de pH, niveles óptimos de oxigenación, y una visibilidad profunda, lo que resulta ser contrario a un proceso de eutrofización o cambio de trofia como se establece según la bibliografía (OECD, 1982; Nürnberg, 1996; OECD, 1982; Dodds, Jones, & Welch, 1998; Smith, Tilman, & Nekola, 1999; INN, 1987; INN, 2005 y Moreno, Quintero, & López, 2010).

Lo descrito anteriormente demostraría que los parámetros por sí solos no son un indicador de trofia y al menos, en el lago Rupanco, no existe una relación proporcional entre los parámetros químicos, físicos y biológicos. Tomando en cuenta esto, se puede establecer que el lago mantiene su estado de Oligotrofia de acuerdo con la generalidad de los resultados de trofia, pero posiblemente tenga periodos estacionales de cambio de trofia. Esto último ya se ha visto en otros estudios relacionados con los lagos araucanos del sur del país por lo que sería una evidencia de un comportamiento propio de los cuerpos lacustres de esta zona geográfica (Soto, 2002 y Gonzalo, Martínez, Walkowiak, & Avendaño, 2009). También hay que tener en cuenta que el lago Rupanco parece tener una resistencia a las perturbaciones externas y a los elementos como el Nitrógeno y Fósforo. Soto (2002) ya había expuesto sobre esto al mencionar que el lago resiste a las perturbaciones de Fósforo, de hecho, de acuerdo con Campos (1995) y Oyarzún *et al.* (1977) la geología del sector, que se compone de material volcánico, presentaría cantidades elevadas de fosfatos por lo cual el lago estaría sometido a este elemento de manera natural (ver Figuras 49 y 50 en Anexo N°8). Esto podría indicar que el lago posiblemente sea más propenso a presentar una limitación de productividad biológica por Nitrógeno, sin embargo, debido a que no se han registrados valores cercanos a los límites en ambos estudios, sumado a que el Índice de Correlación de Pearson demuestra una relación negativa entre este nutriente y la productividad fotosintética, sería difícil corroborar (y comprobar) tal hipótesis. De todas formas, la fuerte idea que el lago no presente una limitación por Fósforo (que se respalda según los datos procesados en este estudio) refutaría la proposición de algunos autores que establecen que los cuerpos lénticos son regulados productivamente por este nutriente (Carlson, 1977; Dillon & Rigler, 1974 y OECD, 1982), lo que enfatiza en la necesidad de realizar estudios pertinentes en los lagos araucanos del país para reconocer cuales son los elementos que regulan su productividad, además, estos estudios deben ser periódicos, ya que con un lapso tan amplio de años como ocurre en esta investigación, se saltan procesos y eventos temporales importantes relacionadas con la dinámica productiva de la subcuenca, como sería las grandes cantidades de cosechas de smolts previo al momento de la crisis del virus ISA (considerando que en esos años el FCR era mucho mayor que durante los años 2012 y 2013), o el descenso de la productividad ganadera, los que podrían haber impactado y generado comportamientos distintos de trofia para el lago que a los años analizados actualmente. Teniendo un monitoreo constante sobre el cuerpo lacustre se puede evitar a futuro perturbaciones que causen daños a los ecosistemas acuáticos.

A pesar de que no haya cambios tróficos para el lago Rupanco, si existe un cambio de comportamiento, donde, por ejemplo, el Fósforo total paso a concentrarse de invierno y

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

primavera en 1994 a verano y otoño del 2013, mientras que el Nitrógeno total paso a concentrarse en otoño de 1994 al verano del 2013. Además, la cantidad de ambos nutrientes disminuyó para el 2012 – 2013 en relación con los registrados en 1994 – 1995. Teniendo en cuenta que los ingresos de nutrientes hacia el lago estaban principalmente regulados por la industria ganadera (actividad con el mayor ingreso desde las cuencas) y las salmoneras, se puede concluir que esta disminución de concentración se debe a que la industria acuícola durante el 2012 y el 2013 tuvo una disminución de su producción, como también un descenso del FCR en comparación con los años 1994 y 1995. Hay que tener en cuenta también que el lago no ha tenido una baja de su volumen para el periodo (2000 – 2015) descartando una influencia morfométrica sobre la concentración de nutrientes.

### 4.2.1.5 Impactos producidos por otras fuentes y la salmonicultura en el lago Rupanco

Como se determinó mediante el análisis de los grados de trofia del lago, se puede estimar que actualmente no existe un impacto ambiental, al menos de manera global para el cuerpo de agua, asociado a la eutrofización o cambio de trofia, efectos vinculados al ingreso de nutrientes por diversas fuentes. Entendiendo que la salmonicultura y la ganadería son las actividades con mayores exportaciones (y mayor influencia) se asume que estas no han impactado de manera negativa al ecosistema acuático. Ahora, como mencionan algunos autores, existe la posibilidad que las instalaciones acuícolas impacten más directamente en las zonas donde se encuentran, ya sea en la columna de agua, en el lecho, o en las zonas más aledañas, así lo expresan Campos, (1995), Buschmann (2001) y Soto (2002). De hecho, Buschmann (2001) menciona que el 66% del Fósforo ingresado decanta en el fondo mientras que el 62% del Nitrógeno se dispersa en la columna. No obstante, si se analizan y comparan las estaciones de muestreo de ambos periodos de estudios (1994 – 1995 y 2012 – 2013), no existe una clara evidencia sobre mayores concentraciones de nutrientes en aquellas zonas donde existen instalaciones salmoneras (ver Figura 48 en Anexo N°4). En razón a esta situación, surgen dos hipótesis que podrían explicarlo, la primera es que las instalaciones no hayan impactado de manera notable al ambiente, lo que es positivo para ambas partes (industria y ecosistema), y la segunda, que las piscinas si impacten, pero principalmente en la zona donde están ubicadas, es decir, en el lugar mismo donde flotan, enviando los nutrientes a la columna de agua y al lecho tal como lo expone Buschmann (2001). Es difícil dilucidar este contexto; la literatura si demuestra evidencias donde existen concentraciones de nutrientes elevadas en las zonas muy próximas a las instalaciones, no obstante, desde el año 2010, donde se tienen registros públicos de las INFAs, solo una instalación en el lago ha presentado un estado anaeróbico en ese mismo año, el resto de las concesiones salmoneras del lago Rupanco han mantenido el estado aeróbico (ver Tabla 18 subcapítulo 4.1), lo que podría indicar que finalmente no ha habido un impacto considerable, ya que aún se sustenta la vida acuática en el fondo de las piscinas y en la columna de agua, sin embargo, este es el contexto actual (2010 – 2015) por lo que para años anteriores la situación pudo ser muy diferente, sobre todo antes del 2008 cuando las INFAs eran realizadas por alguien de confianza del titular, pudiendo mal interpretarse los resultados de las muestras, lo que podría ser indicio de malas condiciones acuáticas para el periodo entre 1995, cuando llegaron las concesiones, y el año 2008, cuando comenzó a

regir esta modificación del RAMA sobre el tema de las INFAs<sup>31</sup>. Aun así, el contexto actual del lago Rupanco demostraría que las salmoneras no han impactado negativamente al ecosistema acuático, ni en las áreas aledañas a las concesiones ni para el lago en general. Si relacionamos la ubicación de los centros de cultivos con el modelo batimétrico del lago existe una clara correspondencia de estos con los niveles menos profundos (0 a 90 metros) (ver Figura 2 del subcapítulo 1.2). Las áreas con menos profundidad son más propensas a efectos de cambio trófico debido a dos factores, la mayor disponibilidad de nutrientes desde el lecho y un mayor volumen de penetración de luz que ayudaría a la productividad fotosintética (Ramírez & San Martín, 2008). En este sentido, a pesar de no registrarse condiciones anaeróbicas o altos niveles de nutrientes en esta investigación, hay que tener especial precaución en aquellas zonas donde están instaladas las concesiones, las cuales claramente, por una cuestión de logística y de costo, prefieren áreas con menores profundidades, no obstante, si consideramos que por geomorfología del lago hayan zonas propensas al efecto “bahía” donde las corrientes se estancan, generando bancos de sedimentos (Campos, 1995; Soto, 2002 y Ramírez & San Martín, 2008), el riesgo de impacto ambiental por centros de cultivos de smolts es mucho mayor. Ejemplo de esto sería la Bahía río Bonito, frente a la localidad de Piedras Negras, en la que se encuentran tres concesiones en una zona encajonada por la geomorfología lacustre, por lo que se propone tener especial cuidado y estudio sobre esta área.

De todas formas, para el periodo de estudio de la DGA 2012 – 2013, las concentraciones de los nutrientes fueron menores que las registradas por Campos en 1994 – 1995, en especial énfasis con el Nitrógeno total. Esto podría explicarse a causa de la evolución de la normativa, y de la industria en sí; de acuerdo al RAMA, desde el año 2008, posterior a la crisis del virus ISAv, las concesiones están obligadas a vigilar la cantidad de alimento que vierten y también deben velar por las condiciones aeróbicas del sustrato orgánico del fondo, ya que si esta es anaeróbica, deben parar su producción posterior a la cosecha<sup>32</sup>, situación contraria antes de la modificación donde se permitía continuar más de un año si esta no cumplía con condiciones de oxígenos aptas para la vida acuática. Esta norma, sumado a la preocupación industrial de generar cosechas que cumplan con las condiciones sanitarias expuestas por el RESA (Barra, 2015), podría ser indicador y quizás, justificación, de este descenso de nutrientes en el lago, sin embargo, al observar la dinámica productiva de la industria y su FCR, resulta también convincente que el descenso de nutrientes se deba a que para los años 2012 - 2013 (año donde están la mayor parte de datos levantados en el estudio de la DGA) ambos factores hayan sido mucho menores (3.480 toneladas cosechadas y un FCR de 1.4) (ver Tabla 16 en subcapítulo 4.1) que años anteriores. Independiente si la disminución para el 2012 – 2013 se deba a una de las situaciones planteadas (o ambas), se refuerza la conclusión de que la salmonicultura si influye en el comportamiento general de los nutrientes. De hecho, si se considera la dinámica de cosechas mensuales de la subcuenca y las concentraciones de nutrientes (ver Figuras 20 y 21 del subcapítulo 4.1 y las Figuras 23 y 24 del presente subcapítulo) existe una correlación positiva entre ambas, donde principalmente la gran cantidad de Nitrógeno para las estaciones de verano, otoño y primavera coincide con las épocas de mayores cosechas. Esto último podría estar asociado a dos casos: qué la industria aplique una mayor cantidad de alimento antes de retirar el smolt de las jaulas para obtener el mejor peso posible por

---

<sup>31</sup> Mediante Decreto N°397.

<sup>32</sup> Artículo N°4, letra h) y Artículo N°20 del actual RAMA.



pez, o que justo en aquel momento se ingrese la nueva generación de alevines, los cuales, debido a la necesidad biológica requieren una mayor cantidad de alimento<sup>33</sup>. Si bien en la primera situación no es comprobable que se aplique más alimento para lograr un mejor “resultado”, si ocurre que las concentraciones de Nitrógeno del alimento son las mayores en esta etapa del proceso de cultivo en agua dulce (ver Figura 4 del subcapítulo 2.1). El proceso de crecimiento del pez que es de alrededor de un año también coincide con las épocas de cosecha e ingreso de nuevos peces, reforzando la idea que estas etapas influyen en las concentraciones de Nitrógeno en aquellos periodos (ver Tabla 3 del subcapítulo 2.1). Para el caso del Fósforo total, si bien para los años 1994 – 1995 sus concentraciones no eran las más altas para las estaciones de verano y otoño, si ocurre lo contrario para los años 2012 y 2013, lo que podría estar asociado a un mayor porcentaje de este elemento en los alimentos de peces para este último periodo, aunque no es posible comprobar esta suposición. No obstante, otra razón que si puede explicar esta diferencia con el Fósforo es el proceso de mezcla de aguas del lago Rupanco (monomítico templado), el que ocurre en invierno y se extiende en primavera (Soto, 2002) provocando que la presencia del nutrientes sea mucho mayor en esas épocas debido a que se levantan desde el fondo los sedimentos de Fósforo que han decantado durante el año ((Buschmann (2001) plantea que el 62% del Fósforo ingresado desde un centro de cultivo se dispone finalmente en el lecho). Esto provocaría la diferencia o la alternancia de nutrientes, al menos para el periodo de 1994 – 1995. Para los años de estudio de la DGA, ocurre que la dinámica evolutiva de producción se empezó a concentrar mayoritariamente en verano y otoño (ver Figura 21 subcapítulo 4.1) lo que daría como resultado que el Fósforo, a pesar de que sus concentraciones siempre sean menores, se encuentren en dichos periodos.

Si bien existen otras fuentes que puedan influir en el comportamiento de los nutrientes (y en su concentración) como puede ser el turismo o la población local, las que generan aguas grises que vayan a parar al lago, como se aprecia en la evolución demográfica y los registros de la DGA, habría una incongruencia entre el aumento de la población y la disminución de los nutrientes para los años 2012 – 2013 (ver Tabla 11 subcapítulo 4.1 Figura 24 del presente subcapítulo), además la participación desde la población en el ingreso de nutrientes es ínfima en comparación con el resto como se puede apreciar en el las Figuras 27 y 28 y en la Tabla 32 del Anexo N°19, por ende se descarta al menos esta hipótesis.

Finalmente, se puede concluir que no existen impactos ambientales evidentes por parte de la industria salmonera, a pesar de que esta actividad domina actualmente el ingreso de nutrientes al cuerpo lacustre, a menos que, como hemos visto, continúe su descenso productivo para finalmente dar paso a una subcuenca con solo cultivos en tierra (pisciculturas). No obstante, es muy probable, como ya se discutió en los párrafos anteriores, que las concesiones acuícolas si intervengan en la disposición anual de los nutrientes, sin llegar a cambiar la trofia, afectando los comportamientos naturales que estos puedan tener, aunque de todas formas es necesario continuar investigando y levantando datos que puedan dar cuenta de esta hipótesis.

---

<sup>33</sup> De acuerdo con la Figura 5, la energía digerible del pez en etapas tempranas de crecimiento es mucho menor, siendo necesario una mayor cantidad de alimento, además, según el estudio de Flores y Vergara (2012), los peces acordes van creciendo requieren una menor cantidad de raciones al día, si es que la empresa no aplicara una ración cada una hora (24 por día)

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

### 4.2.2 Situación de los ríos Coihueco y Rahue

#### 4.2.2.1 Comportamiento de los Parámetros Físicos-Químicos de los ríos Coihueco y Rahue

En la Figura 32 se puede apreciar que el río Coihueco ha presentado un comportamiento constante del Nitrógeno de Nitrato a través de los años, y que bordea entre los 25 y 100 mg/l, no obstante, supera el límite de Nitrógeno propuestos por Dodds *et al.* (1998) en los años 2006 y 2007 en más de 4000 mg/l. El Fósforo de Ortofosfato se mantiene cercano al límite del Fósforo total para casi todo el periodo, pero entre los años 2006 y 2009 ha habido una serie de puntos álgidos de sus concentraciones donde supera en creces los límites de oligotrofia propuestos por Dodds *et al.*

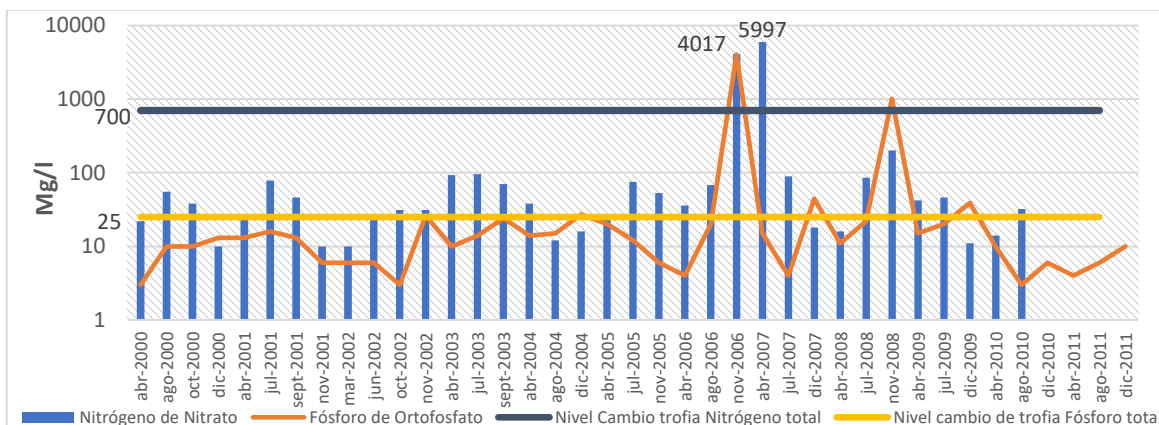


Figura 32: Niveles de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato Estación Río Coihueco antes junta Pichicope (2000 - 2011). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por las estaciones de monitoreo de la DGA, 2018.

En el sector del Desagüe del Lago Rupanco existe para todo el periodo una serie de puntos álgidos donde se superan los límites de Dodds *et al.* (1988) para ambos elementos (Nitrógeno de nitrato y Fósforo de Ortofosfato) y entre medio de ellos se encuentran periodos de medianas concentraciones que no superan el límite del Fósforo total; Estos son en 1999, 2006, 2007, 2008 y 2009. El Nitrógeno de Nitrato supera el límite en dos ocasiones (2006 y 2007) bordeando los 1000 mg/l, además este tiende a aumentar su concentración de manera constante a fines del 2010 y durante el 2011 (ver Figura 32).

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

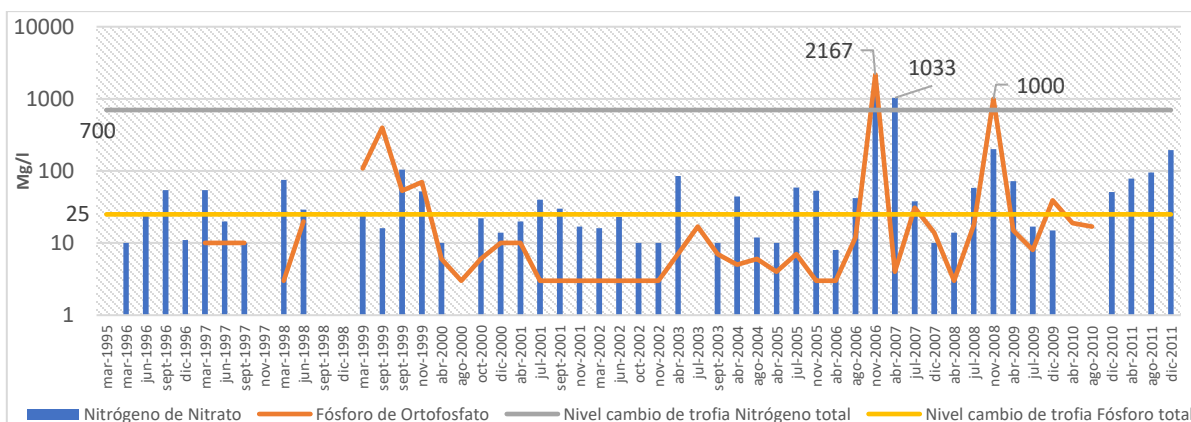


Figura 33: Niveles de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato Estación Río Rahue en Desagüe Rupanco (2000 - 2011). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por las estaciones de monitoreo de la DGA, 2018.

Por último, en relación con la estación Río Rahue en Longitudinal (ver Figura 33), el río presenta, ya con kilómetros de distancia con su nacimiento en Desagüe Rupanco, casi el mismo comportamiento de los nutrientes medidos en las estaciones anteriores, es decir, un periodo desde el año 2000 hasta el 2006 de cierta estabilidad de concentración bajo el límite del Fósforo total, para luego aumentar súbitamente para los años 2006 al 2009. Los peaks del Fósforo de Ortofosfato son menores en sus concentraciones en comparación a los medidos en Río Coihueco, pero similares a los en Desagüe. En caso del Nitrógeno de nitrato, estación Longitudinal supera por mucho los valores de Desagüe, pero por menos a los de Coihueco.

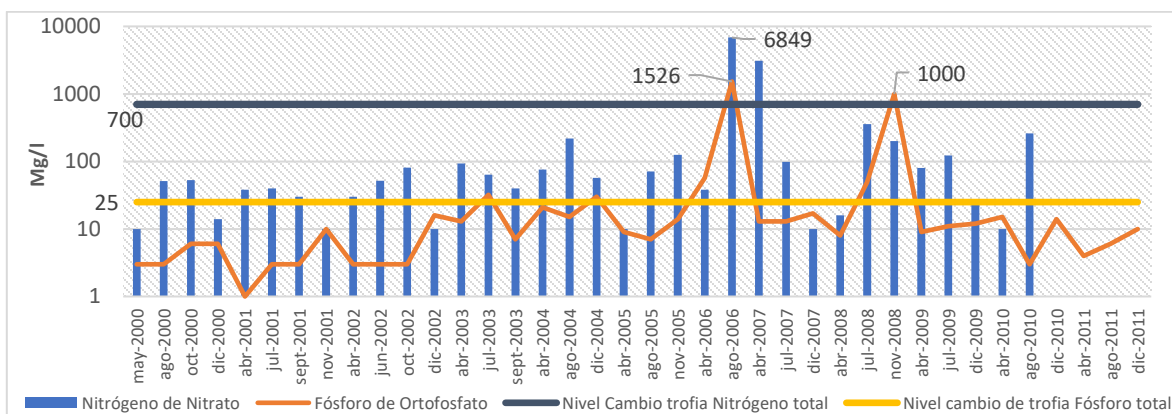


Figura 34: Niveles de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato Estación Río Rahue en Longitudinal (2000 - 2011) Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por las estaciones de monitoreo de la DGA, 2018.

De acuerdo con el análisis temporal de los elementos en las tres estaciones de, es posible identificar un comportamiento similar entre la estación del río Coihueco y la de río Rahue en Longitudinal, donde el Fósforo total siempre bordea el límite propuesto por Dodds *et al.* (1998) (25 mg/l) para casi todo el periodo disponible (2000 – 2010), lo que puede ser indicio de que se pueda estar pasando a un estado trófico mayor del cuerpo lóxico. En relación a los eventos de alza súbita de los nutrientes, estos se dan en las tres estaciones coincidiendo en las fechas (2006, 2007 y 2008), situación anómala que podría estar vinculado a un

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

evento natural, climático o geológico local de contaminación en la subcuenca más a que una situación de impacto proveniente de una actividad ya que las tres estaciones poseen mismo comportamiento a pesar de estar a kilómetros de distancia (la estación Desagüe Rupanco y Coihueco no pertenecen al mismo sistema lótico y tampoco a la misma subsubcuenca)

En las Figuras 35 y 36 es posible evidenciar la evolución de los elementos estudiados sin considerar los picos registrados por las estaciones de calidad de aguas de los ríos en los años 1999 y 2006 al 2009 (ver Figuras anteriores 32, 33 y 34) ya que se considera que estas alzas súbitas corresponden a eventos específicos de contaminación. En general la concentración de los nutrientes ha ido al alza en los últimos años, aunque este comportamiento proviene luego de un descenso considerable, al menos para la estación Desagüe Rupanco, desde 1995 al 2000. Las razones detrás de esta evolución pueden ser variadas, como, por ejemplo, los cambios productivos de la subcuenca o el aumento de la población rural, de todas formas, esto se discutirá más adelante en este mismo subcapítulo de resultados número dos.

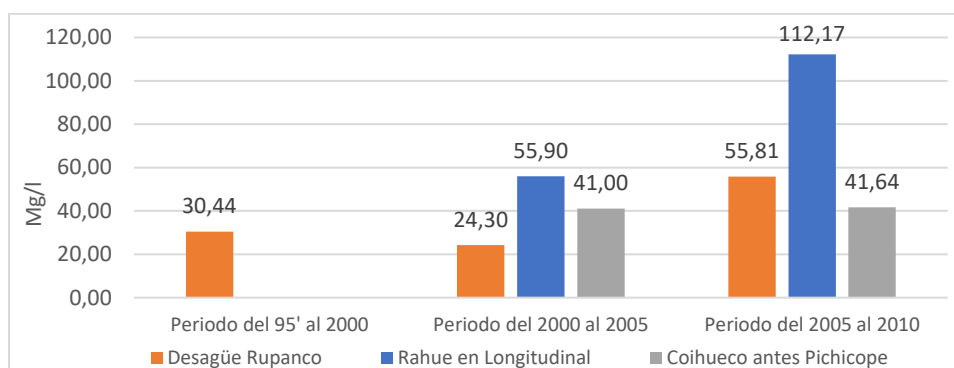


Figura 35: Promedio de Nitrógeno de Nitrato por periodos en las estaciones de Calidad de Agua.  
Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2018

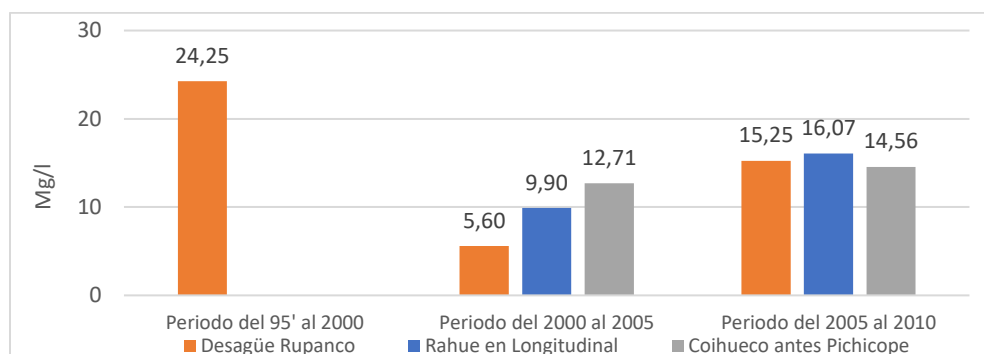


Figura 36: Promedio de Fósforo de Ortofosfato por periodos en las estaciones de Calidad de Agua.  
Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2018.

### 4.2.2.2 Otros parámetros

#### 4.2.2.2.1 Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto para ambos ríos se mantiene relativamente estable durante todo el periodo de tiempo de muestreo (2000 – 2015) entre los valores de 8 y 11 mg/l y siempre manteniéndose arriba del límite de la norma chilena (5 mg/l), no obstante, este parámetro

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

presenta una leve alza que coincide con los picos de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato en ambos ríos (2006 en adelante) alcanzando valores mayores de 12 mg/l, suponiendo una sobresaturación en algunos casos. En general, luego del año 2010, el promedio medido aumenta ligeramente en 1 mg/l (ver Figura 95 en Anexo N°18).

### 4.2.2.2 Temperatura y pH

Para el pH medido en las tres estaciones se observa una mayor amplitud de los valores obtenidos desde el año 2005 en adelante, no obstante, no se observa algo más fuera de lo normal, exceptuando el pico en el año 2002 que supera la Norma Chilena N°1333 y 409 en solo una muestra. Mientras tanto, para la Temperatura, esta tampoco presenta una mayor anomalía, pero si una leve homogenización de los valores medidos en las tres estaciones a partir del año 2010 (ver Figuras 96 y 97 en Anexo N°18).

### 4.2.2.3 Ingreso de Nutrientes a los ríos Coihueco y Rahue

Para los ingresos de nutrientes a los cuerpos de agua se consideró las exportaciones de diversas fuentes provenientes de las microcuencas, ya sea por los distintos usos de suelos, por las actividades productivas y las poblaciones humanas. Se hace especial énfasis en el ingreso de nutrientes desde las instalaciones salmonícolas. Cabe destacar que para los ingresos de nutrientes hacia los ríos se consideró dos situaciones hipotéticas, la primera radica en el vertimiento de nutrientes de acuerdo con la legislación del D.S. N°90, mientras que la segunda se sostiene en una no regulación de las instalaciones en el manejo de sus RILes, este último caso fue desarrollado en vista de los relatos de algunos entrevistados que mencionan irregularidades por las empresas a la hora de verter sus desechos a los cuerpos de agua. En el caso de ingresos de nutrientes desde las cuencas, la mayor cantidad de ellas proviene desde las praderas ya que cuentan con el mayor porcentaje de suelo del área de estudio (ver Tabla 13 y Figura 16 del subcapítulo 4.1), sumado al coeficiente de exportación que poseen (11,6 para el Nitrógeno total y 0,92 para el Fósforo total) los cuales son los mayores (junto con los agrícolas) en comparación con otros usos como los bosques nativos y las plantaciones forestales (ver Tabla 26 en Anexo N°3).

En la Tabla 20 a continuación sobre la cantidad de Nitrógeno y Fósforo que las industrias existentes en la subcuenca exportan hacia los cuerpos de aguas, se tiene que solo las instalaciones lácteas y mataderos (además de las piscícolas) son las que vierten nutrientes a través de los RILes. Según el D.S. N°90, estas tienen permitido ingresar un máximo de 75mg/l de Nitrógeno total y 15mg/l de Fósforo total. Tomando en cuenta en que solamente tres instalaciones son capaces de impactar con estos elementos (las industrias lácteas y el matadero) en comparación con el número de instalaciones piscícolas, y qué, de acuerdo los cálculos anuales de vertimiento en razón al Caso Hipotético N°1, las cantidades de estas sustancias son ínfimas, no se consideró que sus participaciones sean importantes, razón por la cual no aparecen en los gráficos siguientes de ingreso de nutrientes hacia los ríos. No obstante, si tomáramos en cuenta el Caso Hipotético N°2 donde existe irregularidades sobre las concentraciones reales de los nutrientes vertidos en los efluentes, es posible que su incidencia en el ingreso total fuera mayor, sin embargo, no se cuenta con una metodología de ingreso potencial de estas industrias como si ocurre con la salmonicultura

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

y que se basan en lo expuesto por Campos (1995) y Buschmann (2001). Debido a esto se han descartado en ambas suposiciones la participación de otras industrias en los ingresos de nutrientes a los cuerpos de aguas.

Fuente de la Información	Nombre Empresa	Rubro	Año de Ingreso Proyecto	Lugar	Ingreso de Nutrientes al cuerpo de agua	Nitrógeno potencial de emisión según norma y/o RCA	Fósforo potencial de emisión según norma y/o RCA
-	Central Hidroeléctrica de Capullo	Central hidroeléctrica	1995	El Encanto	-	-	-
RCA y DIA	Alcantarillado y Planta de tratamiento de Aguas Servidas	Alcantarillado	2002	Cancura	Bajo la norma	10 mg/l	8 mg/l
RCA y DIA	AquaFarms S.A. Piscicultura el Copihue	Acuicultura con salmonídeos	2011	El Copihue (Cancura)	Probable	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2009	Fundo El Almud (Cancura)	Muy poco probable	-	-
RCA y DIA	Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2011	Sector el Almud (Las Quemadas)	Muy poco probable	-	-
RCA y DIA	Aridos Dowling & Schilling	Extracción de Áridos	2013	Sector el Almud (Las Quemadas - Pichil)	Muy poco probable	-	-
RCA y DIA	Central Hidroeléctrica de Paso La Flor / Empresa Eléctrica La Flor S.A.	Central hidroeléctrica	2010	El Encanto	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	Central Hidroeléctrica Pulelfu / Empresa Eléctrica La Leonera S.A.	Central hidroeléctrica	2006	El Encanto	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	Conjunto Hidroeléctrico Bonito / Hidrobonito S.A.	Central hidroeléctrica	2011	Río Bonito	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	DRENAJE SUPERFICIAL FUNDO SAN PEDRO-COIHUECO / Toromiro S.A.	Drenaje	2014	Sector Coihueco - Rupancho	Bajo la norma (Residuos sólidos son mantenidos y reutilizados en el recinto, mientras que los efluente líquidos corresponde a aguas lluvias)	Nulo (Pero probable)	Nulo (Pero probable)
RCA y DIA	LÁCTEOS PATAGONIA	Elaboradora productos lácteos	2006	Pichil	No informa DIA ni RCA	75 mg/l	15mg/l
RCA, DIA y DAA D.G.A.	MafriSur S.A.	Frigorífico (Faena de animales)	2004	Pichidamas	Bajo la norma	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Mini Central de pasada El Callao / Hidrocallao S.A.	Central hidroeléctrica	2009	Río Callao	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	Mini Central de pasada Río Nalcas / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	Río Nalcas	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco Rupancho / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	Río Blanco	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y EIA	Mini Centrales Hidroeléctricas de Pasada Palmar - Correntoso / HIDROAUSTRAL S.A.	Central hidroeléctrica	2007	Las Parras - Santa Elvira	Bajo la norma (Permiso sanitario para disposición de residuos sólidos y líquidos en Fosas)	-	-
RCA y DIA	Modificación Piscicultura Aguas Buenas (Sistema de Ensilaje) / Piscicultura Puerto Octay S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2010	Aguas Buenas	Desconocido	50 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Nestle Chile S.A	Elaboradora productos lácteos	2009	Pichil	Bajo la norma	35 mg/l	16 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Cancura. Cermaq /	Acuicultura con salmonídeos	2010	Cancura	No informa DIA ni RCA	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Cancura. Salmones Cancura Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2004	Cancura	Bajo la norma	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura El Venado	Acuicultura con salmonídeos	2011	Cancura - Desagüe Rupancho	Muy poco probable	50 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Las Vertientes Sector 1 / Las vertientes Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2007	Fundo esta cia las Vertientes (Cancura)	Bajo la norma	50 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Las Vertientes Sector 2 / Las vertientes Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2007	Fundo esta cia las Vertientes (Cancura)	Muy poco probable	50 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Pulelfu / Piscicultura Pulelfu S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2002	Sector Río Coihueco	Probable	50 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Río Rahue / Salmones Humboldt SPA	Acuicultura con salmonídeos	2010	Cancura	Bajo la norma	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Rupanquito / Salmones Antartica S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2002	Cancura	Bajo la norma	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	Piscicultura Santa Juana. Cermaq S.A. / Humboldt S.A.	Acuicultura con salmonídeos	2005	Cancura	Bajo la norma	75 mg/l	15 mg/l
RCA y DIA	PISCICULTURAS CASA DE LATA	Acuicultura con salmonídeos	2006	Pichil - Las Quemadas (Casa de Lata)	Bajo la norma	75 mg/l	15mg/l
RCA y DIA	PISCICULTURAS LAS QUEMAS CHILE S. A.	Acuicultura con salmonídeos	2007	Las Quemadas	Bajo la norma	75 mg/l	15mg/l
RCA y DIA	Planta Unidad Sur /Envases Roble Alto S.A.	Papelera/Celulosa	2009	Pichil	Bajo la norma	30 mg/l	10 mg/l
RCA y DIA	Remodelación Piscicultura Puerto Fonck / Salmones Multiexport Ltda.	Acuicultura con salmonídeos	2006	Puerto Fonck	Muy poco probable	50 mg/l	10 mg/l

Tabla 20: Nutrientes potenciales vertidos por las diferentes instalaciones industriales en la Subcuenca. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la RCA y DIA de las industrias y el D.S. N°90, 2018.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Según sea la situación, tenemos dos casos a analizar para el ingreso de nutrientes a los cuerpos de aguas, el primero se sustenta en que las instalaciones piscícolas en tierra son reguladas por el Decreto Supremo N°90 que inicia desde el año 2002 y que limita las concentraciones de Fósforo y Nitrógeno total que se vierten por los efluentes. El segundo caso radica en el supuesto de que las piscícolas, debido a la poca rigurosidad de fiscalización y regulación del D.S. N°90, viertan una concentración mayor de nutrientes y que está basado en el hipotético de Buschmann donde cerca de 2/3 de los nutrientes generados se mantienen en el cuerpo de agua, en este caso, en las balsas o piscinas que posteriormente se dirigen al efluente.

Para el río Coihueco el ingreso de nutrientes es mucho menor al del río Rahue. En el primero tenemos que el Nitrógeno total calculado para ambos Casos (1 y 2) varía entre las 525 y 550 toneladas, teniendo su estabilidad entre los años de 1995 y 1999 (ver Figura 37 a continuación). En el año 2000 el ingreso de nutrientes del Caso N°1 desciende entre las 535 y 540 toneladas y no es hasta el 2008 donde baja súbitamente para mantenerse cerca de las 530 toneladas hasta el 2015. En el Caso N°2, el Nitrógeno total se eleva para el año 2004 y se mantiene hasta el 2007 cercano a las 540 toneladas; al igual que en el Caso N°1 desciende abruptamente para el 2008, sin embargo, se registran leves alzas posteriores (5 toneladas) en los años 2011 y 2014. En relación con el Fósforo total la evolución varía un poco a la del Nitrógeno total, teniendo par ambos casos una variación entre las 46 y 49 toneladas (ver Figura 38 a continuación). En el Caso N°1 se registra el menor ingreso para el año 2000, de ahí en adelante continúa en alza hasta el 2007 donde vuelve a bajar, pero no tan abruptamente (solo media tonelada), luego el ingreso se mantiene en 47,27 toneladas por año hasta el 2015. En el Caso N°2 el comportamiento es muy similar al del Nitrógeno total de la Figura 37, solo que el descenso para el 2008 no es tan súbito y de gran cantidad (casi 1 tonelada).

Para el río Rahue el panorama es muy diferente. Para el Nitrógeno total ingresado no hay un gran cambio entre ambos casos hasta el año 2007, donde el Caso Hipotético N°2 comienza a generar un aumento considerable del elemento hasta el año 2011, teniendo una amplitud de casi 350 toneladas (desde 300 hasta más de 650) posteriormente una baja para el 2013 de casi 100 toneladas para nuevamente subir en el 2014 con el pico más alto registrado (700 toneladas), finalmente decae al 2015 por debajo de las 600 toneladas. En el Caso N°1 el ingreso se mantiene estable entre las 300 y 400 toneladas para todo el periodo (ver Figura 39 a continuación). En el caso del Fósforo total (ver Figura 40 a continuación) el comportamiento es exactamente igual al del Nitrógeno, solo que cambia las concentraciones: la máxima amplitud registrada es de más de 50 toneladas (desde 28 en el 2004 a 79 toneladas el 2014).

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

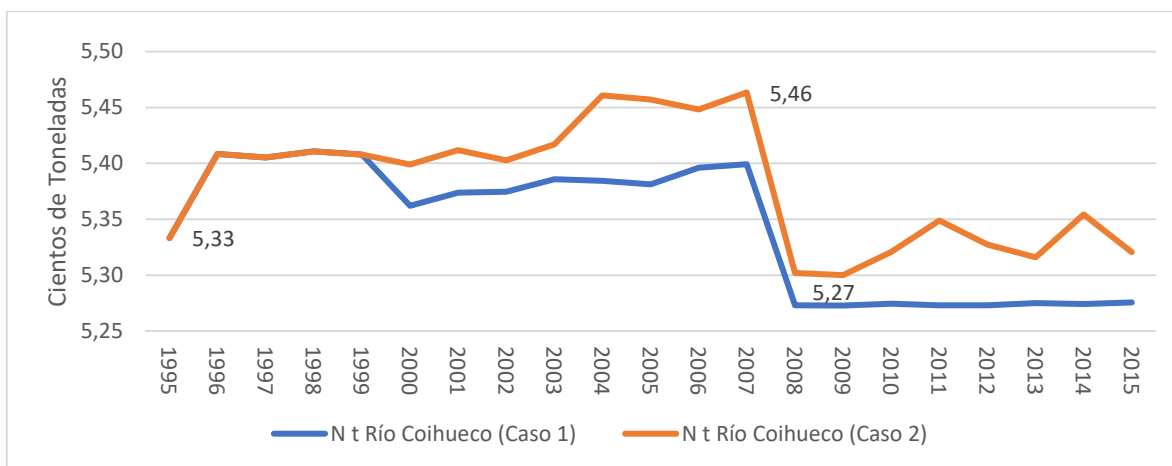


Figura 37: Ingreso Nitrógeno Total al Río Coihueco 1995 - 2015 (Casos 1 y 2). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

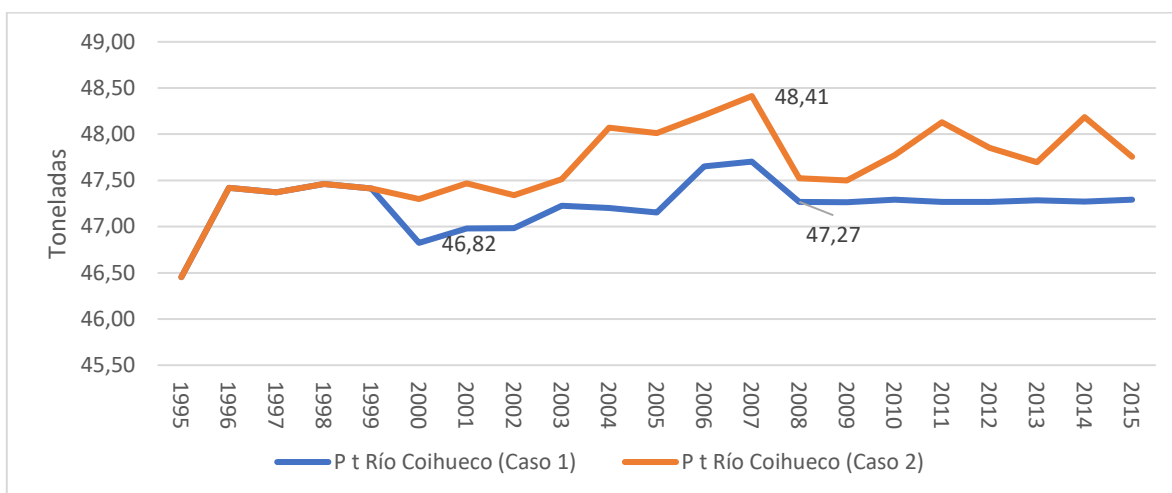


Figura 38: Ingreso Fósforo Total al Río Coihueco 1995 - 2015 (Casos 1 y 2). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

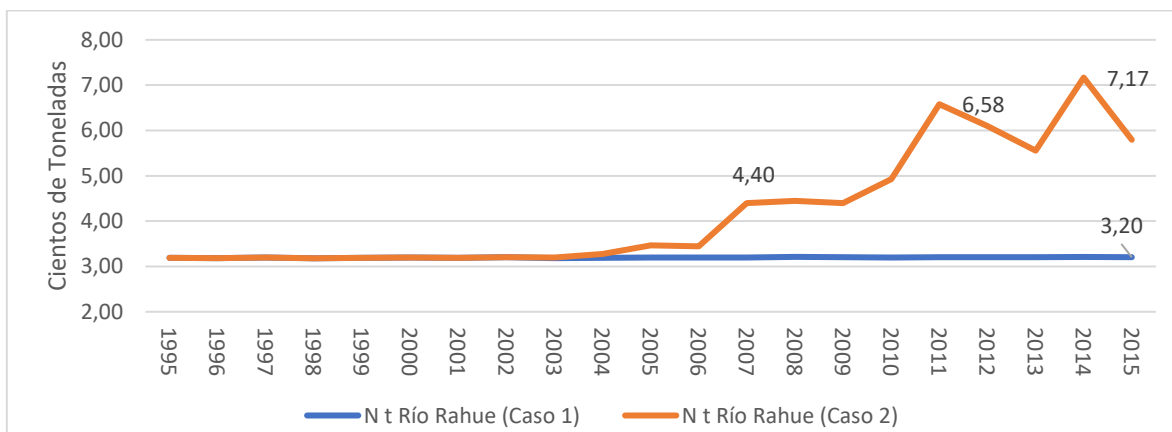


Figura 39: Ingreso Nitrógeno Total al Río Rahue 1995 - 2015 (Casos 1 y 2). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

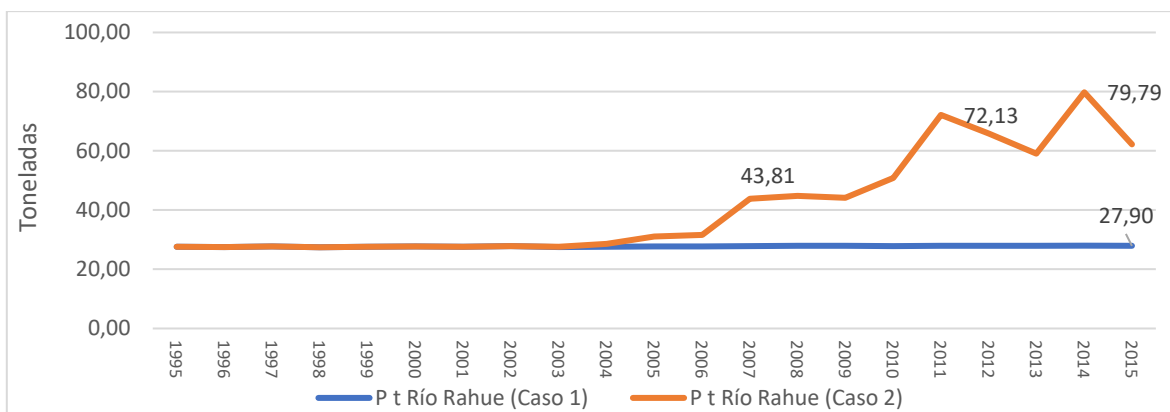


Figura 40: Ingreso Fósforo Total al Río Rahue 1995 - 2015 (Casos 1 y 2). Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

### 4.2.2.3.1 Participación de las fuentes en el de ingreso de Nutrientes

En razón a lo ingresado desde las diferentes fuentes hacia el río Coihueco, nos encontramos con una situación de predominancia de las cuencas. Para ambos nutrientes y en ambos casos, el río Coihueco recibe más del 94 % de los elementos desde las microcuencas para todo el periodo de estudio, siendo las pisciculturas el segundo foco junto a lo producido por los habitantes, aunque estas dos fuentes no superan el 5% por año para todo el periodo (ver Tabla 32 en Anexo N°19).

Respecto al río Rahue el panorama es distinto, si bien, con el Nitrógeno y Fósforo total en el Caso N°1 el mayor ingreso lo producen las microcuencas con más del 95% para el Nitrógeno y más del 70 % para el Fósforo en todos los años (en el Caso N°1 para el Fósforo total, el segundo mayor ingreso de nutrientes lo generan los habitantes con una variación desde el 6% a más del 10% para los últimos 10 años), esto cambia en el Caso N°2 donde las centros salmoneros comienzan a tener una mayor participación desde el 2005, abarcando cerca del 50% de la fuente de ingreso de Nitrógeno total para el 2011 en adelante, y más del 60% del Fósforo total para el mismo periodo de años (2011 – 2015) (ver Figuras 41 y 42 a continuación y Tabla 32 del Anexo N°19).

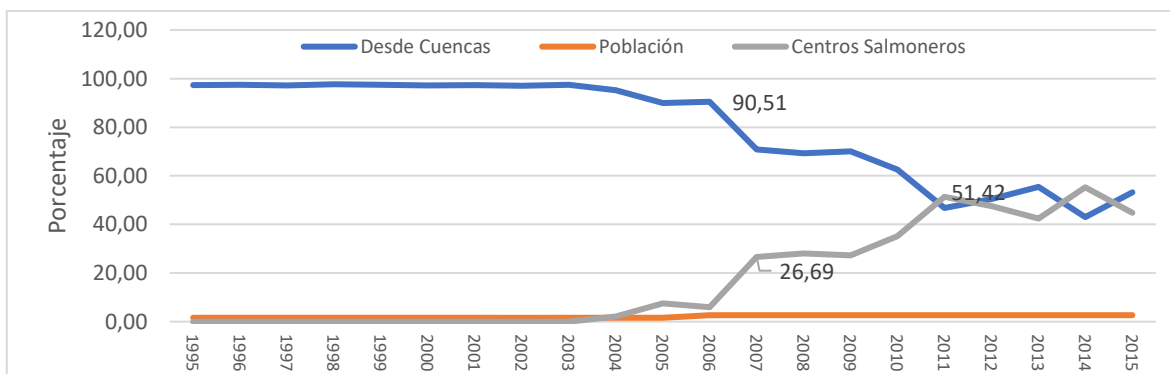


Figura 41: Porcentaje del total del Ingreso de Nitrógeno total al Río Rahue (Caso 2) 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

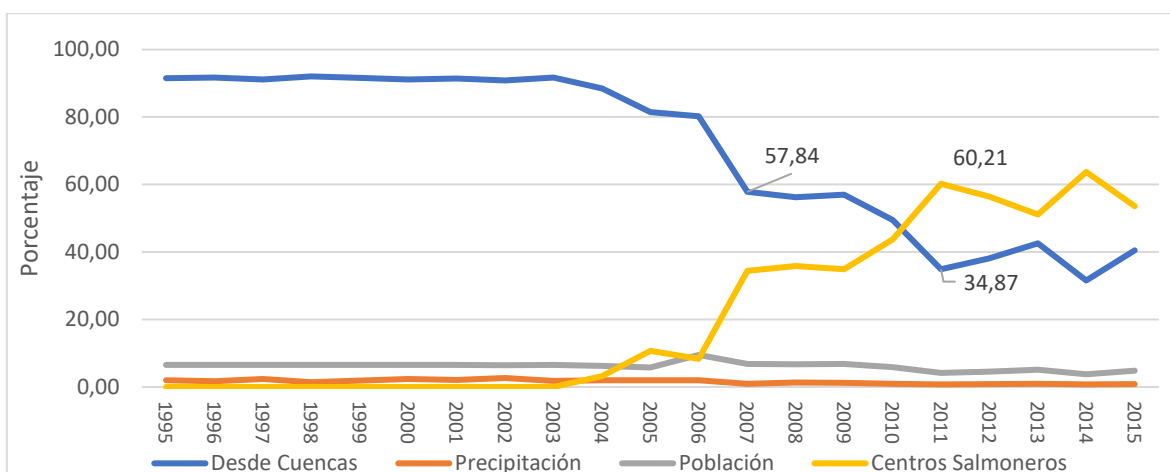


Figura 42: Porcentaje del total del Ingreso de Fósforo total al Río Rahue (Caso 2) 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base estadísticas obtenidas por diversas fuentes, 2018.

El comportamiento de ingreso de nutrientes al río Rahue del Caso N°2 coincide con la llegada de los centros de cultivo en el valle de la subcuenca desde el 2004, además también es similar al comportamiento productivo de las industrias para el periodo 2007 al 2015. Se observa que las precipitaciones tienen un rol mucho menos relevante en el ingreso de nutrientes a los ríos en comparación con la situación del lago Rupanco, esto se debe principalmente a que estos cuerpos de aguas poseen una superficie mucho menor.

### 4.2.2.4 Resolución del estado trófico del río Coihueco y Rahue

De acuerdo con los parámetros analizados en cada estación de muestreo, los ríos Coihueco y Rahue no han presentado hasta ahora un cambio de trofia a lo largo del periodo de estudio del que se tiene registro (2000 – 2010), sin embargo, si han registrado rangos elevados de Fósforo de Ortofosfato que bordean el límite del Fósforo total propuestos por Dodds *et al.* (1998), principalmente en las estaciones Coihueco antes junta Pichicope y río Rahue en Longitudinal. En el caso del Nitrógeno de Nitrato las concentraciones superan ocasionalmente el límite del Fósforo total, pero no al del Nitrógeno total, al menos de manera continua. Ahora bien, estas dos variables no representan la totalidad de los elementos propuestos a analizar en este estudio, por lo que la situación real de las concentraciones y de los impactos ambientales generados por los nutrientes podría ser distinta. Esto podría ejemplificarse con el ciclo del Nitrógeno, donde el Nitrato, elemento analizado por las estaciones de calidad y que es el componente del Nitrógeno asimilable por la vegetación, anteriormente fue Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), elementos muy tóxicos para los peces si se encuentra en concentraciones elevadas (Sandoval *et al.*, 2015), además, los tres compuestos anteriores, que pueden encontrarse paralelamente debido a la diferentes formas de su disposición hacia las aguas, determinan finalmente el Nitrógeno total, variable utilizada para diagnosticar el estado trófico del cuerpo de agua en varios estudios y en esta investigación. Para el caso del Fósforo, hacen falta otras variables como los Fosfatos Orgánicos y Trifosfatos para obtener el Fósforo total, aunque, de todas formas,

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

el Fósforo de Ortofosfato es un buen indicador de contaminación al ser el compuesto mineral utilizado en las granjas de cultivo acuáticos y terrestres.

En relación con los eventos específicos de ingreso de nutrientes, como se puede apreciar en las Figuras 32 al 34 del presente subcapítulo, las tres estaciones registran para los años 2006, 2007 y 2008 alzas súbitas de los elementos analizados superando en más de del 200% los límites para ambos nutrientes. Si bien son casos aislados, su importancia no es menor ya que dicho comportamiento es similar en concentración y en la fecha ocurrida, siendo que, estación Desagüe Rupanco y la estación del río Coihueco son inconexas en distancia y en cuerpo hídrico (ver Figura 57 del Anexo N°11), por lo que esta situación responde a un proceso global de la subcuenca más que a una contaminación producida por alguna actividad en específico.

Tomando en cuenta otros parámetros como el Oxígeno Disuelto y el pH, los ríos Coihueco y Rahue presentan condiciones bajo la norma que permitan el desarrollo de la vida acuática y el uso de las aguas para riego y hasta, agua potable (Norma Chilena N°1333 y 409). No obstante, de acuerdo con Dodds *et al.* (1998) los parámetros de pH y Oxígeno Disuelto presentan oscilaciones que pueden denotar un comportamiento de eutrofización de las aguas, esto ocurre principalmente entre los años 2000 y 2010, con el pH en la estación Coihueco y Longitudinal del río Rahue y solo con el Oxígeno Disuelto en Coihueco. Al observar los patrones de estos parámetros y el comportamiento mensual de los caudales, resulta que el pH suele ser más bajo en las estaciones de invierno y alta en los periodos de primavera, verano y otoño. El Oxígeno Disuelto no presenta una regulación de su comportamiento por el caudal mensual como ocurre con el pH, no obstante, en la estación Coihueco su concentración se mantiene entre los 10 y 13 mg/l desde el año 2006 en adelante, cifra más alta con el periodo anterior que se tiene registro de 8 a 12 mg/l. Considerando que tampoco ha habido una variación de caudal año tras año de ambos ríos desde el año 2004 en adelante (ver Figuras 53 y 55 en Anexo N°10), es posible que estas variaciones puedan estar más relacionadas con el aumento de las concentraciones de los nutrientes para el periodo 2000 – 2010 (ver Figuras 35 y 36 anteriores) y precisamente desde el año 2005 cuando ya es más notorio. Esto levantaría la hipótesis de que se generen episodios de “*Blooms de algas*” que finalmente provocan las alzas de Oxígeno Disuelto, como ocurre en el 2007 en la estación río Rahue en Longitudinal cuando se registra un valor arriba de 13 mg/l, lo que puede causar problemas a las especies, además dicha alza también coincide con el aumento súbito de nutrientes registrado para la misma estación ese mismo año, sin embargo faltarían datos para corroborar dicha suposición de tal episodio específico ya que existe una diferencia de dos meses entre el alza de nutrientes y el de oxígeno disuelto, lo que no significa que durante ese periodo de falta de datos no haya continuado el alza de nutrientes.

De todas formas, según los datos levantados por las estaciones de calidad de aguas, los ríos Coihueco y Rahue no presentan un cambio de trofia, a pesar de posibles episodios de eutrofización los cuales podrían ser breves. Si bien el Oxígeno Disuelto y el pH presentan mayores fluctuaciones desde el año 2004, estos se mantienen en los parámetros de calidad que permiten la vida acuática. Además, hay que considerar dos variables que mantienen un estado trófico óptimo para la vida a los ríos y que son: La corriente, que como establece León-Muñoz (2006) y Navarro (2014) favorece el transporte de nutrientes y su oxidación, impidiendo el estancamiento de los mismos y por ende su mayor concentración en espacio y tiempo determinado; y la vegetación ribereña, la que hace uso de los elementos

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

disponibles para su propio beneficio, disminuyendo la cantidad de Nitrógeno y Fósforo que puedan encontrarse en el cuerpo de agua. Es necesario para reforzar este tipo investigaciones contar con la mayor cantidad de parámetros analizables posibles como también una mayor continuidad de los mismos que permitan vislumbrar los cambios de los cuerpos lóticos y sus posibles impactos negativos, ya que en este caso, por ejemplo, no se registra parámetros biológicos como la Clorofila – a, o la totalidad de los componentes de Nitrógeno y Fósforo, como es el Amonio o el Nitrito que de acuerdo a Sandoval *et al.* (2015) son componentes del Nitrógeno que pueden impactar negativamente la vida de los peces en el agua si se encuentran en concentraciones elevadas.

### 4.2.2.5 Impactos producidos por otras fuentes y la salmonicultura en los ríos Coihueco y Rahue

Como se dijo anteriormente, se plantearon dos situaciones hipotéticas de contaminación por parte de las industrias que generan RILes, las que podrían finalmente derivar en dos panoramas distintos de contaminación. Siguiendo esta línea el Caso N°1 donde las industrias generan una cantidad de residuos acorde a lo establecido por el D.S. N°90, que son como máximo 75 mg/l para el Nitrógeno total y 15 mg/l para el Fósforo total, demuestra que los ingresos de nutrientes a los cuerpos de aguas son muy bajos para ambos nutrientes, mientras que para el Caso N°2 el vertimiento de Nitrógeno y Fósforo a los ríos serían mayores y estarían más de acorde a la dinámica productiva de las actividades del sector. Como se puede apreciar en la Figura 1 del caso de estudio, la presión industrial es mucho mayor en el río Rahue, la que con el transcurso de los años fue recibiendo más y más instalaciones de gran envergadura. Esto se corrobora cuando, por ejemplo, en el río Coihueco, la diferencia entre los nutrientes para ambos casos no es tan amplia, mientras que para el caso del río Rahue, al menos en el Caso N°2, la situación corresponde a una situación similar a su producción coincidente con la llegada de las industrias, principalmente de las pisciculturas. Esta suposición, que tiene un sustento teórico con información de gabinete y lo recogido en terreno, parece no estar tan lejanas de la realidad. De acuerdo con la evolución de los parámetros analizados desde las estaciones de calidad de agua, se puede apreciar un continuo aumento de estos desde el año 2000, con un especial énfasis desde el año 2005 (ver Figuras 35 y 36). Es así como en la estación río Rahue en Longitudinal se registran los valores más altos de Nitrógeno de Nitrito y de Fósforo de Ortofosfato que en sus compañeras, lo que indicaría un ingreso continuo de estos elementos durante el tiempo hacia el río y que aguas abajo es registrado por esta estación. Teniendo en cuenta que el porcentaje de nutrientes desde las pisciculturas ha sido cada vez mayor, incluso igualando para los últimos 5 años a los provenientes desde las cuencas, principalmente de las praderas (ver Figuras 41 y 42 y Tabla 32 en Anexo N°19), y qué, hay un aumento no menor a través de los últimos diez años con registros (2000 – 2010) de los parámetros analizados, es posible inferir que el Caso N°2 sea ciertamente representativa de la realidad de contaminación por parte de las industrias, principalmente desde las pisciculturas, para los últimos diez años, aunque, se estima que este vertimiento de nutrientes sea más un punto intermedio entre los Casos N°1 y 2 ya que el aumento de los parámetros ha sido más bien paulatino en comparación con el ingreso súbito de nutrientes hacia los ríos. Además, hay que considerar, que ya existen industrias en la subcuenca que han sido sancionadas utilizando el D.S. N°90, ya sea por no entregar los informes de

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

autocontrol del efluente o, por superar los límites establecidos de elementos en la ley (ver Tabla 15 en subcapítulo 4.1), siendo esto un comprobante de lo que se hipotetiza del Caso N°2. Cabe señalar también que la actividad ganadera, la que exporta una gran cantidad de nutrientes, viene en descenso desde 1997, colocando a las pisciculturas, como la actividad potencial actual más potente en verter nutrientes a los ríos, principalmente al río Rahue.

De todas formas, para dilucidar mejor aún el impacto desde las industrias hacia los ríos se hace necesario recabar más datos de los nutrientes analizados en las estaciones de calidad de agua, ya sea en número de muestreos como de parámetros. También es factible realizar estudios individuales que analicen la calidad de aguas antes y después de un efluente, tal como lo realizaron Kamjunke *et al.* (2017) donde encontrar leves aumentos de nutrientes los cuales impactaron de mayor forma a la fauna béntica del río.

### 4.3 Percepción de los impactos ambientales en la Subcuenca del Rahue

De las encuestas y entrevistas se obtuvieron las percepciones de los cambios producidos en el territorio donde los habitantes reconocieron las causas y los efectos que los han producidos, además, a tales transformaciones se les asocia un espacio y tiempo de suceso, con los que se puede hacer cruces analíticos al comparar los discursos y resultados de las encuestas con las situaciones concretas levantados en el trabajo de gabinete de los objetivos específicos anteriores. La base metodológica de las preguntas realizadas en las encuestas y entrevistas radican en lo expuesto por Merleau-Ponty (1975), Botelho (2008) y Calixto & Herrera (2010), donde el lenguaje verbal del discurso, la identificación de las transformaciones del ambiente, el reconocimiento de las fuentes de dichas perturbaciones y el juicio valórico de los factores que intervienen en el entorno, son ejes principales para obtener una imagen de los cambios del medio ambiente desde la percepción de los habitantes.

La distribución espacial de las encuestas se puede apreciar en la Figura 43 a continuación donde se realizaron 80 en las zonas del valle, bordeando al río Rahue, y 69 en los poblados que rodean al lago Rupanco. Las entrevistas realizadas se pueden apreciar en la Tabla 9 del capítulo tres de metodología.

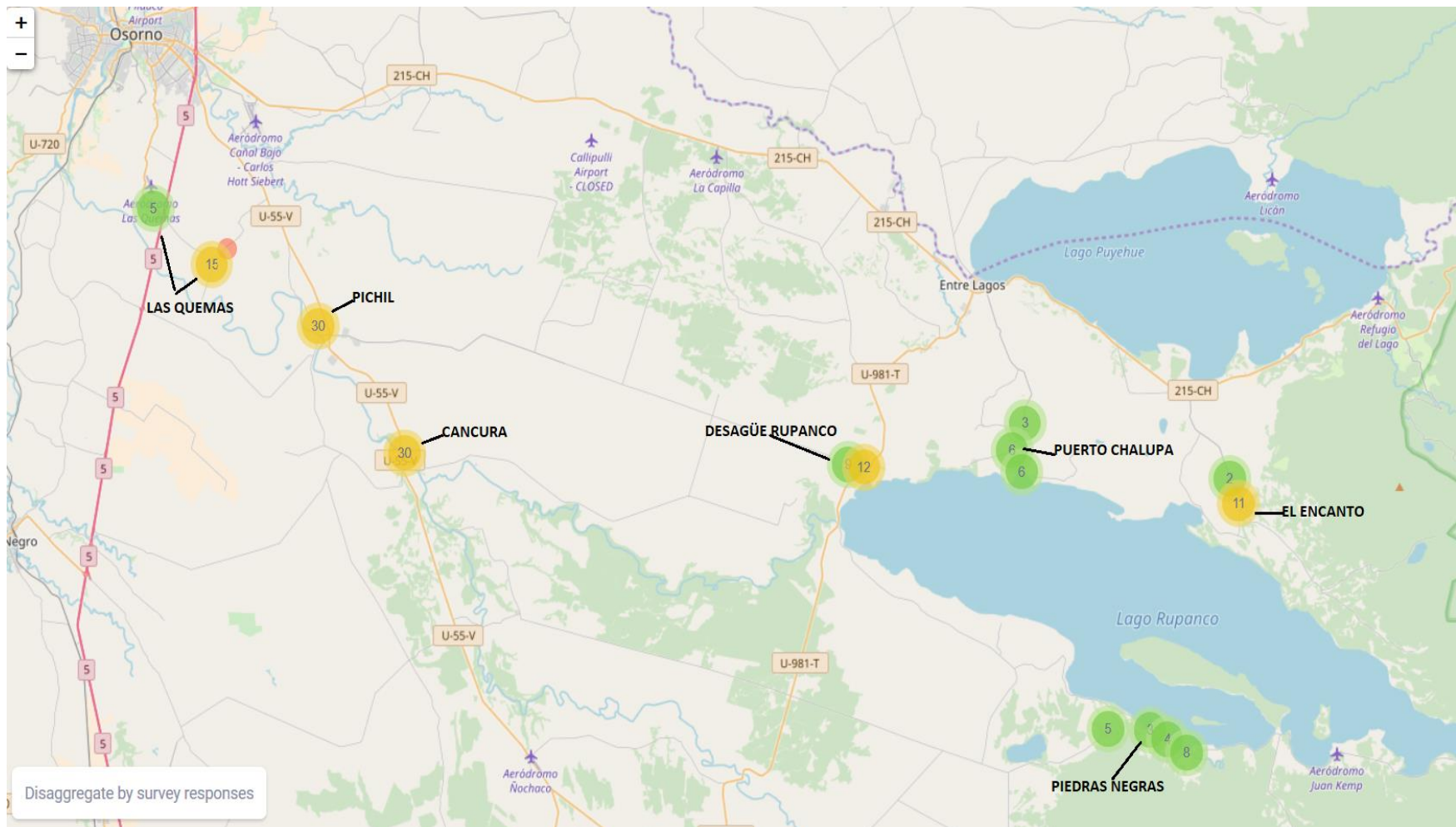


Figura 43: Espacialización de la encuestas en la Subcuenca del Rahue. Fuente: Elaboración hecha a partir del reporte de encuestas hechas en la aplicación Kobocollect, 2018.

### 4.3.1 Resultados de las encuestas y entrevistas

A continuación, se presenta los resultados de las encuestas y entrevistas y que están divididas según temática: Estado del agua, ya sea los utilizados en el hogar y los cuerpos de agua cercanos, detectando la evolución de su disponibilidad y calidad, el estado de la flora y fauna ribereña y acuática, aspectos de salud local, y, por último, el reconocimiento de los factores que causan estos cambios, además de su valorización (si ha sido positiva o negativa) sobre el entorno. Los resultados de las encuestas y las entrevistas se abordan de manera conjunta para describir finalmente las temáticas anteriores, dando un mejor panorama general del contexto al complementar los dos tipos de métodos cualitativos.

Cabe mencionar que la percepción temporal del agua en el hogar se realizó en vista de detectar si existían otros problemas en la disponibilidad y calidad de agua local que puedan ser causados indirectamente por las industrias, actividades o factores naturales.

#### 4.3.1.1 Estado del agua en el hogar

Sobre el estado de las aguas en el hogar, solo dos localidades no poseían Comité de Agua Potable Rural (CAPR), Puerto Chalupa y Piedras Negras, donde la gran mayoría se abastecía de pozos y vertientes cercanas. El resto de las localidades poseen acceso agua potable rural y algunas otras fuentes (ver Figura 98 en Anexo N°20). El 81 % de los encuestados se sentía seguro de beber el agua del hogar, sin embargo, más de la mitad hierve el agua antes de beberla directamente de la llave, ahora bien, dicho motivo se debe a una cuestión más de costumbre y de seguridad por su salud que por algún caso de contaminación (ver Figuras 99 y 100 en Anexo N°20), de hecho, 54% de los encuestados menciona que la calidad de agua del hogar no ha cambiado en los últimos veinte años, y un 31% percibe una mejora (ver Figura 101 en Anexo N°20). Esto deja ver que actualmente no hay mayores problemas con la calidad de agua en el hogar, no obstante, si se percibe problemas con la continuidad de servicio y presión. Esto último se da con mayor particularidad en Cancura, localidad con la mayor cantidad de población, donde la gran mayoría sufrió, al menos en los últimos dos años, problemas con la continuidad de servicio y la presión, debido a la baja del nivel freático de los pozos en verano (ver Figuras 102, 103 en Anexo N°20 y Cita N°6)

##### **Cita N°6**

*“Sí, mucho y entonces se cortaba el agua, se da, por ejemplo, de las seis de la mañana hasta dos de la tarde, después se cortaba, después en la noche otra vez y así. Estuvo un buen tiempo así, pero ahora no hay problema, es que todavía no hay verano, no se sabe que va a pasar en el verano.” (Dirigent@ J.V.1).*

En el caso de Piedras Negras donde no hay CAPR, se menciona que las quebradas y o vertientes poseen ciertos grados de contaminación causada por los fundos ganaderos y agrícolas aguas arribas.



**Cita N°7**

*“Sí, eso ha cambiado (...) Porque hay mucha contaminación... (...) Las empresas, yo creo que las empresas, las grandes empresas que están dentro de Rupanco, ellos ocupan aquí el sector de Rupanco completo.” (Dirigent@ J.V. 5).*

## 4.3.1.2 Estado de los cuerpos de agua superficiales

En cuanto a los cuerpos de agua, un 81% de los encuestados a lo largo de la subcuenca perciben que la calidad de las aguas de esteros, vertientes, pero principalmente del río Rahue y el lago Rupanco, se han deteriorado en los últimos veinte años (ver Figura 107 en Anexo N°20); un 59% de esta cifra proviene de los habitantes que rodean al río Rahue y el otro 40% a los que rodean el lago Rupanco. En relación con la cantidad de agua de los mismos cuerpos, un 86% cree que ha empeorado (ver Figura 108 en Anexo N°20); de esta cifra un 50,3% proviene de los que viven en ríos y 49,6% de los que rodean al lago (ver Tabla 21 a continuación). De manera general al menos un 63% y 74% de los habitantes perciben un problema local de calidad y cantidad de agua respectivamente (ver Figuras 109 y 110 en Anexo N°20). Esta sensación, parece ser reciente, como se muestra en las Figuras 111 y 112 del Anexo N°20, donde al menos en ambos casos (Calidad y Cantidad) los encuestados perciben que tal problema se origina entre los periodos de años 2005 – 2010 y 2010 – Actualidad. Respecto a la percepción de cambio en los atributos en la calidad de agua, un 74% de las veces se menciona detectar una alteración en el Color y/o Transparencia, un 52% en el olor, y un 10% en el sabor (ver Figura 113 en Anexo N°20).

Zona de los habitantes	Porcentaje sobre deterioro de la calidad de agua de cuerpos cercanos	Porcentaje sobre deterioro de la cantidad de agua de cuerpos cercanos
Zona de Ríos	59,02	50,39
Zona del Lago	40,98	49,61

Tabla 21: Porcentaje sobre las percepciones deterioro de calidad y cantidad de agua de acuerdo con las zonas donde habitaban los encuestados (zona de ríos y zona del lago). Elaboración propia en base a los resultados de las encuestas, 2018.

Las entrevistadas y los entrevistados expresan estos cambios en la calidad y cantidad en varios momentos y que, casi siempre, los asocian a actividades locales y condiciones climáticas. Tales comentarios se pueden ver en las citas sobre las causas de los efectos en las aguas y que están expuestas más adelante.

## 4.3.1.3 Estado de la Flora y Fauna

Mediante las encuestas se pudo establecer que una gran parte los habitantes percibe cambios en la fauna acuática en los últimos veinte años, contrario a la percepción de flora ribereña. En razón a esta última, un 63% cree que no ha habido cambios negativos sobre la vegetación mientras que un 32% percibe que si lo ha hecho (ver Figura 114 en Anexo

N°20). No obstante, hay un hecho particular donde entrevistados mencionan la aparición de un alga en las aguas del lago cuando se les preguntaba sobre la vegetación cercana a los cuerpos hídricos.

**Cita N°8**

*“...lo que es el mismo río que hay acá, el río Rahue, que se ha ido propagando un alga que se ha ido pegando a las piedras. No sé si es por la misma contaminación de las pesqueras o de aguas servidas que a veces botan propietarios que tienen casas en el borde del lago. (...) Ha ido apareciendo gradualmente, todos los años como que va aumentando su capacidad, porque hace como diez años atrás no existía o existía muy poquito, y ahora ya las piedras tienen esa como especies de alga pegada encima que es incluso resbalosa y que cuando se seca el río, llega un punto en el verano que está más seco, esa alga se tiende a secar cuando ya no hay agua, pero se está haciendo cada vez más notorio en el lecho del río” (Dirigent@ APR 2).*

**Cita N°9**

*“Se ve una alga verde que aparece en las playas, anteriormente no se veía, un alga verde que abarca hartos metros desde playas, de lo que es agua a playas. (...) No todo el tiempo, igual trata de limpiarse el lago solo, pero aparece nuevamente.” (Dirigent@ J.V. 5).*

Tocante a la fauna, un 64% señala una disminución de esta y un 32% indica que no ha cambiado (ver Figura 115 en Anexo N°20). Este escenario es respaldado por los entrevistados, con especial énfasis en los peces, donde habitantes ubicados en la zona lacustre aseguraban más este hecho cuando se les preguntaba sobre si existía un cambio en la cantidad de peces en los últimos años.

**Cita N°10**

*“Sí, la baja de peces ha sido considerable, yo vivo acá hace muchos años y antiguamente, también como pescador, salían muchos más salmón, y ahora en este momento sale muy poquito y la gente que viene es cada vez mayor, cada vez mayor, donde uno va siempre hay más gente, más gente y yo también creo que el tema de los salmones se ve afectado por la pesca furtiva, la pesca con redes, principalmente la pesca con redes que se da mucho en este lago y por lo que sé, en partes del río. (...) Siempre han habido salmones y me cuentan mis tíos, mis más ancestrales, mis abuelos, mis tíos, que son los que más años llevan acá, que antiguamente andaban mucho mucho mucho más salmón, en el mismo río acá, y en los lagos también, y de mucho mayor tamaño, estamos hablando de salmones de cuatro o cinco kilos eran fácil de capturarlos, ir a pescar uno y traerlo para comer, pero ahora encontrar salmones de ese tamaño es mucho más escaso. (...) Los peces nativos también han ido disminuyendo, la trucha fario se ve muy poco acá y otros peces, más que nada que la trucha fario que es como más nativo, y la trucha arcoíris, han ido disminuyendo.” (Dirigent@ APR 2).*

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

En relación con la ubicación de las percepciones de deterioro de la flora y fauna cercana, ribereña y acuática, un 75% de las respuestas del deterioro de flora provenía de las localidades cercanas al río Rahue, mientras que un 25% del lago; en contraparte con la fauna, un 56,2% provenía de los valles y un 43,7% del área lacustre (ver Tabla 22 a continuación).

Zona de los habitantes	Porcentaje sobre deterioro de la Flora cercana y ribereña	Porcentaje sobre deterioro de la Fauna cercana, ribereña y acuática
Zona de Ríos	75,00	56,25
Zona del Lago	25,00	43,75

Tabla 22: Porcentaje sobre percepción deterioro de calidad y cantidad de agua de acuerdo con las zonas donde habitaban los encuestados (zona de ríos y zona del lago). Elaboración propia en base a los resultados de las encuestas, 2018.

Sobre la situación entre peces de cultivo o introducidos con los nativos, se evidencia principalmente que casi no existe peces autóctonos, es más, los entrevistados consideran que el pez local corresponde a las Truchas Fario y Arcoíris (ver Cita N°10 y 12), mientras que el exótico se refiere a los salmones Chinook y Coho. Solo el Guía N°1 (ver Cita N°11) reconoce hasta ahora la diferencia de los tres tipos de peces.

### **Cita N°11**

*“Podría decir que es muy escaso encontrar especies de trucha, si encuentras pero no en la cantidad que tú encontrabas antes, y supongo que es porque el salmón es muy depredador, muy voraz y le ha quitado espacio a las truchas de acá, llamamos entrecomillas nativas porque tengo entendido que la única nativa en Chile es la Perca Trucha porque la arcoíris y la fario fue introducida desde norte américa a estos ríos y lagos, y como te digo, es, se ha creado, al menos por mí, mucha conciencia en cuando, en el lago de casualidad atrapo una trucha generalmente la devuelvo pero no así el salmón, porque hay que luchar de alguna manera contra esta sobre población.” (Guía 1).*

### **Cita N°12**

*“... No... disminuyeron, por ejemplo, años atrás, en el Rupanco, habían farios, hace cinco, seis años atrás, no he pescado nunca un fario de ahí pa' acá...” (Guía 2).*

Respecto a la situación de los cultivos, jardines y huertos, un 75% menciona que si trabaja con alguno de ellos (ver Figura 104 en Anexo N°20). De estos solo un 32% menciona que, si ha visto cambios en los cultivos y que se asocian a: malas cosechas producidos por plagas o enfermedades, o mejoras de ellos como más y buenos frutos como también plantas más vistosas; mientras que el 43% restante menciona no percibir ningún cambio (ver Figura 106 en Anexo N°20). En relación con el agua que utilizan para el riego, un 30% usa agua potable, 22% de vertientes, 18% de pozo, 17% de otras fuentes, de esta última

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

principalmente de aguas lluvias; solo el 4% usa los cuerpos de aguas cercanos como quebradas, esteros, ríos y lagos (ver Figura 105 en Anexo N°20).

### 4.3.1.4 Salud Local

De los cuatro poblados que poseían posta rural (Cancura, Pichil, Desagüe Rupanco y Piedras Negras) solo se obtuvo información de la salud local de dos, Cancura y Piedras Negras. En ambas entrevistas realizadas al personal médico se expresa que no ha habido situaciones y tampoco existen registros de intoxicación o enfermedades asociadas al consumo de peces o de agua de los cuerpos hídricos cercanos.

#### **Cita N°13**

*“Aquí nosotros hacemos la atención y llevamos registro de los pacientes que uno atiende, pero no ha tocado ningún caso de paciente que haya tenido intoxicación o dolor abdominal producto tanto del agua del río como del agua que se suministra a través de la planta procesadora de agua potable que está acá en Cancura. Generalmente son intoxicaciones alimenticias sí, pero son ajenos al consumo del agua” (Médic@ local 1).*

#### **Cita N°14**

*“No, no tengo registros en realidad de que haya consultado gente por consumir agua de mala calidad, o que se haya enfermado por consumir peces enfermos. Al menos yo.” (Médic@ local 2).*

Si bien no se obtuvo información del resto de localidades con postas de salud, cabe resaltar que la posta de Cancura atiende a personas de Pichil debido a su mayor capacidad de infraestructura y personal, por lo que se puede extender el contexto antes descrito para esta última localidad. Además, de acuerdo con el entrevistado de la CAPR de Desagüe Rupanco se menciona que tampoco no ha habido casos, o al menos no se ha tenido noción local de personas afectadas a la salud por consumo de peces o de aguas.

### 4.3.1.5 Responsabilidades ambientales y las relaciones entre actores y el entorno.

De forma resumida, de las encuestas y entrevistas se puede establecer al menos dos cambios fundamentales en los últimos años y que son el estado de las aguas y el estado de la flora y fauna. Ambas se pueden aludir a tres razones principales: Las condiciones naturales, las industrias en general, y la pesca furtiva.

Respecto a las dos primeras razones, la gran mayoría de los encuestados mencionan que la baja de calidad y cantidad de agua se deben principalmente a las actividades industriales emplazadas a lo largo del valle y de los cuerpos de agua, y a las condiciones climáticas

(76% y 59% respectivamente), en relación con esta última, las personas indican como la “sequía” y la “falta de lluvia” como principales causas (ver Figura 116 en Anexo N°20). Ahora sobre la percepción de los efectos en la calidad de aguas por parte de las distintas actividades de la subcuenca; las pisciculturas, las industrias lácteas y la ganadería son las que se perciben con mayor efecto negativo sobre las mismas (74%, 50% y 36% respectivamente) solo la agricultura y las hidroeléctricas se perciben que no tengan ni un efecto positivo o negativo (Neutro) en la calidad (76% y 26% respectivamente) (ver Figuras del 117 al 124 en Anexo N°20). Mientras tanto sobre los efectos en la cantidad de agua, la ganadería, la agricultura y la extracción de áridos (67%, 52% y 38% respectivamente) son los que se consideran como perjudiciales en la disponibilidad de agua; las pisciculturas, las industrias lácteas y los mataderos son considerados con efecto neutro en la cantidad de agua (76%, 42% y 23% respectivamente) (ver Figuras del 125 al 132 en Anexo N°20). Cabe mencionar que son escasas las personas que indican que las actividades tienen un efecto positivo en las aguas. Siguiendo esta línea, el discurso sobre los efectos negativos de las industrias y actividades crece en las entrevistas, de hecho, se establece que ya una piscicultura en Las Quemadas y que el matadero Mafrisur en Pichil presentan registro de irregularidades y hasta de sanciones (ver Tabla 15 en el subcapítulo 4.1).

#### **Cita N°15**

*“Sí, por ejemplo, en el sector, por ejemplo, de Las Quemadas, nosotros detectamos ya una piscicultura que justamente estaba contaminando e incluso se hizo una denuncia al respecto y esa piscicultura tuvo que pagar una multa. Sabemos de entre otras pisciculturas también en términos de grado de contaminación, pero el tema para formalizar una denuncia tú tienes que estar en el momento, cuando se produce la contaminación...” (Dirigent@ Organización 1).*

#### **Cita N°16**

*“Un cambio si hubo en el agua, el río. (...) Se contaminó con la planta, la Mafrisur, contaminó las aguas, contaminó el estero, un esterito que cae al río. (...) Porque cuando yo llegue por este lado, aquí que hacen más de veinte años, eh... nosotros salíamos a pescar para allá, porque el agua estaba limpia y ahora no se puede ir a pescar por allá. (...) La verdad, se hicieron denuncias, pero... más allá de eso no, ya no, porque creo que, si está en sumario la Mafrisur, me comentaron que si está en sumario. (...) Por denuncias de varios de la comunidad y de misma gente que vive cerca del río, con fotos y todo porque sí, cuando recién se instaló la Mafrisur...” (Dirigent@ J.V. 2).*

En una ocasión, un entrevistado alude que uno de los cambios en el color de las aguas del lago Rupanco se deben al uso de alimentos con antibióticos de la industria salmonera, la cual “mancha” la superficie.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

### **Cita N°17**

*“No, eso, se ve tal, como ha sido siempre, sí que de vez en cuando aparecen unas napas encima, ehh, aceite, pero es porque los salmones, en el alimento le dan una medicina para que no le entren hongos, entonces esas cuestiones la mezclan con aceite, aceite de comer, el alimento con los antibióticos que le ponen, son antibióticos, entonces todo ese aceite después...” (Guía 2).*

En relación con el cambio del olor, se menciona que las salmoneras son causantes de dicho cambio en la zona lacustre.

### **Cita N°18**

*“Mas que nada gente que trabaja ahí, y de hecho uno lo ve porque, porque de repente, no es igual, o sea, el agua que da al lago siente un olor medio extraño (...) Claro, entonces es como salmón que está en mal estado o algo así, aparece de repente, no todo el tiempo. (...) mira nosotros, o sea, somos, como le puedo decir, que, aunque sentimos que el agua ha cambiado, pero a la vez atrae trabajos para la gente, entonces no podemos..., hay una desconformidad, pero a la vez es tan...” (Dirigent@ J.V. 5).*

De acuerdo con el Guía 1, el cambio de color o transparencia del río Rahue se debe a una cuestión natural de confluencia de dos tipos ríos con diferente regulación, donde el río Coihueco de origen cordillerano/volcánico, provoca una turbidez hacia el Rahue en periodos de mayor caudal.

### **Cita N°19**

*Bueno, no me he fijado mucho porque esa agua a veces es, entrecomillas contaminada, un par de kilómetros antes de Cancura, porque ahí se une el Coihueco, y el Coihueco es un río de cordillera, entonces si llueve mucho en la cordillera se enturbia rápidamente, no es como los ríos que son efluentes de los lagos que siempre van a mantener su transparencias las aguas, pero ocurre eso, que si ha llovido mucho de esa parte del tramo, que llega ahí antes de Cancura hacia abajo, se enturbia.” (Guía 1).*

En otras ocasiones, los entrevistados aluden a la baja de cantidad de agua del río Rahue con la empresa de extracción de áridos y al mismo tiempo a las condiciones climáticas.

### **Cita N°20**

*“Eso como yo le digo que, como sacan ripio a lo mejor será eso, porque antes el río era hondo, grande y ancho, ahora es una franja que baja...” (Dirigent@ J.V. 2).*

Sobre el estado de disminución de peces en la subcuenca, la pesca furtiva sería la causante principal, ya que es percibida por diferentes entrevistados. Tal situación se lee en los discursos donde los entrevistados mencionan con preocupación tal actividad ilegal, que en su mayoría parece ocurrir en el lago. Otra causa de la baja de fauna íctica es asociada a las hidroeléctricas, las cuales afectan al ciclo natural de los salmones al no permitir que estos suban aguas arriba para desovar debido a que ocupan los cursos hídricos.

**Cita N°21**

*“Sí, la baja de peces ha sido considerable, yo vivo acá hace muchos años y antiguamente, también como pescador, salían muchos más salmón, y ahora en este momento sale muy poquito y la gente que viene es cada vez mayor, cada vez mayor, donde uno va siempre hay más gente, más gente y yo también creo que el tema de los salmones se ve afectado por la pesca furtiva, la pesca con redes, principalmente la pesca con redes que se da mucho en este lago y por lo que sé, en partes del río (...) Yo diría que sí, la pesca furtiva ha ido en aumento.” (Dirigent@ APR 2).*

**Cita N°22**

*“Lo que sí que está faltando, o sea que, no están habiendo salmones. Están disminuyendo, y yo le digo enormemente... (...) Yo no creo tanto como echarle la culpa a las pesqueras, yo le digo, más que nada el, la pesca... clandestina (...) Yo creo que ese es un gran problema pal, no solo en el lago Rupanco, yo creo que esto es en todo los lagos.” (Dirigent@ J.V. 5).*

**Cita N°23**

*“No, todo lo contrario, en descenso (...) Por las pescas clandestinas, por eso, lo que pesca la gente, año redondo, invierno y verano, con redes y no hay nadie que ataje esa pesca clandestina.” (Guía 2).*

**Cita N°24**

*“Bueno en el lago Rupanco, ahí son muy recientes y las hidroeléctricas están allá arriba en el río Nalcas y en el río Bonito, se están instalando. Acá tenemos otras más que han perjudicado el ascenso de los salmones por el río que es la hidroeléctrica Pilmaiquén y una que abrió, una que hicieron hace un par de años que está ahí en el sector de Rupetayo, eh, tengo entendido sin cumplir las normas internacionales de dejarles una pasada a los salmones.” (Guía 1).*

**Cita N°25**

*“(...) porque en la planta Pilmaiquén no hay una subida donde puedan subir los salmones, que es lo que pasa en el invierno, cuando hay exceso de agua, abren las compuertas tanto aquí como abajo en el puente, para entrar a la planta Pilmaiquén hay un puente, y esa, debajo del puente hay unas compuertas y tu mirai' hacia la izquierda cuando vai' entrando,*

*hay un salto, por eso se llama salto Pilmaiquén porque cuando estaba original había un trepidísimo salto ahí, que es lo que pasa, cuando abren esas compuertas los salmones andan en el río andan esperando que abran las compuertas y se largan pa' bajo, son pocos los que quedan vivos, porque la fuerza, no y, como se llama, tiene una piedra como piedra laja, puntúa, yo varias veces después de que cerraba las compuertas iba a mirar, salmones grandes, tremendos salmones fario insertados en las piedras, otros metidos en las rajaduras de las piedras porque están partidas así” (Guía 2).*

Como consecuencia de los cambios en los cuerpos de aguas y en su flora y fauna, la relación entre los habitantes de las localidades y el entorno se ha visto alterado, modificando la manera en cómo las personas utilizaban los espacios. Esto último se da más en la zona de los ríos que en la zona lacustre; de acuerdo con los entrevistados de Cancura y Pichil, existen cambios en la conducta habitual recreativa de los habitantes que se desenvolvían en las áreas ribereñas del río Rahue, mientras que, por ejemplo, en el lago Rupanco, la escasez de peces podría afectar el turismo local perjudicando a las comunidades vecinas.

**Cita N°26**

*“Sipo, a mi como familia me afecto mucho porque yo ya con mi hija no puedo irme a bañar al río. Además, aquí hay gente de escasos recursos que de repente no tienen como para ir a la playa y se iban al río, ahora ya no lo pueden hacer. Supongamos nosotros por eso ahora compramos la piscina para la hija, claro porque ya no íbamos al río” (Habitante 1).*

**Cita N°27**

*“Bueno es que la gente antes se iba a bañar ahí antes, antiguamente cuando había más agua, pero ahora hay poca agua.” (Dirigent@ J.V. 1).*

**Cita N°28**

*“Claro, porque antes abajo ahí cerca del puente, en el Rahue, en el verano, eso se llenaba, la gente se iba a bañar, mucho, los niños, nosotros llevábamos a los nietos, ahora no se puede bañarse, la gente va de repente, pero sale hedionda porque el agua esta hedionda...” (Dirigent@ J.V. 2).*

**Cita N°29**

*“Yo creo que perjudica por el asunto de los salmones, la pesca deportiva que ya el salmón no es como antes, no se ve salmón, antes uno andaba en el río y se veían los salmones, pero ahora ya no, muy poco, y eso perjudica al turismo, a la gente de la zona, a todos.” (Dirigent@ J.V. 5).*

**Cita N°30**

**EN: Volviendo ahora al tema de las pescas furtivas o la disminución de los peces que antes estaban en el lago, ¿eso ha afectado al turismo?**



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

*E: Sí, claro que sí, porque antes venía mucha gente, mucha mucha gente, yo, habían días, o sea, estaba un mes sin parar o más, diez, doce, hasta veinte botes diarios atendía.*

**EN: Y ahora casi no viene la gente...**

*E: ... Viene, pero no tanto como antes...*

**EN: Y cuál es la razón ¿Usted cree que, por eso mismo, la disminución de los peces?**

*E: Claro porque la gente se pega un pique de Santiago y vienen y no sacan niuno, se van decepcionados po', se van a otros lados buscando otras, otros... (Guía 2).*

### 4.3.1.6 Relación entre las comunidades y actividades

La relación de las comunidades con las actividades suele ser más de prestación de fuerza de trabajo y empleo, como es visto en la caracterización del rubro local del subcapítulo 4.1, donde gran cantidad de gente trabaja en los campos. Ahora, sobre la relación de la industria salmonera con los habitantes y el entorno de la subcuenca, un 48% de los encuestados considera que las relaciones son neutras, un 28% piensa que es mala y 24% que es buena (ver Figura 133 en Anexo N°20). Dentro de las razones de si es buena o mala, las que más sobre salen son el empleo (23%) y contaminación de las aguas (27%) respectivamente (ver Figura 134 en Anexo N°20). La distribución espacial de dichas percepciones se puede apreciar en la Figura 44 a continuación. Para las localidades de Cancura, Pichil y Las Quemadas, las que se encuentran bordeando el río Rahue, se da en general una percepción más “Neutra”, seguida de una percepción “Mala”. La excepción ocurre en Las Quemadas donde existe una visión “Buena” de la industria por sobre una mala o neutra. En el caso de los poblados lacustres, Desagüe Rupanco, El Encanto, Piedras Negras y Puerto Chalupa, la tendencia de percepción “Neutra” se mantiene, tras esta, le sigue una imagen “Buena” en los poblados de Desagüe y Piedras Negras, y una percepción “mala” en Puerto Chalupa y El Encanto.

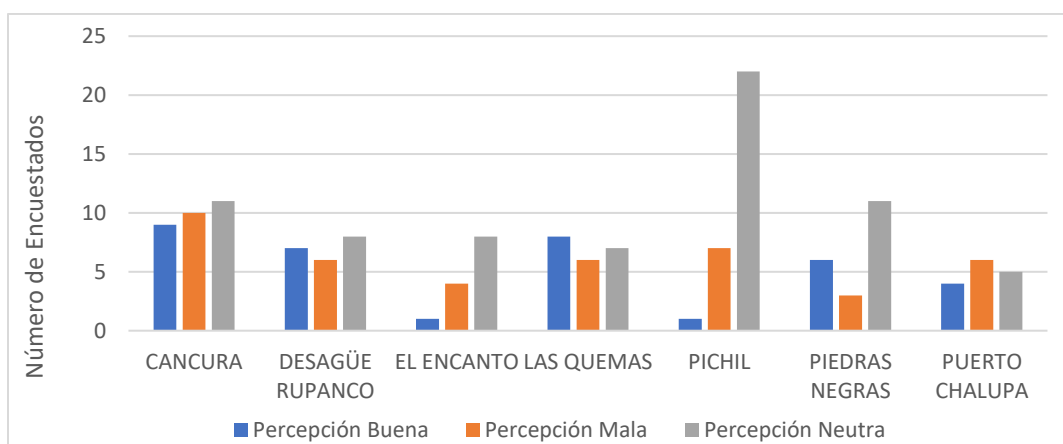


Figura 44: Tipo de percepción de la industria salmonera según localidad de la subcuenca. Fuente: Elaboración propia, 2018

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

En razón al beneficio laboral por parte de las salmoneras, existe dos perspectivas diferentes que radican principalmente con la ubicación territorial. Si bien, para las personas que habitan cercanas al río Rahue y al lago Rupanco existe un beneficio de trabajo por parte de la industria (64% de los comentarios), para las primeras el empleo generado es considerado más escaso (86% de los comentarios) (ver Tabla N°23 más adelante) situación que se respalda de acuerdo con lo expresado por algunos entrevistados.

### **Citas N°31**

*“Contaminación del río, no aportan bueno a la localidad. La gente que trabaja es de afuera”*

*“Dan mucho más empleo, mucha gente de afuera, le quitan la pega a la gente de acá”*  
**(Comentarios de las Encuesta, Sector del Río Rahue).**

### **Cita N°32**

*“Relación aquí no hay mucha, por ejemplo, las pisciculturas, no es mucha la relación que tienen con la gente aquí, además que no tienen trabajadores de la misma zona, no es mucha, pero si colaboran de repente cuando hay algún beneficio, o bingo, cooperan. Pero lo que es la empresa, Nestlé, ellos cooperan hartito con la función, la parte de los niños, están regalando cuestiones y en el colegio ayudan hartito*

**EN: ¿Y cómo es la relación de la piscicultura en específico con la comunidad?**

*Mala, como no hay mucha relación, como neutra más que nada, con los trabajadores que tienen aquí, porque aquí hay pocos trabajadores, son como 3, el resto todos de afuera y chicos que vienen de otros lados, de Santiago, asistentes que son de otros lados”*  
**(Habitante 1).**

### **Cita N°33**

**“EN: Ahí hay una piscicultura, la piscicultura Humboldt si no me equivoco (Cancura)**  
*Ahí trabaja gente del sector, pero no gran cantidad, más que anda gente joven que trabaja ahí como obrero.”* **(Trabajadora pública 1).**

Ahora, en ambos sectores (lago y ríos) se menciona que las instalaciones generan empleo, pero a la vez contaminan. En el caso de los lagos, las salmoneras forman una fuente laboral considerable, beneficiando a muchas familias.

### **Cita N°34**

*“No sabría decirte, lo único que me consta que es más certero que las salmoneras dan una buena fuente laboral para la gente de acá mismo, no así la hidroeléctrica, que en su minuto si cuando llegaron contrataron harta gente de acá, compraron tierras y eso, pero una vez terminado, ya ni un beneficio para la gente de acá, porque ni siquiera la luz que generan es para este sector.”* **(Médic@ local 2).**

De acuerdo con un representante de una empresa local en Piedras Negras se da en algunos casos un beneficio más que laboral por parte de las salmoneras y que es el trabajo con la comunidad, el brindar servicios y apoyos para necesidades locales.

**Cita N°35**

*“Bueno, las personas que están trabajando acá, por lo general llevan hartos años trabajando con nosotros, y los temporeros que nos resultan bien, los llamamos siempre, y son los primeros que llamamos, ellos siempre agradecen con hacer un buen trabajo, nosotros desde al menos yo estoy en este centro, tenemos super buenos resultados, y los resultados son los que avalan lo agradecidos que ellos están con la empresa, y siempre hemos trabajado por el bienestar de los trabajadores, porque en realidad le hemos explicado y ellos también lo sienten así, esto es una segunda familia, entonces nosotros mientras estamos despiertos, pasamos más tiempo en el trabajo que en nuestras propias casas, entonces cuando llegamos a nuestras casas, a lo mejor, llegamos en la tarde y todo, pero ya es la hora de bañarse, de dormir, entonces acá compartimos mucho más, entonces ellos lo ven de buena forma, se mojan la camiseta por su centro y su empresa, acá somos una mini empresa, porque acá nos relacionamos muy bien, si ellos tienen algún problema, siempre estamos así, si nosotros tenemos que sacar adelante una misión más o menos compleja, ellos igual están ahí, entonces se ve el agradecimiento, se ve que están con la camiseta puesta, tenemos buen trabajo en equipo” (Representante Empresa 1).*

**Cita N°36**

*“Si, bueno, nosotros estamos trabajando, casi desde un inicio, estamos trabajando con la comunidad. Partimos trabajando con la escuelita de Islote, nosotros todos los años a ellos les entregamos buzos deportivos, todos los años, y algunas cosas entremedio que van saliendo, en algún momento se les quemó su colegio, nuestra gente se fue al tiro para allá, con furgón y camioneta para ver en que podían ayudar, el incendio ya estaba desatado, pero si fueron a contener a algunos apoderados y niños, porque de acá nosotros también tenemos papitos que tienen hijos allá, entonces lo primero que hicimos, fuimos y apoyamos, una vez que se les quemó, después necesitaban recursos, le compramos libros para que los niños pudieran seguir trabajando, los libros que la profesora quería, y les compramos estufa, para que se pudieran calefaccionar, nosotros somos los padrinos de la escuela Islote, lo que necesiten, nosotros estamos ahí, les hemos ido a hacer capacitaciones, conocen de la actividad que nosotros hacemos, como son cursos chicos, a lo mejor el sexto básico, que es el curso más grande que tienen, puedan venir a conocer los embalses, pero es una de las misiones, que un sexto básico pueda venir y subirse a una embarcación e ir hacia a nuestra...ese es como el proyecto que tenemos a futuro, que en sexto básico, a fin de su ciclo puedan venir y conocer” (Representante Empresa 1).*

Según los comentarios de las encuestas (ver Tabla 23 a continuación) un 39% de ellos con dicha dualidad de beneficio e impacto pertenecen a habitantes de los ríos, mientras que un 57% proviene de las personas encuestadas cercanas al lago. Valores similares se dan en

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

los dichos que solo mencionan impactos negativos por la industria (40% en ríos y 60% en el lago). Esto parece indicar que los habitantes de los lagos tienen una percepción más negativa sobre los efectos de la industria acuícola; las razones sobre esto pueden ser variadas, pero es factible concluir que las instalaciones directas en el agua son más visibles, al igual que los efectos que puedan generar, mientras que las instalaciones en tierras son recintos privados cerrados a la vista de la comunidad. Sin embargo, la percepción sobre el empleo es mucho mayor en la zona lacustre que en la zona de los ríos; la gente comentaba más esta situación en las encuestas.

	Comentarios sobre empleo local (total)	Comentarios sobre empleo pero que es escaso	Comentarios sobre empleo local y mención de impacto negativo	Comentarios sobre Impactos negativos	Total de comentarios
Número total de comentarios	63	15	28	20	98
% del total de comentarios	64,29	23,81	44,44	20,41	
% Ríos	54,29	86,67	39,29	40,00	
% Lago	45,71	13,33	57,14	60,00	

Tabla 23: Resumen de los comentarios sobre las instalaciones salmoneras, pregunta N°22 de la Encuesta (ver Anexo N°5). Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a la responsabilidad institucional pública sobre la fiscalización de los impactos ambientales, se menciona que no existe una fiscalización correspondiente al grado de irregularidades que ocurren a lo largo de la subcuenca, algunos entrevistados mencionan una incapacidad estatal donde para la Región de los Lagos solo hay tres inspectores desde el SEREMI del medio ambiente que puedan fiscalizar a las industrias. Otros mencionan que las autoridades locales no ejercen control sobre pesca clandestina que afecta al sector.

### Cita N°37

*“Yo creo que Sernapesca, de todos los años que estuve yo, Serna pesca es una empresa, tu mira, cuando tú vas a fiscalizar una empresa tu no le puedes avisar a la empresa, oye yo mañana voy a ir así que tenme todo impecable, los libros con firmas, cuantos químicos están sacando, los baldes de mortalidad limpios, ten todo impecable porque mañana Serna pesca nos viene a fiscalizar, para mí eso no es una fiscalización, Serna pesca tiene que llegar cualquier día, ir y ver que es lo que está pasando, entonces allá llega no más, avisan que Serna pesca llegó, ya firmen todos, los químicos, cuántos químicos, ya todo al chunchul no más, no importa, total démosle no más, total los libros tienen que estar tiquitaca, y Serna pesca llega, todo bueno, listo, pasó no más” (Habitante 1).*

### Cita N°38

*“Bueno sí, lamentablemente decimos que esto es una zona turística, todo lo que es Puyehue, Puerto Octay, pero acá lo que nos encontramos es que hay escasos o nulo control de SernaPesca o las autoridades competentes en esta área, lo que ha hecho un*

*gran comercio para los furtivos colocando redes o mallas durante todo el año, en el lago Rupanco principalmente, y eso ira disminuyendo la población de Salmones.” (Guía 1).*

**Cita N°39**

**“EN: ¿Quién rige eso? ¿Quién fiscaliza que eso sea así?**

*Bueno les corresponde a los marinos y a SernaPesca y a Carabineros... (...) el problema es que dicen que los marinos no tienen plata como para ir todos los días detrás de los, porque son tantos los furtivos que van aquí pescan diez y allá en el otro lado hay veinte...” (Guía 2).*

**Cita N°40**

*“...cuando nosotros hablamos de fiscalización, de repente nos damos cuenta que la superintendencia de medio ambiente que es el máximo organismo fiscalizador ambiental de la décima región tiene dos inspectores para toda la región (...) Claro, la superintendencia de servicios sanitarios no es cierto, al cual el jefe Don Juan Encapan, que recién paso, tiene solamente tres inspectores, ya, si te das cuenta, tu que eres geógrafo, la décima región tiene muchos accidentes geográficos, tenemos Chiloé, tenemos islas, no es cierto, interiores, la misma zona es muy accidentada geográficamente (...) entonces también nosotros hemos estado insistiéndole a la cámara de diputados para que entonces en proyectos de ley que permitan aumentar el presupuesto a los mismos fiscalizadores y que tengan un equipo de mayor fiscalizadores para hacer el trabajo y así ellos tengan mayor posibilidad, digamos de, respuesta, una capacidad de respuesta mucho mayor a lo que es ahora” (Dirigent@ Organización 1).*

#### 4.3.2 Percepción sobre los distintos impactos ambientales en la subcuenca

##### 4.3.2.1 Percepción sobre los cuerpos de agua

En relación con las percepciones de la gente, existe una visión generalizada de contaminación y escasez de agua de los cuerpos de agua. Cerca del 80% de las encuestadas y encuestados percibe esta situación, lo que es preocupante. Según los habitantes, en general se responsabiliza a las industrias y a las condiciones climáticas para la calidad y cantidad de agua respectivamente. En el caso de responsabilidades industriales y de las actividades productivas, se reconoce a las instalaciones salmoneras, las industrias lácteas y la ganadería como las principales fuentes de contaminación, mientras que para la escasez de agua se asocia a la agricultura, las hidroeléctricas, la ganadería, las empresas de áridos y a la “sequía”. Estas percepciones según los habitantes son ciertamente recientes, generalmente desde el año 2005 en adelante. Ahora, en el caso de deterioro en la calidad, en las localidades del lago Rupanco solo un 33% del total (81%) percibe un grado de contaminación acuática, en contraste con el 48% de las personas que viven cercanas al río Rahue. Que en el río se perciba un mayor grado de impacto coincide con la llegada de nuevas industrias a la subcuenca, principalmente a las orillas del Rahue desde el 2005 en adelante, y al mismo tiempo, con la mayor producción de smolts que vuelve a registrarse con fuerza desde el 2010 en ambos tipos de instalación de cultivo (ver Figuras 18 y 19 y Tabla 16 del subcapítulo 4.1). Por tanto, tal percepción de cambios organolépticos de los

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

cuerpos de aguas podría estar sustentada en un hecho conciso relacionada con el vertimiento de elementos nutrientes (Mühlhauser & Vila, 1987 y Ramírez & San Martín, 2008), precisamente desde la llegada de instalaciones industriales. Si se tiene en cuenta que la ganadería, una de las actividades con mayor potencial exportador de nutrientes viene en descenso, se refuerza aún más la idea de que existe una responsabilidad ligada a las industrias que han llegado a mediados de la primera década del siglo XXI.

Sobre como los habitantes detectan una perturbación en la calidad de los cuerpos de agua, la mayor parte considera que fue a través del cambio del color/transparencia y del olor. Mediante algunas entrevistas, los habitantes explican algunos sucesos que dan cuenta de estos hechos, como en el caso del Lago Rupanco donde en ocasiones se puede presenciar “manchones” alrededor de las piscinas de smolts y que la asocian a la alimentación y antibióticos usados en las mismas o la aparición de algas en las rocas del desagüe del lago en los últimos años (ver Citas N°8, 9 y 17) situación comprobable mediante registro fotográfico en terreno (ver Figura 142 del Anexo N°21). La aparición de estas algas puede estar fuertemente relacionada con una mayor cantidad de nutrientes disponibles en el lago y los ríos en el último periodo, sin embargo, podría no estar asociada a un Bloom de Algas descrito en la bibliografía, ya que la alga, según los entrevistados, se presenta de forma más prolongada en el tiempo, sumado a que se atañe en las rocas, a diferencia de la aparición de cianobacterias los cuales son breves (León-Muñoz, 2006) y están suspendidas en el agua; de todas formas, es necesario una revisión más exhaustiva para corroborar la biología de estas algas. Esta aparición de algas aún no presenta una perturbación para las personas en su relación con el río y el lago, al menos no según los resultados de las entrevistas. Se estima que el factor del olor si podría generar una perturbación a la relación individuo-ambiente; de acuerdo con las encuestas, alrededor de 52% percibe un cambio del olor. En el caso lacustre, un entrevistado de Piedras Negras menciona que dicha perturbación organoléptica se debe a las instalaciones salmoneras, pero expresa que este factor no ha deteriorado aún la relación entre los habitantes y el lago, aunque esta afirmación va de la mano junto una aceptación de la situación del impacto en pos del beneficio laboral que la actividad proporciona (ver Cita N°20). En el caso del Río Rahue, la percepción sobre los cambios en los cuerpos de aguas es muy distinta y está relacionada a más factores. De acuerdo con los entrevistados de los habitantes de Cancura y Pichil, la relación con el río se ha visto afectada, llegando a cambiar sus costumbres diarias como son el lavado de ropa, la pesca y el uso recreativo para el baño (ver Citas N°16, 26, 27 y 28). Las razones se deben en una parte a la percepción de contaminación del río debido al cambio de su color/transparencia y olor, la baja cantidad de agua y al aumento de la velocidad de la corriente. Respecto al cambio del color de del río Rahue, este puede deberse a la confluencia del río Coihueco, el que, a pesar de tener el mismo régimen, tiene su origen en las faldas del Volcán Osorno por lo que su regulación es de montaña ocasionando que su turbiedad sea mucho mayor en comparación con el río Rahue, esto sería más notorio en invierno cuando el pico de caudal del río Coihueco es mucho más álgido que el del río Rahue (ver Figuras es 54 y 56 en Anexo N°10), esto último es respaldado por el Guía 1 en la Cita N°19. También es posible que el cambio de color/transparencia de las aguas este asociado a los contaminantes vertidos en los RILes, los nutrientes como el Nitrógeno y Fósforo pueden generar brotes de algas o cianobacterias alterando el color de las aguas. Si se tiene en cuenta lo dicho por entrevistado de la organización ambiental en Osorno, donde existe una escasa fiscalización debido a falta de personal, sumado a relatos de que empresas vierten desechos sin control en algunos

casos; y a que el D.S. N°90 favorece la auto fiscalización de los efluentes, es posible que la percepción acerca del cambio de calidad de las aguas esté fuertemente vinculadas a las actividades industriales los cuales no regulan, de acuerdo a la ley, sus efluentes al río. En el sector de Pichil, existe un caso de contaminación de las aguas por parte de la planta Mafrisur, la cual ya cuenta con una sanción debido al no cumplimiento del Decreto Supremo N°90 que regula los RILes (ver Tabla 15 en subcapítulo 4.1). De acuerdo con habitantes del lugar, el estero Pichil, afluente del río Rahue, se ha visto contaminado presentando un cambio del color/transparencia y del olor. Como se muestra en el registro fotográfico (ver Figuras 136 y 137 en Anexo N°21), tal cual como mencionan las personas entrevistadas, el estero Pichil muestra signos de eutrofización donde es posible apreciar “espumas” flotantes, lo que no garantiza su uso para el contacto directo ni para garantizar la vida acuática (de acuerdo con la Norma Chilena N°1333).

Sobre la baja de cantidad de agua y aumento de la corriente del Rahue, el sector de Cancura es en donde más se generaliza esta impresión. Pero, la precipitación promedio anual de la subcuenca se han mantenido casi igual para todo el periodo de estudio, solo que desde hace casi diez años que el comportamiento anual ya no es cíclico, sino más bien, homogéneo, ocurriendo lo mismo para los caudales de los ríos (según Tabla 2 del subcapítulo 1.2 y Figura 59 y la Tabla 30 del Anexo N°11), por lo que finalmente la percepción de “falta de agua” puede deberse a que ya no hay registros de años en extremos lluviosos (o secos). También la interrupción del servicio de agua potable durante el verano en Cancura puede acrecentar la sensación de escases como ya fue visto en algunas citas de los entrevistados y entrevistadas de la localidad, sin embargo, el cese de servicio en periodo estivales no necesariamente está ligadas a una escases de lluvias, si no, a un aumento de la población de Cancura (y de Pichil) como se muestra en las imágenes satelitales sobre la evolución demográfica de la Figura 14 y en la Tabla 11 de la evolución demográfica del área de estudio, lo que pudo influir en la baja del nivel freático de las aguas subterráneas de las que se abastecen los CAPR. Otra de las razones por la que puede existir esta impresión, sobre todo del río Rahue, es que las instalaciones de extracción de áridos han perturbado la forma del cauce generando un aumento de la velocidad de las corrientes y un “encajonamiento” de río, dando la impresión de una menor cantidad de agua. Esto ha hecho que los habitantes de Cancura encuentren peligroso bañarse en el río como se demuestra las citas anteriores. Otra consecuencia relacionada con la menor cantidad de agua en Cancura es la preocupación de la estabilidad del puente del lugar, motivo por la cual ya han existido movilizaciones. Según los habitantes la remoción excesiva del material ha ido dejando a la vista las bases y “cepas” que sostienen la estructura (ver Figura 138 del Puente de Cancura en Anexo N°21). No fue hasta el sábado 23 de Junio del presente año cuando el puente colapsó, dejando un muerto y seis heridos. Según Christian Ledezma, Académico de Ingeniería Estructural de la UC, en una entrevista para el medio 24 Horas, establece que las causas de la caída de la estructura aún no están claras, sin embargo, si expone que la estabilidad de un puente está en riesgo cuando los cimientos, precisamente las “cepas” están al descubierto, lo que pudo haber sido provocado de manera natural y acelerado por la extracción de áridos (24 HORAS, 2018). Esto finalmente daría una la razón a los habitantes de la zona que ya mencionaban dicho proceso de extracción de áridos en las bases del puente.

En resumen, muchas de las percepciones acotadas a la contaminación, sobre todo para las zonas del río Rahue, tienen respaldos de registro ambiental como es el caso de

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

sanciones al Matadero Mafrisur y la una Piscicultura en Las Quemadas, o de sucesos desafortunados como ocurrió en Cancura con la caída del puente debido al debilitamiento de sus bases debido a la potencial sobre extracción de áridos. El alza de las instalaciones industriales en el río Rahue y el aumento de la producción de peces de las salmoneras que podrían estar aportando una mayor cantidad de nutrientes y otros elementos en las aguas, también son indicadores que complementan los resultados de percepción sobre un deterioro de calidad de los cuerpos hídricos, en el caso de escasez de aguas, la llegada de empresas de áridos en conjunto con el cambio de las precipitaciones anuales desde la primera década del nuevo siglo, los que potencialmente han cambiado el comportamiento de los cursos fluviales, justifican la sensación de falta de agua por parte de los habitantes de la subcuenca.

Para el resto de las localidades (Las Quemadas, El Encanto, Puerto Chalupa), también se dan percepciones de deterioro de la calidad de las aguas, sin embargo, según los discursos de los entrevistados no hay casos eventuales de impactos ambientales más notorios. Esto podría deberse en parte a la cercanía de aquellas localidades con los cuerpos de aguas y las variables que en el intervienen como las industrias. Según la Figura 1 del subcapítulo 1.2 y la Tabla 14 del subcapítulo 4.1, las localidades con industrias e instalaciones salmoneras más cercanas son Pichil, Cancura y Desagüe Rupanco, donde justamente se tienen de los discursos de los entrevistados eventos de impactos asociado a estas actividades. En el caso de los entrevistados de Entrelagos, localidad bien alejada del lago Rupanco, también se registran efectos de las salmoneras sobre el cuerpo lacustre, sin embargo, tales personas se desenvuelven cercanamente con la pesca deportiva que se ejerce en varios lagos de la zona sur del país (y en el lago Rupanco). De esto se puede concluir que la percepción de los habitantes está influenciada por la distancia que existe con los cuerpos de agua o con las industrias, esto último se respalda desde la bibliografía donde Valera *et al.* (2002) menciona que el factor físico-espacial y económico, entre otras variables, determina en como los individuos perciban el entorno de una u otra manera.

### 4.3.2.2 Efectos sobre la Flora y Fauna acuática y ribereña

De acuerdo con la bibliografía utilizada, la presencia de peces nativos para el área de estudio ya vendría siendo escasa. Ya a fines de la década de los 90' se tenía registro de especies en peligro como la Perca Trucha, más conocida como Trucha Criolla (Campos *et al.*, 1998 y SERNAPESCA, 2012). Según Soto *et al.* (2006), Arismendi *et al.* (2009) y Sepúlveda, Arismendi, Soto, Jara, & Farias, (2013); y la competencia de alimento y la depredación por parte de los peces foráneos son factores que finalmente influyeron en un deterioro de la fauna íctica local y la predominancia de la exótica. Ahora, desde la perspectiva de los entrevistados, principalmente los de la zona lacustres, los peces que tendrían el carácter nativo serían las Truchas Fario y Arcoíris mientras que los salmones Chinook y Coho serían las exóticas (ver Cita N°10 y 11), en ningún momento se mencionan las especies como el Puye, la Peladilla, el Pejerrey la Perca Trucha. Esta percepción de los entrevistados puede deberse por dos aspectos, la primera trata la presencia histórica de



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

peces exóticos en la región debido a su introducción desde comienzos del siglo XX, la que fue ganando fuerza desde la década de los 60' (Camus, 2009) logrando una aclimatación exitosa de al menos de las Truchas Arcoíris y Café las que componen casi el 95% de la biomasa íctica identificada en los arroyos y ríos de la décima región (Soto *et al.*, 2006, pág. 104), y en el caso del lago Rupanco, al menos la mitad de peces registrados fueron a salmónidos (*Ibid.*, 2006, pág. 106). Esta presencia estable de peces exóticos desde hace más de veinte años respalda la idea de que se perciba a los salmónidos como peces “nativos”. Las vivencias y experiencias adquiridas desde el entorno o desde el traspaso verbal entre persona y persona es una de las maneras en las que el individuo reconoce el territorio y lo vive como tal, (Merleau-Ponty, 1975., Valera, Enriq, & Vidal, 2002., y Calixto & Herrera, 2010) esto quiere decir que posiblemente los habitantes vean y sientan a los salmones como una parte más del territorio ya que siempre han estado ahí, y que considerarlos como especies “ajenas” sea erróneo. Siguiendo esta línea entramos en segundo aspecto que podría explicar también esta situación nativa/exótico; teniendo en cuenta que no todos los habitantes se relacionan con actividades de pesca o conocimiento íctico, es de esperar que su percepción de esta temática sea variable para cada individuo y que, quienes de desenvuelven más en ese mundo tengan mejor manejo de “rigor” sobre el tema. Tomando en cuenta lo anterior, no fue posible identificar de mejor manera, al menos desde los relatos de los entrevistados, un cambio en la fauna acuática nativa. De todas formas, como muestran los resultados de los investigadores utilizados en la bibliografía el contexto regional parece seguir siendo el mismo, donde las especies nativas se han visto desplazadas, y en peligro, por la invasión histórica (y exacerbada durante el auge de la salmonicultura) de los peces exóticos.

Ahora sobre la presencia general de peces, las encuestas y entrevistas muestran resultados preocupantes. De acuerdo con las primeras, un 64% ha visto un descenso de peces en los cuerpos de aguas en los últimos años. Si bien, de acuerdo con el RAMA en su artículo N°7 las empresas pueden liberar ejemplares bajo supervisión y previa aprobación institucional para repoblar los lagos y ríos, la situación parecer ser complicada. Según los entrevistados, se pueden identificar dos causas: la primera radica en la presencia de hidroeléctricas, las cuales al ubicarse en directamente en los ríos interfieren en el ciclo natural de reproducción de los salmónidos al impedir que estos lleguen al nacimiento de los ríos y arroyos para desovar. En las Citas N°24 y 25 se expresa esta preocupación donde según los guías, algunas empresas no estarían respetando el tratado internacional que exige implementar una estructura que permita el libre paso de los peces; Al revisar las DIAs y RCA de las estaciones hidroeléctricas de la subcuenca se aprecia que solo una cuenta con un sistema de escalada de peces (ver Tabla 15 en subcapítulo 4.1) lo que afirma dicha situación expuesta por los entrevistados. Otros de los efectos provocados por las hidroeléctricas son la muerte por asfixia. Según el artículo del presidente de la Asociación Costarricense de Acuarismo para la Conservación de los Ecosistemas Dulceacuícolas (Acaced) para el periódico en línea La Nación, en el año 2016, las instalaciones, para evitar el mal funcionamiento de la maquinaria debido a la acumulación de sedimento, liberan la carga contenida por la estructura una vez al año, lo que provoca que millones de toneladas métricas salgan de forma abrupta destruyendo el cauce y afectando a las especies, terminando por asfixiar a muchos peces (La Nación, 2016). Esta situación ya es relatada

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

por el Guía 2 donde la planta Pilmaiquén, ubicada en el desagüe del lago Puyehue, ha generado dichos impactos en algunas ocasiones. Si bien esta hidroeléctrica no es parte del caso de estudio, si es ejemplo de que tal práctica ocurre en el territorio cercano, por lo que puede ser un contexto que se repita en la subcuenca del Rahue.

La segunda razón por la cual han ido disminuyendo los peces, y que es un discurso que se repite en las personas entrevistadas en la zona lacustre, es la pesca furtiva. Tal situación se expresa con preocupación. De acuerdo con las entrevistados, esta sería la razón principal del descenso percibido de peces en el lago. Los guías quienes trabajan con la pesca deportiva establecen que las instituciones públicas encargadas de vigilar esta irregularidad son responsables de la misma situación al no ejercer su trabajo fiscalizador.

Esta situación de pesca ilegal tendría finalmente consecuencias en el turismo, ya que la pesca deportiva que se ejerce en los meses de verano es una de las razones por la cual los turistas visitan las zonas lacustres del sur del país, en la que se incluye en Lago Rupanco, al haber cada vez menos peces, las personas podrían dejar de visitar el lago. Ahora esto es un contexto que se podría estar dando en todo el lago del sur del país (ver Cita N°22), además, dicha situación también podría estar afectando a los peces nativos que puedan quedar atrapados en las mallas. Por último, la baja de peces en el lago también podía afectar la fauna de aves locales que se alimenta de ellos, como el Martín Pescador, por lo que el efecto de la pesca furtiva tendría un mayor alcance ecológico.

Sobre la situación de la flora en las zonas ribereñas un 63% de los encuestados niega percibir algún cambio en la vegetación. Los entrevistados y entrevistadas tampoco detectan una perturbación en el medio en razón a la flora. El único cambio percibido es el alga que ha aparecido en los últimos años en Desagüe Rupanco, situación ya explicada anteriormente y que de acuerdo con el registro fotográfico resulta ser cierta (ver Figura 142 en Anexo N°21). Haciendo énfasis en la bibliografía se estimaba que el aumento de nutrientes pudiese generar cambios en la vegetación, sin embargo, al parecer esto aún no es visible. No obstante, si la tendencia actual de verter nutrientes por parte de las industrias, principalmente las pisciculturas, continua, nos podríamos encontrar con panorama diferente sobre la vegetación ribereña en unos años más, sobre todo en el río Rahue.

### 4.3.2.3 Sobre los antibióticos y enfermedades

Para identificar el impacto de los antibióticos solo se recurrió a las entrevistas debido a que no existe un parámetro que exprese los componentes farmacológicos vertidos en las aguas (las estaciones de calidad de aguas de la DGA no muestran la concentración de estos químicos). En el caso de los peces enfermos (que pueden estar medicados) tampoco fue posible reconocerlos y estimar su número ya que es necesario hacerles biopsias para identificar si se encuentran enfermos y con antibióticos. De acuerdo con la bibliografía los efectos que puedan generar los antibióticos en las aguas están asociados a la peligrosidad que pueda traer para la cadena trófica del ecosistema, ya que las bacterias podrían generar resistencias a los químicos (Buschmann, 2001; León-Muñoz, 2006; Miranda *et al.*, 2007;

Medina, M. & Ramos, R., 2009; Nieto *et al.*, 2010; Fernández-Alarcón *et al.*, 2010 e INIA, 2012). En estos también se incluyen a las personas que puedan estar en contacto directo con las aguas contaminadas. En relación con los peces enfermos, su consumo puede traer perjuicios a la salud. De acuerdo con las entrevistas a las personas que trabajan en los Centros Locales de Salud Rural, y a los mismos habitantes, no ha habido casos de personas enfermas, o al menos, que estén relacionados por consumo de peces. Claramente es imposible detectar a simple vista si una persona posee una resistencia bacteriológica. Es necesario una metodología mucho más rigurosa para esclarecer este impacto, aunque a primera vista, no ha habido problemas hasta ahora con el consumo de peces según los entrevistados. Ahora bien, de acuerdo con las investigaciones de SERNAPESCA (2017), hoy la industria salmonera sigue utilizando una gran cantidad de fármacos, más allá de los valores internacionales llegando a superar más de 1000% las dosis. Si tomamos en cuenta esta situación, y qué, según los representantes de las empresas para la Revista Mundo Acuícola el 2015 (Barra, 2015), los cultivos de aguas dulces también son etapas donde se aplican antibióticos para prevenir enfermedades y riesgos sanitarios futuros, estamos ante un riesgo contaminante potencial en la subcuenca, que posiblemente, ya esté ocurriendo y afectando de manera paulatina a los ecosistemas acuáticos más frágiles.

#### 4.3.2.4 Sobre los efectos sociales

Tomando en cuenta los discursos y el lenguaje utilizado por los entrevistados y encuestados, y siendo estos una herramienta para identificar la percepción primera de los habitantes sobre su entorno (Merleau-Ponty, 1975; Botelho, 2008 y Calixto & Herrera, 2010), la relación entre la industria salmonera y los habitantes tiene un carácter dual basado principalmente en el empleo y la contaminación acuática. Esta característica, que también pudiera darse con otras industrias, determina la percepción que se tiene sobre la salmonicultura, es así como un 48% menciona que la relación con las comunidades es “Neutra”, un 28% que es “Mala” y un 24% que es “Buena”, dando entender de que existe una valoración positiva como negativa de la actividad acuícola. Dicha situación se respalda con la lectura de las entrevistas las cuales aclaran aún más la situación, donde se menciona en algunos casos como la industria impacta en los cuerpos acuáticos y al mismo tiempo son una fuente de empleo importante. Según la Figura 44 este comportamiento perceptivo “Neutro” se distribuye de manera casi equitativa para los poblados en zonas de ríos como en la lacustre, aunque en esta última hay una ligera percepción más “buena” de la industria, asociada al empleo, en comparación con la de los ríos.

Esta dualidad descrita anteriormente resulta interesante de ser analizada más aún cuando nos encontramos en una zona rural donde la gran mayoría se desenvuelve en labores agrícolas y ganaderas. Tener otra opción de trabajo puede generar nuevas oportunidades para las familias, lo que siempre es bien recibido, sobre todo en un área donde se está presentando un descenso del rubro ganadero. Ahora es necesario explicar que la percepción de empleo no se presenta igual para el sector de los ríos como para la zona lacustre. En la primera los entrevistados y encuestados perciben que la empleabilidad para los habitantes locales es mucho más acotada, ya que las instalaciones traen personas fuera del sector para el ejercicio operacional de las obras, a pesar de que sus proyectos en global para la zona fluvial posean una gran cantidad de empleos (ver Tabla 15 del subcapítulo 4.1). Son pocas las personas del lugar que trabajan en las instalaciones salmoneras. Para

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

la zona lacustre, la empleabilidad local parece ser una práctica común y bien vista. Las empresas podrían estar ejerciendo un rol de carácter social, de ejercer un rol comunitario (ver Citas N° 35 y 36) aunque la oferta de empleo no es estable todo el año debido a las necesidades de la empresa (ligadas a la dinámica de producción y de mercado). Otro motivo que hay que tener en cuenta, que para reducir costos de transporte y de tiempo, es mucho más factible contratar personal local. Esto genera que la disponibilidad de trabajo para las localidades rurales sea una cuestión de si hay o no una empresa en el sector.

Volviendo al tema de la dualidad empleo/contaminación, en el caso de la salmonicultura se reconoce una contaminación de las aguas por parte de la actividad acuícola (lo que indica que las personas reconocen el sistema de producción y sus efectos), sin embargo, existen otras fuentes laborales que generan impactos en el medio, y en los habitantes, mucho más visibles. Tres ejemplos son el Condominio Marina de Rupanco ubicado en Desagüe Rupanco, la extracción de áridos en Cancura, y la Plata Mafrisur en Pichil. En la primera, el condominio proporcionó trabajo para las mujeres del lugar como asesoras del hogar, no obstante, también cerro el paso inmediato de los habitantes al lago Rupanco, por lo que deben desplazarse más lejos para llegar. En la segunda, la extracción de áridos ha generado una inseguridad (que ya viene con la idea de contaminación del río) de bañarse en las aguas del Rahue debido al aumento de la corriente. Y en la tercera ocurre algo similar en la segunda, pero debido a la contaminación real de la planta Mafrisur al estero Pichil que desemboca en una de las “playas” de sector, prohibiendo el uso recreativo de las aguas en esa zona por parte de las autoridades (ver Figura 136 del Anexo N°21).

Otro de los impactos que traen consecuencias para los habitantes, aunque no de forma directa, es la pesca furtiva. Esta actividad ilegal puede traer consecuencias económicas ya que afecta principalmente al turismo, fuente de ingresos para algunos habitantes (ver Citas N°29 y 30).

El cambio de comportamiento de los habitantes con sus medios acuáticos también se debe considerar un impacto social. Tal como se relata anteriormente en las entrevistas, los habitantes han ido dejando de lado actividades cotidianas con el río Rahue. De acuerdo con Piere (*Sin Año, y citado por la Alea, 2005*) los comportamientos y actitudes de los individuos están ínfimamente relacionadas con las experiencias y vivencias provenientes del entorno, en este sentido, el deterioro de la calidad y cantidad de aguas del río Rahue percibidos por los habitantes ha repercutido en un rechazo hacia el cuerpo fluvial causando que estos dejen de utilizarlo para sus intereses. González (1997) (en Alea, 2005) también menciona que las actitudes se rigen por la valorización de los objetos, por lo que un deterioro del afecto de los habitantes hacia el río también pudiese ser la razón del desuso de este. Este cambio del comportamiento que proviene debido a la percepción de contaminación y peligrosidad también es avalado institucionalmente por instituciones públicas, como las sanciones del SMA a empresas piscícolas y al matadero Mafrisur, la orden de sector contaminado en la desembocadura del estero Pichi-Pichil hacia el Rahue por parte de la Municipalidad de Osorno, lo que confirma y refuerza el conocimiento general de los habitantes sobre el estado del río. De esta manera se estaría frente a un impacto social indirecto por las industrias y la salmonicultura, donde la alteración química y física del curso fluvial del río Rahue ha afectado la vida de los habitantes locales. Si bien Alina (2005) plantea que la percepción podría ser una visión subjetiva y distorsionada de la realidad, en esta investigación tal imagen parece ser acertada; si consideramos que la percepción de los cambios haya ocurrido de forma paralela a la llegada de las industrias y

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

a los eventos de impactos, resulta congruente que se perciba aquellas instalaciones como responsables de la contaminación de los cuerpos fluviales. En el caso del lago Rupanco, la percepción de impactos hacia las aguas sigue apareciendo, sin embargo, no se leen en los discursos una alteración de la relación de las comunidades con el lago debido a cambios en la calidad de este, de hecho, existe una mayor preocupación desde las entrevistas sobre la pesca furtiva, la cual catalogan como un factor que afecta al turismo y por ende a las localidades en su economía. Frente al río Coihueco del cual no se realizaron entrevistas y encuestas en sus poblados locales debido a una limitación por tiempo, no es posible advertir realmente una alteración concreta de su calidad de agua. De acuerdo con lo dicho anteriormente se puede concluir que existen dos variedades de efectos sociales generados por la ubicación de las industrias (entre ellas la salmonicultura), los ubicados a lo largo del río Rahue que han repercutido en la relación de los habitantes con el río mediante el impacto al sistema hídrico; y los ubicados en el lago, donde se ha obtenido un beneficio laboral mucho más notorio que en las zonas fluviales.

Resumiendo, si bien la industria ha traído beneficios laborales, también tiene sus contras, los cuales, de acuerdo con los resultados de las encuestas y entrevistas, tienen su raíz en la manera de cómo ha ido cambiando su entorno, principalmente los cuerpos hídricos, desde su llegada. El deterioro de la calidad de las aguas y el desuso de este recurso para las actividades de la comunidad, pero también la disponibilidad de un nuevo empleo en la subcuenca forma parte de las experiencias y vivencias que sustentan el proceso cognoscitivo de valorización y afecto que se tenga sobre el entorno y sus partes (Alea, 2005), que en este caso se refleja en una posición “neutra” frente al agente industrial acuícola. Es posible que el cambio en la percepción de los cuerpos hídricos sea traspasado mediante el discurso, el lenguaje, y los mismos comportamientos y actitudes de las personas actuales hacia las nuevas generaciones terminando finalmente en nuevas sensaciones negativas del entorno. Por tanto, los efectos ocasionados en los habitantes desde su perspectiva son de importancia investigativa, ya sea para frenar esta desvalorización continúa y para, como fue visto de acuerdo con las encuestas y entrevistas, revelar procesos que indican deterioros de calidad de vida, lo que muchas veces puede pasarse por alto en estudios de impactos ambientales.

## CAPÍTULO QUINTO DISCUSIONES

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

En este capítulo se cruzan los datos obtenidos del análisis de calidad de aguas del lago y de los ríos de la subcuenca con la percepción de los habitantes sobre los cambios en los mismos a través del tiempo. De igual manera, se utilizan los antecedentes productivos, laborales y físicos de la subcuenca y la bibliografía. De esta forma, se pretende encontrar incongruencias o correspondencias entre la información recopilada y obtenida de esta investigación.

De acuerdo con los resultados del segundo objetivo específico, los datos analizados no explicitan un cambio de calidad de aguas relacionados a procesos de eutrofización o cambio de trofia, sin embargo, si dan cuenta de un cambio en el comportamiento y en las concentraciones de los parámetros químicos de los cuerpos de aguas. Para el lago, el traspaso de concentración de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo total) desde mediados del año (1994 – 1995) a las estaciones de verano y otoño (2012 – 2013) parece estar relacionada a la dinámica productiva de la industria acuícola, la cual es, por ahora, una de las industrias con mayor potencial de exportación de nutrientes hacia las aguas. En el caso del río Rahue y Coihueco, el claro aumento de nutrientes a lo largo de los años de la primera década del siglo XX coincide con la llegada de las industrias para el mismo periodo, donde las pisciculturas son mayores en número. Si comparamos los resultados de las encuestas y entrevistas con estos datos, se refuerza que existe una situación de perturbación en los cuerpos de aguas de la subcuenca debido a las instalaciones salmoneras. Si bien no ha habido un cambio en la trofia que afecte al ecosistema, la mayor cantidad de nutrientes registrada desde las estaciones de calidad de aguas, y el cambio de concentración de estos en el lago, coincide con los discursos de percepción de deterioro de la calidad. En este sentido, si podríamos estar ante un efecto, a mediano y largo plazo (entre 5 a 10 años de acuerdo con las encuestas y entrevistas), de alteración de la calidad de las aguas. Considerando que cerca de un 74% de los cambios negativos percibidos en la calidad de agua son originados por la industria salmonícola, y qué, de acuerdo con la producción histórica de la industria, la llegada de las pisciculturas al río Rahue, y la distribución porcentual de los ingresos de nutrientes en los dos tipos de cuerpos de aguas (lago y ríos) donde la salmonicultura ha tenido un rol cada vez más importante, estaríamos finalmente ante una responsabilidad acuícola sobre los cambios paulatinos de los componentes químicos-físicos de los cuerpos de aguas y de su comportamiento. Ahora bien, también existen otras industrias que han impactado de manera negativa a los cuerpos hídricos y, en consecuencia, a las actividades de los habitantes y su relación con las aguas cercanas. Sucesos como la contaminación del estero Pichil por el matadero Mafrisur, de la cual se tiene registro de sanciones por las instituciones, o el cambio físico del río Rahue y el debilitamiento y posterior desplome del puente Cancura por la extracción de áridos, resultan ser eventos específicos de impactos de gran efecto mediático local, causando un conocimiento general sobre el tema. Aun así, las industrias salmoneras, a pesar de no estar relacionadas con eventos o sucesos en específicos, son reconocidas y vistas como factores que perturban la calidad de las aguas de la subcuenca. En el caso de las piscícolas en el río Rahue, por ejemplo, ante las situaciones hipotéticas de mayor o menor contaminación, se concluyó que se estaría en una fase intermedia entre el vertimiento sin control y lo legalmente permitido por el D.S. N°90. Aunque esta afirmación no sea comprobable, existen claros indicios de que tal sea el caso, ya sea desde el registro de sanciones, la correspondencia entre el aumento de nutrientes y la cada vez mayor producción de smolts, y, por último, la visión desde los habitantes, reafirman la hipótesis de impactos hídricos en la subcuenca por la salmonicultura continental aunque no de una manera tan explícita como

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

se ha propuesto desde la bibliografía donde se puedan generar cambios de trofia y eutrofización de los cuerpos de aguas, si no más de la mirada social, desde los actores mismos que se emplazan en el territorio quienes llevan un registro psicológico, valórico e históricos de los cambios que ha experimentado la subcuenca y en sus cuerpos hídricos. Lamentablemente, hacen faltan más datos que puedan dar cuenta de una mejor situación estadística del estado de los cuerpos de aguas, siguiendo esta línea, hubiera sido interesante obtener datos sobre la situación contextual del lago para los años 2004 al 2007, periodo con una alta producción de smolts, del FCR, y con una legislación claramente más débil, ya que se podría haber registrado condiciones de calidad muy distintas a las vistas al año 1995 y 2013. En el caso de las estaciones de calidad en los ríos hace falta muestrear más parámetros que favorezcan a un mejor análisis, además de continuar siempre sus registros, ya que, por ejemplo, para los componentes de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato no hay muestras desde el año 2011 al 2015, a pesar de que otros parámetros si posean datos para la misma fecha. Coincidentemente esos años son justos cuando se registran las mayores producciones de smolts en la subcuenca. Esto último sería preocupante ya que no favorece a la fiscalización pública, ya sea por organizaciones o por los mismos habitantes de la localidad, generando una situación de desconocimiento sobre los estados tróficos de los cuerpos de aguas. De todas formas, se está llevando a cabo desde el 2010 las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los cuerpos de aguas, siendo un avance en esta temática de control de calidad, sin embargo, aún faltan más esfuerzos de vigilancia.

Ahora frente a los cambios producidos en las vidas de los habitantes producto de esta percepción de impacto en la calidad y cantidad de agua, es de destacar que ha habido un claro deterioro entre la relación humano-naturaleza como al mismo tiempo un beneficio laboral por parte de las empresas. De acuerdo con las entrevistas muchas de las personas ya no se desenvuelven con el río Rahue como lo hacían anteriormente debido a la sensación de contaminación y peligrosidad del agua por sus corrientes. Estas sensaciones, y como consecuencia posteriores comportamientos, radican en el conocimiento del proceso productivo de las industrias y de la conciencia del cambio físico del entorno que han provocado. En el caso del sector lacustre se registra más un beneficio laboral desde los habitantes que en la zona fluvial de la subcuenca, a pesar de percibir un deterioro de la calidad del agua. Respecto al río Coihueco, no es posible determinar una conclusión ya que no se realizaron encuestas y entrevistas para el poblado que colinda al cuerpo fluvial (Rupanco), sin embargo, como se demuestran en los resultados del subcapítulo 4.2, dicho curso fluvial si ha tenido un alza paulatina de los elementos analizados, aunque sus concentraciones son menores que en la estación río Rahue en Longitudinal, lo que de todas formas podría generar una percepción similar a la vista en Las Quemadas, Pichil y Cancura. Ahora si se observa la evolución de la subcuenca desde el número de industrias y el uso de suelo en el subcapítulo 4.1, el río Coihueco podría presentar a futuro una presión ambiental asociada más a la industria forestal, la que ha ido ganando terreno poco a poco en la subsubcuenca del río Coihueco, en comparación con las pisciculturas, único tipo de industria instalada a lo largo del río, las que, según registros, son escasas y con las menores producciones de peces.

Frente a la situación laboral, es claro que la llegada de industrias a la subcuenca, desde las primeras instalaciones salmoneras en 1995, ha generado una mayor oferta laboral para una subcuenca en la que la dinámica de trabajo se sustentaba en trabajos con la tierra y el



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

ganado, ampliando las oportunidades locales de desarrollo. En el caso de las pisciculturas en el río Rahue, si bien no entregan una gran cantidad de empleos por instalación de acuerdo a sus proyectos, la suma total de ellas puede igualar lo que ofrecen industrias de mayor envergadura como son las lecheras o mataderos, no obstante, de acuerdo a los discursos de las entrevistas, los trabajadores que allí se emplean provienen de lugares fuera de la subcuenca, por lo tanto el beneficio que podrían entregar las instalaciones en tierra de cultivo de peces no es mucho. El caso contrario ocurre con las concesiones en el lago donde estas ofrecen una mayor oferta de empleo, situación que se percibe mejor en las encuestas y entrevistas. Esta dinámica diferente de empleos puede estar relacionada con la conectividad vial, cuestión ya expresada por la representante de una empresa en el lago Rupanco, donde el contexto más aislado del territorio lacustre hace necesario contratar personas del sector por una cuestión de tiempo y gastos. Para las pisciculturas ubicadas en el río Rahue, la red vial entre Osorno y Puerto Octay y hacia Entrelagos en Puyehue, podría facilitar la llegada de personas ajenas a la subcuenca a las instalaciones. Según Barra (2015) y Nieto *et al.* (2010) las pisciculturas permiten un mejor manejo del cultivo ya que se pueden manejar las condiciones de luz y de calidad de agua; estas características harían que se necesitara una menor cantidad de personal debido a la automatización del centro, y que la misma sea especializada, por lo tanto, la menor oferta laboral local dispuestas de estas instalaciones concuerda con los discursos de los entrevistados.

Desde el aspecto de impactos ambientales en las aguas superficiales producidos por los diferentes tipos de instalaciones acuícolas, estaríamos ante dos tipos de perturbaciones: La mayor concentración de elementos de nutrientes y el cambio del comportamiento de estos elementos. La primera, de acuerdo con los resultados de análisis de los parámetros de Nitrógeno de Nitrato y Fósforo de Ortofosfato en los ríos, principalmente el Rahue, donde hubo un aumento paulatino de estos desde el año 2000 al 2010, sumado a la paralela percepción de deterioro de calidad de agua para el mismo periodo, está asociada a las pisciculturas, instalaciones en tierra que según Nieto *et al.* (2010) son las que deberían generar una menor contaminación, después de la de recirculación, debido al control de la materia orgánica generada en las piscinas, sin embargo, ante la situación de escasa fiscalización de los efluentes de los RILes de estas instalaciones, y de algunas sanciones cursadas por el SMA, tal control no se estaría ejecutando con rigurosidad, por lo que para este estudio, las pisciculturas estarían siendo una fuente de contaminación potencial para los ríos. Para el segundo impacto, sobre el cambio de comportamientos de los elementos, estaríamos ante una responsabilidad de las concesiones acuícolas, cultivos de tipo abierto. Este tipo de instalaciones son las que tienen un mayor potencial de contaminación debido al contacto directo con las aguas (*Ibid*, 2010), sin embargo, en el caso de esta investigación se registra más un cambio de comportamiento de los elementos en vez de una mayor concentración de ellos como se establece en la bibliografía. Esto podría estar ligado más a la disminución de las producciones de smolts en este tipo de cultivo desde el año 2010 y al cambio de la a dinámica de cosecha hacia los meses estivales, resultando en lo ya visto en el resultado dos sobre el análisis de los parámetros del lago Rupanco. De esta manera estaríamos ante una discrepancia entre lo visto en esta investigación y la bibliografía sobre los impactos producidos por estos tipos de instalaciones, sin embargo, esta situación se debería más por condiciones externas, como la falta de regulación estatal sobre los RILes vertidos por las pisciculturas, y los cambios en las dinámicas de producción de smolts para el caso de las concesiones acuícolas. De todas formas, es necesario un estudio más a fondo como, por ejemplo, en el caso de las concesiones acuícolas, recabar muestras de los

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

parámetros químicos en los alrededores de las balsas como en el sustrato de fondo colindante. Por tanto, no se puede establecer con mayor claridad qué tipo de instalación tiene un efecto más nocivo en los ecosistemas acuáticos. Ahora, de acuerdo con lo obtenido de las encuestas y entrevistas, existe una diferenciación de efecto social asociado a los tipos de cultivo de smolt donde en la zona lacustre se genera más un beneficio laboral, a pesar de los efectos “contaminantes” que se reconocen desde los habitantes sobre el cuerpo lentic. Mientras que en la zona de los poblados del río Rahue, tal beneficio laboral es menor debido a condiciones ya expresadas con anterioridad, además, se estaría finalmente ante una participación industrial acuícola sobre los impactos en la relación de los habitantes con su medio acuático cercano, afectando los usos que estos le daban en su vida diaria y anual debido a la percepción de contaminación y escasez de agua, aunque este último efecto se debe a un conjunto de impactos provenientes de las diferentes actividades productivas cercanas al río, donde la salmonicultura forma parte.

De manera general se puede concluir que durante los últimos veinte años ha habido transformaciones importantes en la Subcuenca del Rahue, en el caso de los cuerpos de aguas, aunque estos aún mantienen su estado trófico natural, han presentado cambios químicos. De acuerdo con los datos analizados existe una perturbación mucho más evidente en los ríos Coihueco y Rahue que en el Lago Rupanco. La evolución de los parámetros medidos en las aguas de los ríos (Nitrógeno y Fósforo total) tienen diferentes causas, pero es claro también que la industria salmonera tiene una fuerte incidencia sobre estos cambios. El aumento de la producción general año tras año y la llegada de instalaciones a lo largo de la Subcuenca en los últimos años, ha tenido una repercusión participativa en los elementos potenciales que se vierten en los cuerpos lóticos. Respecto a los impactos que estos nutrientes puedan traer hacia el entorno, no se han registrado cambios o eventos trascendentales, sin embargo, la situación podría cambiar si las condiciones industriales irregulares continúan. Ya se han visto pequeños indicios que podrían indicar una alteración del ecosistema acuático, como es el caso de la aparición de algas y la contaminación de la Planta Mafrisur. También existen alteraciones físicas que de acuerdo con los habitantes de Cancura se deben a la extracción de áridos, lo que finalmente pudo ser potencialmente la causa de la caída del puente de aquella localidad. En razón al estado de fauna íctica, es evidente el impacto producido por la invasión de especies exóticas sobre las nativas, donde estas son cada vez más escasas, no obstante, este se debió principalmente a un proceso histórico de introducción y que tomo una mayor aceleración producto de la industria acuícola. Ahora independiente de esta situación ecológica, los habitantes ven con mayor preocupación la pérdida de biomasa general de peces en las aguas debido a la pesca furtiva, lo que ya trae consecuencias para el turismo, y prontamente para las personas que habitan en la subcuenca; de forma paralela se prevé que esta situación de disminución de peces, ya sean nativos o exóticos, puedan impactar negativamente en la presencia de fauna de aves en el sector debido a la falta de presas. Sobre el impacto de antibióticos producidos por las industrias salmoneras la situación es desconocida debido a la falta de herramientas para poder vislumbrar este asunto. No ha habido registros de problemas de la salud en los habitantes por consumo de peces, sin embargo, esto no es suficiente para tener una conclusión más firme sobre el tema. Finalmente tenemos un panorama dual respecto a los impactos sociales asociados a la industria acuícola, si bien su llegada ha generado una oferta laboral para muchas personas, esta trae consigo un costo y que los habitantes perciben como contaminación de las aguas. Ahora no todas las instalaciones ofrecen trabajo para los habitantes de la zona, ya sea

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

porque contratan gente fuera de la subcuenca o porque las instalaciones simplemente no son directamente cercanas a las localidades del área de estudio. Esta dinámica oferta/impacto/cercanía genera una disputa en la percepción de las personas la que oscila entre el beneficio laboral y los costos ambientales que traen las pisciculturas y concesiones acuícolas de la subcuenca (y también el resto de las industrias presentes). Además, del deterioro mismo de los cuerpos de aguas identificado por las entrevistas y parcialmente por los datos levantados por las estaciones y estudios de calidad, se ha generado un impacto colateral, pocas veces visto donde se está afectando la relación de los individuos con su entorno, deteriorando ciertas costumbres cotidianas e impactando en la calidad de vida. Los habitantes son las primeras fuentes que puedan dar indicios sobre cambios que los afecten en el entorno, siendo su percepción de gran valor en investigaciones ligadas a recursos que son vitales para el desarrollo de la vida en general.

### 6. Conclusión y recomendaciones finales

La presente investigación buscó identificar los impactos en el continente de una de las mayores industrias del país y de la Región de Los Lagos. Es clara que esta actividad tiene un peso importante en la dinámica productiva a diferentes escalas: local, regional, nacional y mundial, sin embargo, las consecuencias ambientales y sociales de esta gran industria ya se han dejado ver a lo largo de los años en nuestro país. Desde la crisis del virus ISA al desastre medioambiental ocurrido en Chiloé el año 2016, han sido registro de esta situación. En este caso, donde se busca dar cuenta de los efectos producidos por las instalaciones de aguas dulces, los impactos no parecen ser de gran envergadura, no obstante, si han tenido repercusiones a través de los años, sobre todo en el aspecto social.

La presencia de nutrientes, precisamente del Nitrógeno y el Fósforo, en los cuerpos de aguas pueden causar efectos nocivos llevando a procesos de eutrofización, afectando a la cadena trófica y finalmente a todo el ecosistema. La industria salmonícola se caracteriza por generar estos elementos mediante el ingreso de alimento, desechos de los peces y materia muerta, lo que la hace una actividad potencial para impactar al entorno. Tras la llegada de las instalaciones al lago Rupanco desde 1995 y las orillas de los ríos Coihueco y Rahue desde el 2005 en adelante, los cuerpos de aguas han cambiado ligeramente sus comportamientos o concentraciones de elementos químicos, específicamente de Nitrógeno y Fósforo. En el caso de los ríos se visualiza una alteración de los parámetros que coincide con la llegada de Pisciculturas, sistemas de cultivo en tierra con uso de Aprovechamiento de Derechos de Aguas. No obstante, también han llegado otras industrias; los mataderos, las lecheras y las extracciones de áridos, provocando que identificar la fuente de estos cambios sea difícil de entrever. Aun así, tras el análisis de los datos procesados relacionados con los ingresos de nutrientes y de las encuestas y entrevistas, las instalaciones salmoneras podrían estar siendo una de las principales actividades responsables del paulatino cambio de las concentraciones de nutrientes, al menos particularmente, en el Río Rahue. En el caso del lago Rupanco, se registra un cambio en el comportamiento de los elementos ligada a la actividad salmonícola, la que actualmente posee el mayor potencial de exportación de nutrientes del sector en comparación con otras actividades. Sin embargo, la dinámica productiva desde cultivos abiertos a cerrados en tierra está derivando posiblemente en una disminución de los efectos contaminantes producidos por las concesiones y al mismo tiempo en una presión ambiental para los

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

sistemas hídricos lóticos. Respecto a los efectos sociales, el de mayor consideración es el cambio de comportamiento de los habitantes con los cuerpos de aguas, precisamente con el río Rahue. El hecho de no poder realizar sus actividades, que eran cotidianas años atrás, debido a la concepción de contaminación, se puede considerar como un impacto social, donde las personas relatan con desgano esta situación. La importancia que tiene el entorno para el ser humano es básica, con él se sustentan todas las necesidades, ya sean biológicas y recreativas, por tanto, una perturbación negativa en esta relación dialéctica trae consigo un deterioro en la calidad de vida de las personas, y también para el ecosistema. Por el otro lado, la oferta laboral en una subcuenca con predominio de actividades primarias parece ser bien recibida, a pesar de los costos ambientales asociados. Esto último se da con claridad en la zona lacustre donde las concesiones salmoneras son mejor percibidas que las instalaciones en tierra. De esta manera se puede entrever una diferenciación de efectos sociales respecto a los tipos de instalación acuícola donde las de tipo abierto poseen una ventaja positiva en la mirada colectiva de los habitantes.

Existen otros problemas en la subcuenca y que afectan igualmente a las comunidades, como son la pesca furtiva, la que ha ido en aumento y que según los habitantes tiene repercusiones en el turismo, fuente de trabajo para ellos. También existen otros impactos asociadas a diferentes actividades como las empresas de áridos o los mataderos, los cuales ya han alterado física y químicamente las aguas, afectando a los habitantes locales. Existen otras actividades que también interactúan con el entorno y de manera no tan positiva como lo perciben las personas, por lo que, si bien la industria salmonera posee un mayor predominio en número de instalaciones con capacidad de contaminación como de generación de empleo, no se puede desentender que la subcuenca está bajo presión ambiental por otra serie de industrias que afectan de manera paralela a los habitantes y al medio ambiente, por lo que el impacto acuícola solo es una parte del conjunto de conflictos que se registran en esta investigación, y qué aún faltan por reconocer.

Hasta ahora los impactos identificados de la industria salmonera no han sido tan graves como lo fueron en su momento el Virus ISA para los sistemas de cultivo marinos, no obstante, esto no quita el peso a lo registrado en esta investigación. Es necesaria una legislación aún más coherente que permita regular mejor el manejo de residuos de las industrias, a pesar de que estas ya vieron una mejoría desde el 2007. También hace falta fortalecer el carácter fiscalizador de las instituciones para resguardar que se estén cumpliendo las normativas a las que están sujetas las industrias que viertan sus residuos a las aguas, las que son de uso colectivo. A la par, se hace imprescindible comenzar a registrar más continuamente los parámetros de calidad de agua que indiquen los estados ecosistémicos de los cuerpos lóticos y lénticos, como ocurre en el caso del lago Rupanco donde los datos que se tienen actualmente tienen un amplio rango de años, mientras que para la situación de los ríos, las estaciones de calidad de agua necesitan ser reforzadas ya que carecen de la totalidad de los parámetros sugeridos para los análisis de estado trófico, como también no posee registros de los nutrientes analizados desde el año 2011.

Por último, es necesario seguir investigando, más aún en estas etapas de la producción salmonícola, como también del resto de industrias que hacen uso de los recursos acuáticos continentales, ya que como se ha visto a lo largo de esta investigación, sustentan una diversidad de poblados, actividades y vida ambiental. Se espera que esta investigación sea de sustento e insumo para trabajos futuros que puedan dilucidar mejor las perturbaciones del ambiente producidos por esta industria (y otras más) que, a pesar de haber mejorado,

aún falta mucho por trabajar en pos del entorno y los habitantes. En este sentido, la Geografía, que aborda diferentes ciencias, tiene un rol único que facilita la comprensión en general de los territorios al poseer conocimiento holístico, ya sea desde el ámbito netamente físico, a los relacionados con aspectos más humanos, lo que la emplaza a ser una de las disciplinas que se dedique a seguir revelando los efectos de la salmonicultura en aguas dulces.

## 7. Bibliografía

- 24 HORAS. (Junio de 2018). Colapso de puente Cancura: ¿Qué factores provocaron el desplome de la obra? Recuperado el 27 de Junio de 2018, de <http://www.24horas.cl/videos/entrevistas24/colapso-de-puente-cancura-que-factores-provocaron-el-desplome-de-la-obra-2749925>
- Alea, A. (2005). *Introducción a la psicología ambiental*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <http://www.monografias.com/trabajos26/psicologia-ambiental/psicologia-ambiental.shtml>
- Álvarez, G., Cristina, M., & Kauffer, E. F. (2010). Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera Norte*, 129-15.
- AQUA. (2014). Radiografía de la situación sanitaria de la salmonicultura. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de <http://www.aqua.cl/2014/02/05/radiografia-de-la-situacion-sanitaria-de-la-salmonicultura/>
- AQUA. (2015). La Evolución del FCR en la industria del salmón en Chile. Recuperado el 29 de Marzo de 2018, de <http://www.aqua.cl/2015/01/12/salmonicultura-los-valores-actuales-de-factor-de-conversion-de-alimentos/#>
- AQUA. (2017). Alimentación de peces: La industria va tras FCR históricos. Recuperado el 29 de Marzo de 2018, de <http://www.aqua.cl/reportajes/alimentacion-peces-la-industria-va-tras-fcr-historicos/>
- AquaChile. (2011). *Oferta de Venta de Acciones*.
- Arisemendi, I., Soto, D., Pena, B., Jara, C., Leal, C., & León-Muñoz, J. (2009). *Aquaculture, non-native salmonid invasions and associated declines of native fishes in Northern Patagonian lakes*. *Freshwater Biology*.
- Aristizábal, F. A., & Cerón, L. E. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombia Biotecnología*, 285-295.
- Balin, D. (2016). Importación de ovas toca fondo. *SalmonExpert*. Recuperado el 08 de Julio de 2017, de <http://www.salmonexpert.cl/noticias/importacion-de-ovas-toca-fondo/>
- Balin, D. (2017). La producción de salmón tiene uno de los FCR más bajos de todas especies. *SalmonExpert*. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de <https://www.salmonexpert.cl/article/la-produccion-de-salmon-tiene-tiene-uno-de-los-fcr-mas-bajos-de-todas-especies/>
- Barra, P. (2015). Los desafíos que hoy enfrentan las salmoneras en agua dulce. *Revista Mundo Acuicola*. Recuperado el 09 de Octubre de 2017, de <https://www.mundoacuicola.cl/new/2017/08/28/los-desafios-que-hoy-enfrentan-las-salmoneras-en-agua-dulce/>
- BCN. (2014). *Bienes Nacionales de Uso Público*. Chile.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- Botelho, J. F. (2008). La fenomenología de Maurice Merleau-Ponty y la investigación en comunicación. *Signo y Pensamiento*, 68-83.
- Buschmann, A. (2001). *Impacto ambiental de la Acuicultura, El estado de la investigación en Chile y el mundo*. Chile: Universidad de Los Lagos, Terram.
- Buschmann, A. H. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo. *Terram Publicaciones*, 63p.
- Buschmann, A. H., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*.
- Calixto, R., & Herrera, L. (2010). Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. *Tiempo de Educar*, 227-249.
- Campos, H. (1995). *Determinación de la Capacidad de Carga (Stock Explotable) y Balance de Fósforo y Nitógeno en el Lago Rupanco, X Región*. Valdivia, Chile: Universidad Austral e Chile.
- Campos, H. (1998). *Determinación de la Capacidad de Carga y Balance de Fósforo y Nitrógeno del Lago Riñihue*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Campos, H., Dazarola, G., Dyer, B., Fuentes, L., Gavilán, J., Huaquín, L., . . . Vila, I. (1998). *Categorías de Conservación de Peces Nativos de Aguas Continentales de Chile*. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 101-122.
- Camus, P. (2009). *Piscicultura en Chile: Entre la productividad y el deterioro ambiental 1856 - 2008*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cañete, J., Gorny, M., Kuntsmann, A., Dollenz, O., & Carrasco, F. (2001). *Determinación de capacidad de carga del Lago Sofía en la XII Región*. Punta Arenas, Chile: Universidad de Magallanes.
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., & Diana, J. (2007). *Environmental Impaco of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pullution in China*. *Env Sci Pollut Res* 14 (7) 425-462.
- Cárdenas, P. (2007). *Cambios en la exportación y retención de Nitrógeno y Fósforo causado por la conversió de bosque nativo a plantaciones forestales en microcuencas de la cordillera de la costa en el sur de Chile*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Carlson, R. E. (1977). *A Trophic state index for lakes*. Minneapolis: Limnology and Oceanography, University of Minnesota.
- Carpenter, S., Caraco, N., Correl, D., Howarth, R., Sharpley, A., & Smith, V. (1998). *Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen*. USA.
- Casales, J. C. (1989). *Psicología Social. Contribución a su estudio*. La Habana: Ciencias Sociales, La Habana.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- Centro de Ecología Aplicada. (2014). *Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas*. Santiago: Dirección General de Aguas.
- CEP. (2018). *Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forests*. Critical Ecosystem Partnership Fund. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de <https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/chilean-winter-rainfall-valdivian-forests>
- CFSPH, IICAB. (2010). *Anemia Infecciosa del Salmón*. The Center for Food Security & Public Health & Institute for International Cooperation in Animal Biologics., IOWA State University.
- Chauí, M. (1996). *Convite a filosofia*. Sao Paulo.
- CONAF. (2013). *Catastro de uso de suelo y vegetación*. Archivo Metadato Shapefile, Infraestructura de Datos Geospaciales. Obtenido de <http://www.ide.cl/descarga/capas/item/catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion.html>
- CONAMA. (2006). *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos*. Valdivia, Chile: Biblioteca Municipal "Camilo Henríquez".
- Decreto Supremo N°319. (2001). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Decreto Supremo N°320. (2005). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Decreto Supremo N°345. (2005). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Decreto Supremo N°90. (2001). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Dillon, P. J., & Rigler, F. H. (1974). *The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes*. Ontario: Department of Zoology, University of Toronto.
- Dirección General de Aguas. (2014). *Estimación preliminar de las recargas de aguas subterráneas y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos*. Santiago.
- Dodds, W., Jones, J., & Welch, E. (1998). *Suggested clasification of stream trophic state: Distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen and phosphorus*. Pergamon.
- Ecoceanos. (2006). *Radiografía Estatal a la Industria Salmonera*. Chile: Centro Ecoceanos.
- El Mostrador. (2014). *La FAO detecta malas prácticas laborales de las salmoneras chilenas y anoha por legislación acorde a la realidad mundial*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de <http://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2014/02/25/la-fao-detecta-malas-practicas-laborales-de-las-salmoneras-chilenas-y-aboga-por-legislacion-acorde-a-la-realidad-mundial/>
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y acuicultura*. Roma, Italia: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.



Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- Febles, M. (2001). *Bases para una psicología ambiental en Cuba*. La Habana: Facultad de Psicología Universidad de La Habana.
- Fernandez-Alarcon, C., Miranda, C., Singer, R., Lopez, Y., Rojas R, Bello, H., & González-Rocha, G. (2010). *Detection of the floR Gene in a Diversity of Florfenicol Resistant Gram-Negative Bacilli from Freshwater Salmon Farms in Chile*. *Zoonoses and Public Health*.
- Flores, H., & Vergara, A. (2012). Efecto de reducir la frecuencia de alimentación en la supervivencia, crecimiento, conversión y conducta alimenticia en juveniles de salmón del Atlántico *Salmo salar* (Linnaeus, 1758): experiencia a nivel productivo. *Lat. Am J. Aquat Res.*, 536-544.
- Fuentes, J. (2014). *Evolución del régimen ambiental de la acuicultura*. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Fundación TERRAM. (2010). *El Proceso Productivo del Salmón en las Regiones Australes de Chile*. Cartilla Informativa N.3.
- Fundación TERRAM. (2010). *El proceso productivo del salmón en las regiones australes de Chile*.
- Fundación TERRAM. (2014). Uso de antibióticos en salmones se dispara: en Chile se usa hasta 5.000% más que en Noruega. Recuperado el 10 de Julio de 2018, de <http://www.terram.cl/2014/05/uso-de-antibioticos-en-salmones-se-dispara-en-chile-se-usa-hasta-5-000-mas-que-en-noruega/>
- González, M., & Anahi, J. (2005). *Ovas de Oro*. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=X180aJkGQDY>
- González, S. D. (1977). *Lecciones de Motivación*. La Habana.
- Gonzalo, A., Martínez, G., Walkowiak, A., & Avendaño, K. (2009). *Redefinición de la Red Mínima de Lagos*. Santiago, Chile: Poch Ambiental S.A.
- Guilpart, A., Roussel, J., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., & Bris, H. (2012). *The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers*.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., & Heo, M. (2011). *Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish*.
- IGM. (2007). *Mapa geomorfológico Décima Región de Los Lagos*. Instituto Geográfico Militar, Educarchile. Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=132476>
- INE. (2016). *Encuestas Intercensales 2015-2016. Síntesis de Resultados*. Subdepartamento de Estadísticas Agropecuarias.
- INE. (2018). *ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS: CENSOS AGROPECUARIOS, 1997 Y 2007*. Recuperado el 25 de Junio de 2018, de <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias>

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- INIA. (2012). *Resultados preliminares sobre el uso de lodos de pisciculturas sobre suelos agropecuarios de origen volcánico de la patagonia occidental*. Aysén, Chile.
- INN. (1987). Norma Chilena Oficial N°1333. *Instituto Nacional de Normalización, Ministerio de Obras Públicas*.
- INN. (2005). Norma Chilena Oficial N°409. *Instituto Nacional de Normalización, Ministerio de Obras Públicas*.
- Jiménez, D. (2010). *Descripción Clínica y Anatomopatológica de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISA) en Salmón del Atlántico (Salmo salar) Naturalmente Infeccionados*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Jorgensen, S., & Vollenweider, R. (1988). Guidelines of Lake Management, Volume 1: Principles of Lake Management. *United Nations Environment Programme*.
- Kamjunke, N., Nimptsch, J., Harir, M., Herzsprung, P., Schmitt-Kopplin, P., Nev, T., . . . Hertkorn, N. (2017). *Land-based salmon aquacultures change the quality and bacterial degradation of riverine dissolved organic matter*. Scientific Reports.
- León-Muñoz, J. (2006). *Sinopsis de los impactos y la gestión ambiental en la salmonicultura chilena*. Chile: World Wildlife Fund.
- León-Muñoz, J., Tecklin, D., Fías, A., & Díaz, S. (2007). *Salmonicultura en los Lagos del Sur de Chile - Ecorregión Valdiviana. Historia, tendencias e impactos medioambientales*. Valdivia, Chile: WWF.
- Ley N°18.891. (1989). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Ley N°19.300. (1994). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Ley N°20.434. (2010). *Diario Oficial de la República de Chile*. Santiago, Chile.
- Luebert, F., & Pliscoff, P. (2005). *Sobre los límites del bosque valdiviano*. Chloris Chilensis Año 8 N°1.
- MAPAS de Chile. (2007). *Fauna: Región de Los Lagos*. Recuperado el 16 de Marzo de 2018, de <http://www.mapasdechile.com/fauna/index.htm>
- Medina, M., & Ramos, R. (2009). *Direcciones futuras de la ecotoxicología en Chile: Implicancias para la evaluación de riesgo ambiental de productos veterinarios utilizados en acuicultura*. Chile.
- Merleau-Ponty, M. (1975). *Fenomenología de la percepción*.
- Miranda, C. D., & Rojas, R. (2007). *Ocurrence of florfenicol resistance in bacteria associated with two Chilean salmon farms with different history of antibacterial usage*. Aquaculture, 266(1-4), 39-46. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.02.007.
- MOP. (2018). *Red Interlagos*. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Chile. Recuperado el 09 de Abril de 2018, de <http://www.vialidad.cl/proyectos/RedInterlagos/Paginas/CircuitosVialesTuristicos.aspx>

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- Morales, B., & Chávez, G. (2010). *Estimación de la carga de nutrientes procedentes de la cuenca de drenaje superficial del río Tepenaguasapa*. Nicaragua: Nexo Vol. 23, No. 01, pp. 18-26.
- Moreno, D., Quintero, J., & López, A. (2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*.
- Mühlhauser, H., & Vila, I. (1987). *Eutrofización, Impacto en ecosistema acuático montañoso*. Chile: Universidad de Chile.
- Navarro, N. (2014). *Aporte y transformaciones de diferentes fracciones de nitrógeno por la actividad acuícola en el río molco, cuenca del lago Villarrica*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Nieto, D., Norambuena, R., González, E., González, L., & Brett, D. (2010). *Sistemas de Producción de Smolts en Chile. Análisis de alternativas desde la perspectiva ambiental, sanitaria y económica*. Valdivia, Chile: WWF.
- Nürnberg, G. K. (1996). Trophic state of clear and colored, soft- and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia phytoplankton and fish. *Lake and Reservoir Management*, 432-447.
- ODEPA. (Agosto de 2018). *Región de Los Lagos, Información regional 2018*. Ministerio de Agricultura.
- OECD. (1982). *The OECD Cooperative Programm on Eutrophication*. Canada: Scientific Series NO. 131.
- Orrego, R. (2015). *Análisis del desarrollo de la producción de smolt: escenario productivo, calidad y normativa*. SalmonExpert. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de <https://www.salmonexpert.cl/article/an-aacute-lisis-del-desarrollo-de-la-producci-oacute-n-de-smolt-escenario-productivo-calidad-y-normativa/>
- Oyarzún, C., Campos, H., & Huber, A. (1997). *Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso del suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región)*. Valdivia, Chile.
- Palma, K. (2017). Lago Villarrica saturado: exceso de contaminantes pone en riesgo vida lacustre. *Diario Uchile*. Recuperado el 5 de Enero de 2018, de <https://radio.uchile.cl/2017/12/31/lago-villarrica-saturado-exceso-de-contaminantes-pone-en-riesgo-vida-lacustre/>
- Peralta, G. (1991). *Historia Económica y Urbana de Osorno*. Osorno: Impresur Ediciones.
- Pinto, F., & Furci, G. (2006). *Salmón tipo Piraña: Tasa de conversión en la industria salmonera chilena*. Fundación Terram, Análisis de Políticas Públicas.
- Ramírez, C., & San Martín, C. (2008). *Ecosistemas Dulceacuícolas*. Santiago, Chile.
- Rodger, M. (S/A). *Curso de: Salmonicultura*. Universidad Austral de Chile.
- Salgado, R. R. (2005). *Análisis del desarrollo de la salmonicultura chilena*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- SalmonChile. (2017). *Historia en Chile*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de <http://www.salmonchile.cl/es/historia-en-chile.php#1974-1990>
- SalmonChile. (2017). *Producción*. Recuperado el 02 de Octubre de 2017, de <http://www.salmonchile.cl/es/produccion.php>
- SalmonChile. (2017). *Socios*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de <http://www.salmonchile.cl/es/socios.php>
- SalmonExpert. (2015). *Producción de Juveniles de Salmónidos*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.salmonexpert.cl/noticias/produccion-de-juveniles-de-salmnidos/>
- Sandoval, C., Paredes, E., Ulloa, M., Gutiérrez, X., Muñoz, G., & Arcos, C. (2015). *Toxicología Acuática en Peces*. Chile.
- Schmidt, A., Bruun, M., Dalsgaard, I., Pedersen, K., & Larsen, J. (2000). *Ocurrence of antimicrobial resistance in Fish-Pathogenic and enviromental bacteria associated with four danish rainbow trout farms*.
- Sepúlveda, M., Arismendi, I., Soto, D., Jara, F., & Farias, F. (2013). *Escaped farmed salmon and trout in Chile: Incidence, ipacts and the need for an ecosystem view*. *Aquaculture Enviroment Interactions*, 4(3), 273-283. doi:10.3354/aei00089.
- SERNAGEOMIN. (2003). *Mapa Geológico de Chile: Versión Digital*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- SERNAPESCA. (2012). *Fichas Ícticas de Especies para la Pesca Recreativa en Chile, Parte 2: Especies Dulceacuícolas*.
- SERNAPESCA. (2013). *Registro Nacional de Acuicultura*. Recuperado el 05 de Julio de 2017, de [http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=77&Itemid=201](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=77&Itemid=201)
- SERNAPESCA. (2017). *Informe sobre uso de Antrimicrobianos por la Salmonicultura nacional, año 2016*. Valparaíso: Subdirección de Acuicultura, Departamento de Salud animal.
- Servicio Nacional de Aduana. (2016). *Reporte Estadísticos de Comercio Exterior*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de <https://www.aduana.cl/anuarios-compendios-y-reportes-estadisticos/aduana/2016-09-20/165452.html>
- SII. (2016). *Estadísticas de Empresas por Rubro Económico*. Servicio de Impuestos Internos, Chile. Recuperado el 22 de Abril de 2018, de [http://www.sii.cl/estadisticas/empresas\\_rubro.htm](http://www.sii.cl/estadisticas/empresas_rubro.htm)
- Skretting. (2015). *Skretting Informa* (25 ed.).
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). *Eutrophication: Impacts of excess utrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems* (100 ed.). USA: Enviromental Pollution.

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

- Soto, D. (2002). *Oligotrophic patterns in southern Chilean lakes: the relevance of nutrients and mixing depth*. Puerto Montt, Chile: Revista Chilena de Historia Natural.
- Soto, D., Arismendi, I., González, J., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C., Laras, A. (2006). *Southern Chile, trout and salmon country: Invasión patterns and threats for native species*. Chile: Revista Chilena de Historia Natural.
- SUBPESCA. (2017). *Especies Hidrobiológicas*. Recuperado el 05 de Julio de 2017, de <http://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyname-510.html>
- Ugarte, P. (2003). *Derecho de aprovechamiento de aguas. Análisis histórico, extensión y alcance en la legislación vigente*. Chile: Universidad de Chile.
- Universidad Austral de Chile. (2009). *Diagnóstico de la Calidad de las Aguas del Lago Villarrica*. Chile.
- Valera, S., & Enriq, P. (1994). El concepto de identidad social urbana: Una aproximación entre la psicología social y la psicología ambiental. *Anuario de Psicología*, 5-24.
- Valera, S., Enriq, P., & Vidal, T. (2002). Elementos básicos de psicología ambiental.
- Vollenweider, R. A. (1976). *Advances indefining critical loadings levels for phosphorus in lake eutrophication*. Mem. Inst. Ital. Hidrobiol., 33:58 - 83.

8. Anexos

8.1 Anexo N°1 Centros de Salmones de agua dulce en la Décima Región

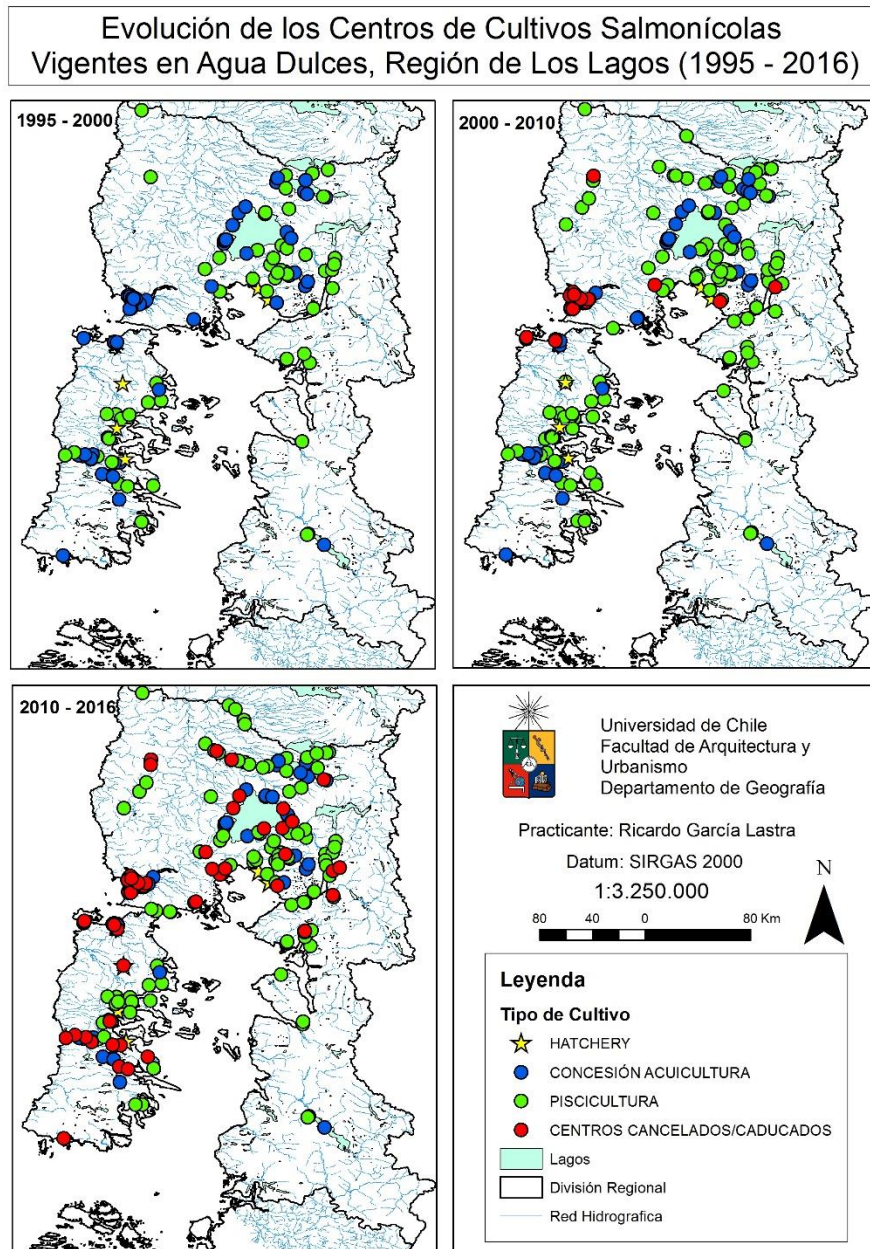


Figura 45: Cartografía de Evolución de los Centros de Cultivos en aguas dulces, Región de Los Lagos Fuente: Elaboración propia en base a los datos otorgados por SERNAPESCA mediante Solicitud de Información, 2017.

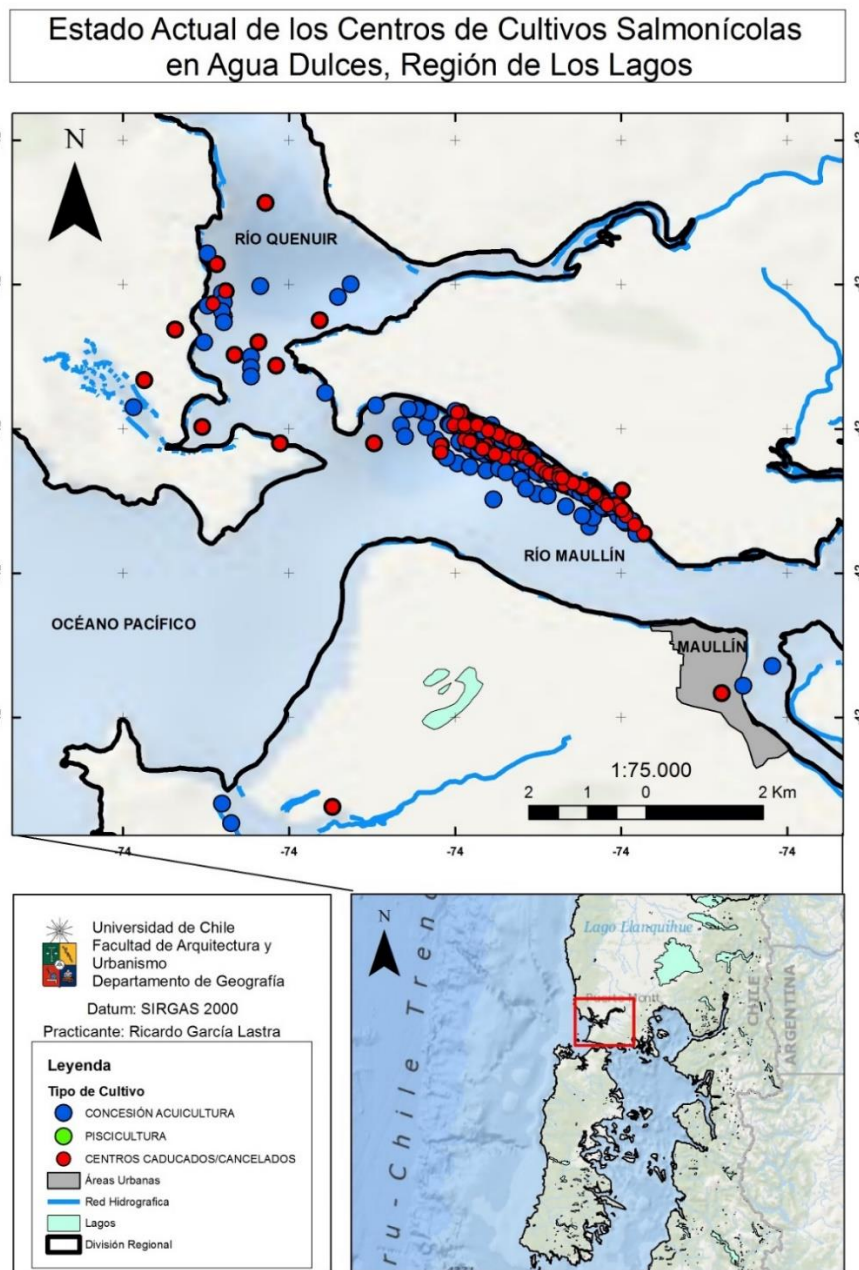


Figura 46: Cartografía del Estado Actual de los Centros de Cultivo con acercamiento a los estuarios de Maullín. Fuente: Elaboración propia en base a los datos otorgado por SERNAPESCA mediante Solicitud de Información, 2017.



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

### 8.2 Anexo N°2 Enfermedades de peces y mortalidad de las distintas instalaciones

Tipo de enfermedad	Enfermedad	Agente
Enfermedades Fúngicas	Saprolegniasis o fungosis	Saprolegnia sp.
Enfermedades Virales	Necrosis Pancreática Infecciosa (IPN)	Birnavirus Virus de la necrosis Pancreática
Enfermedades Bacterianas	Enfermedad bacteriana del riñón (BKD)	Renibacterium salmoninarum
	Enfermedad de la boca roja (ERM) o yersiniosis	Yersinia ruckeri
	Flavobacteriosis	Flavobacterium spp.
	Síndrome del alevín de trucha arcoíris (RTFS)	Flavobacterium solumnare Flavobacterium psychrophylum Flavobacterium branchiophylum
	Septicemia por Aweronomas móviles	Aeromonas hydrophila
	Septicemia Rickettsial del Salmón (SRS)	Psiscicickettsia salmonis
	Francisellosis	Franciscella salmonicida Franciscella piscicida
	Furunculosis altípica	Aeromonas salmonicida
Enfermedades Parasitarias	Ich	Ichthyophthirius multifiliis
	Afección por Hexamita	Hexamita
	Afección por protozoos ciliados	Chilodonella spp.
		Trichodina spp.
Ambiphria spp. Epistylus spp.		

Tabla 24: Enfermedades de peces en agua dulce (adaptado de FAO 2010). Fuente: (Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010)

Sistemas Productivos / Production Systems				
Mortalidad (% siembra) /	Lago	Estuario	Flujo Abierto	Recirculación
	*10,0 - 18,5	*4,2 - 10,0	*28,6	*5,0
* Las cifras están expresadas usando la coma como separador decimal.				

Tabla 25: Mortalidades obtenidas en distintos sistemas productivos. Fuente: Datos aportados por empresas participantes en el estudio en (Nieto, Norambuena, González, González, & Brett, 2010)

### 8.3 Anexo N°3 Respaldo metodológico de la investigación

Uso de suelo	Coeficiente de Nutrientes	
	N total	P total
Praderas y Matorral*	11,6	0,92
Bosques Nativos**	6,8	0,65
Plantaciones Forestales***	9	0,9
Terrenos Agrícolas**	11,3	0,94

Tabla 26: Coeficiente de exportación de nutrientes por uso de suelo. Fuente: Elaboración propia, 2018. \*Promedio entre Praderas y Matorrales de pradera (Campos, 1995), \*\*Basados en el estudio de Campos, 1995, \*\*\*Estimación mediante estudio de bosques y plantaciones de Cárdenas, 2007



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Fecha de la Imagen	Satélite	Código Imagen Satelital (Path/Row)
25-10-2000	Landsat 7 L1TP	233/88
01-02-2005	Landsat 5 L1TP	233/88
14-01-2010	Landsat 5 L1TP	233/88
11-10-2015	Landsat 8 L1TP	233/88

Tabla 27: Imágenes satelitales utilizadas para la fotointerpretación del uso de suelo. Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales obtenidas de Earth Resources Observation and Science Center, USGS, 2018. Las imágenes utilizadas fueron las que poseían menor % de nubosidad sobre la subcuenca del Rahue.

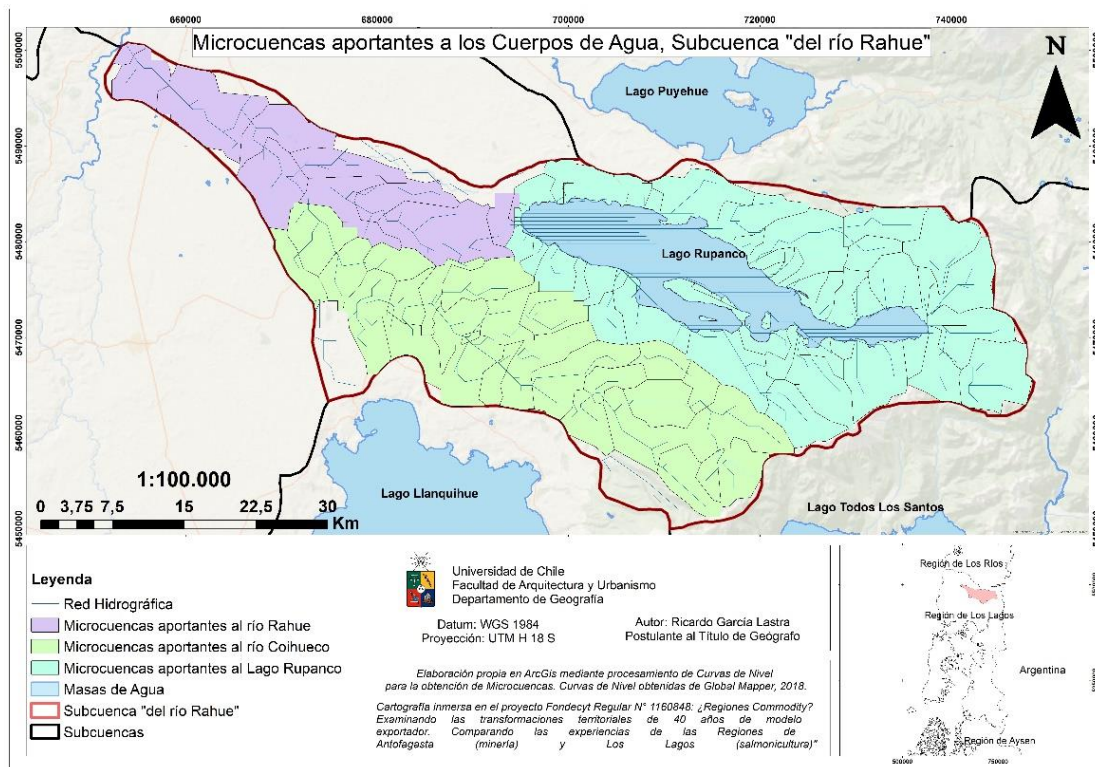


Figura 47: Cartografía de Microcuencas del área de estudio. Fuentes: Elaboración propia de acuerdo con las curvas de nivel obtenidas de GlobalMapper, 2018.

Seudónimo Entrevistad@	Localidad
Trabajador/a Públic@ 1	Osorno
Dirigent@ Organización 1	Osorno
Dirigent@ J.V. 1	Cancura
Habitante 1	Cancura
Médic@ local 1	Cancura
Dirigent@ J.V. 2	Pichil
Dirigent@ APR 1	Las Quemadas Altas
Dirigent@ J.V. 3	Las Quemadas Centro
Habitante 2	El Encanto
Guía 1	Entrelagos
Dirigent@ APR 2	Desagüe Rupanco
Guía 2	Entrelagos
Dirigent@ J.V. 4	Piedras Negras
Médic@ local 2	Piedras Negras
Dirigent@ J.V. 5	Piedras Negras
Representante Empresa 1	Piedras Negras

Tabla 28: Entrevistad@s y su seudónimo en la investigación. Fuente: Elaboración propia, 2018

8.4 Anexo N°4 Cartografía de las estaciones de muestreo del Lago Rupanco en los estudios de Campos, 1995 y DGA, 2013

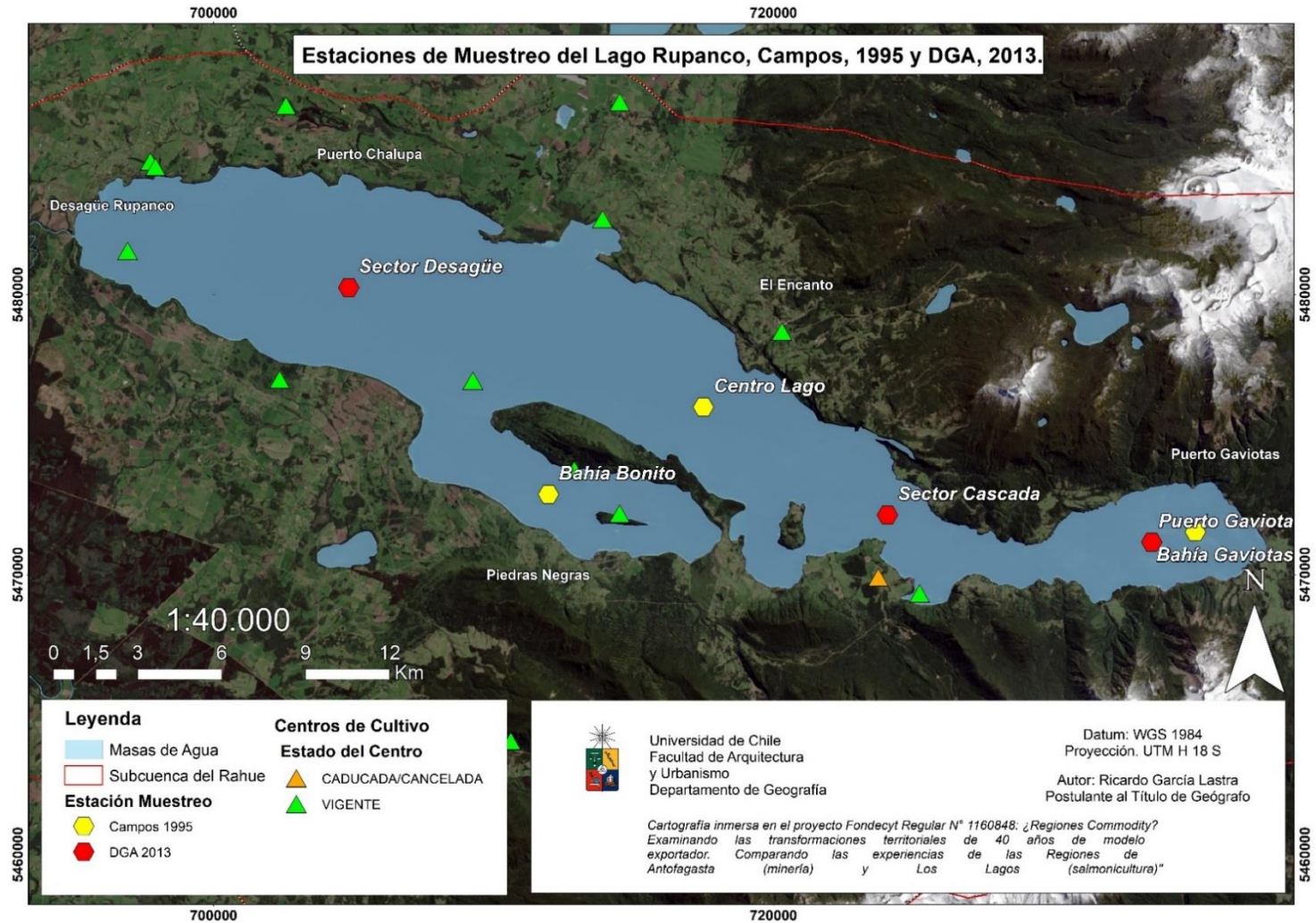


Figura 48: Cartografía de las estaciones de muestreo del Lago Rupanco en los estudios de Campos, 1995 y DGA, 2013. Fuente: Elaboración propia, 2018.

## 8.5 Anexo N°5 Cuerpo de la Encuesta



Proyecto Fondecyt  
regular 116084

### Encuesta

#### Usos y Percepción del estado del agua en la

#### Sub cuenca del Rahue, Región de los Lagos

Estimado/a participante, para rellenar la siguiente encuesta por favor tenga en consideración los siguientes puntos:

1. Para seleccionar la opción adecuada, marque con una X en el espacio correspondiente, a menos que se diga lo contrario.
2. Seleccione solo una respuesta, a menos que se indique lo contrario.

Localidad:

#### I. ANTECEDENTES GENERALES

1) ¿Desde cuándo vive en la localidad?

3) Pueblo originario (Si es que se identifica con )

4) Organización (Si es que pertenece a una)

#### II. USOS Y PERCEPCIÓN GENERAL DEL AGUA

6) ¿De dónde obtienen el agua que utilizan en su hogar? (Puede marcar más de una opción)

Comité Agua Potable Rural	<input type="checkbox"/>
Sanitaria	<input type="checkbox"/>
Pozo	<input type="checkbox"/>
Río/Quebrada/Estero	<input type="checkbox"/>
Lago	<input type="checkbox"/>
Vertiente	<input type="checkbox"/>
Otro (Especificar): <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

7) De las fuentes de agua que utiliza en su hogar, ¿usted la utiliza para beber?:

Si \_\_\_/ No \_\_\_/ Depende de la Fuente \_\_\_

7.1) Si responde **Depende de la Fuente**, ¿De cuál fuente NO bebe? (Puede marcar más de una opción)

Comité Agua Potable Rural	<input type="checkbox"/>
Sanitaria	<input type="checkbox"/>
Pozo	<input type="checkbox"/>
Río/Quebrada/Estero	<input type="checkbox"/>
Lago	<input type="checkbox"/>
Vertiente	<input type="checkbox"/>
Otro (Especificar): <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

8) ¿Usted utiliza alguno de los siguientes métodos para tratar o consumir el agua? (Puede marcar más de una opción)

Hervirla para consumir	
Filtro de agua en la llave	
Jarro con filtro	
Compra de Bidón/ Botellas de Agua	
Ninguna	
Otra (Especificar) _____	

7.2) Si respondió NO, Depende de la Fuente en la pregunta x) o Utiliza algún método para tratar o consumir el agua, responda: ¿A qué motivo se debe? (Puede marcar más de una opción)

Seguridad por salud	
Contaminación	
Costumbre	
Creencia cultural	
Ninguna	
Otra (Especificar) _____	

9) ¿Usted posee o trabaja con Jardín, Cultivo o Huerto que riegue con frecuencia?

SI \_\_\_/ No \_\_\_

9.1) Si responde SI, ¿Con qué fuente de agua la riega?

Comité Agua Potable Rural	
Sanitaria	
Pozo	
Río/Quebrada/Estero	
Lago	
Vertiente	
Otro (Especificar) _____	

9.2) ¿Ha visto algún cambio en el jardín, cultivo o huerto con el que trabaja o se dedica en los últimos 5, 10 o 20 años?

SI \_\_\_/ No \_\_\_

9.2.1) Si responde SI a la pregunta anterior, ¿Cuáles? (Escriba en el recuadro de abajo)

III. PATRONES DE CAMBIO EN LA PERCEPCIÓN DEL AGUA

12) ¿Ha notado algún **cambio** en la fuente del agua en el hogar en los últimos 20 años de acuerdo con las siguientes características?

Características	Ha mejorado	Ha empeorado	No ha cambiado
Calidad del agua			
Continuidad del servicio			
Presión			
Otra: (Especifique) _____			

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

13) ¿Ha notado algún cambio en el agua de ríos, quebradas, lagos o pozos **cercanos a su hogar** en los últimos 20 años de acuerdo con las siguientes características?

Características	Ríos / Quebradas/Esteros			Lagos			Pozo		
	Ha mejorado	Ha empeorado	No ha cambiado	Ha mejorado	Ha empeorado	No ha cambiado	Ha mejorado	Ha empeorado	No ha cambiado
Calidad del agua									
Cantidad del agua									
Presencia de Flora ribereña									
Presencia de Fauna									

14) Solo si ha notado algún **Cambio** en la **Calidad del Agua** en los últimos 20 años, ¿En qué atributos cree usted que ha cambiado? *(Puede marcar más de una opción)*

Atributo	Agua del Hogar	Agua de Ríos/Quebradas/Esteros	Agua de Lagos	Agua de Pozo
Sabor				
Olor				
Transparencia o Claridad				
Otro: (Especifique)				

16) ¿Usted considera que la localidad tiene un problema de **Calidad de Agua**?

Si	
No	

16.1) Si responde **SI**, ¿Desde cuándo?

1990 – 2000	
2000 – 2005	
2005 – 2010	
2010 – Actualidad	

17) ¿Usted considera que la localidad tiene un problema de **Falta de Agua**?

Si	
No	

17.1) Si responde **SI**, ¿Desde cuándo?

1990 – 2000	
2000 – 2005	
2005 – 2010	
2010 – Actualidad	

18) Si respondió **SI** a las preguntas 16 y/o 17). Según usted, ¿Cuál es la razón del problema? *(Puede marcar más de una opción)*

Razones	Calidad de Agua	Falta del Agua
Uso de aguas por actividades Agrícolas/Ganaderas		
Uso de aguas por actividades Turísticas o Humanas		
Uso de aguas por actividades de Industria (Lácteos, Áridos, Pisciculturas, Hidroeléctrica etc...)		
Condiciones Climáticas		
Otra: (Especifique) _____		
No Sabe		



18.1) Si respondió **Condiciones Climáticas** en la pregunta anterior, mencione cuales:

--

IV. PERCEPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES O AGENTES DE CAMBIO

19) Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra **Bueno, Malo o Neutro** de acuerdo con las siguientes afirmaciones.

Actividad	Efectos sobre la <b>calidad del agua</b>	Efectos sobre la <b>cantidad del agua</b>	No Reconoce actividad
Turismo			
Agricultura			
Ganadería			
Hidroeléctrica			
Piscicultura			
Extracción Áridos (Arena)			
Mataderos (Frigoríficos)			
Industrias Lácteas (Lecheras)			
Otras (Especifique)			
_____			
Otras (Especifique)			
_____			
Otras (Especifique)			
_____			

20) Según usted, ¿Cómo evaluaría la relación entre las comunidades locales y las pisciculturas?

Buena	
Mala	
No hay cambios	

21) Si considera que es Buena o que es Mala, señale las razones a continuación (Puede marcar más de una opción)

Buena Relación	Mala Relación
Empleo	Contaminación del Agua
	Contaminación Acústica
Progreso económico	Contaminación por Basura Industrial
Mayor Acceso a servicios (Luz, Agua, Transporte, etc.)	Mala convivencia con los vecinos
Mayor desarrollo vial	Mal trato laboral
Otra: (Especifique)	Otra: (Especifique)
_____	_____

22) Según su experiencia, mencione en el siguiente recuadro situaciones concretas que afecten o beneficien a la localidad por parte de la actividad Piscícola.

--

## 8.6 Anexo N°6 Cuerpo de Entrevista

### Pauta Entrevista

#### Primera Parte: Explicación Investigación e inducción hacia la entrevista.

#### Segunda Parte: Preguntas Generales

Localidad / Nombre, Labor o trabajo que realiza u Organización con el que se identifica (Si es que desea expresarlo) / Pueblo Originario (Si es que se identifica con una) / ¿Desde cuándo vive en el lugar?

#### Tercera Parte: Preguntas Específicas

##### I) Contexto

- a) ¿A qué se dedica la gente principalmente en esta localidad?
- b) Según usted, ¿Cuáles serían los beneficios que proporcionan las actividades productivas del lugar hacia la comunidad?

##### II) Percepción

- a) **¿Ha habido algún cambio en la calidad y cantidad de agua de los ríos, quebradas, esteros o lagos cercanos en los últimos 20 años?**
- b) **Si responde sí, ¿Cuáles son esos cambios?, (Si ha habido cambios de olor, transparencia, color o presencia de fauna y flora)**
- c) **Si responde sí, ¿Cuál cree que es la razón para dichos cambios de calidad y cantidad del agua?**
- d) Solo si dice haber detectado cambios, ¿Estos cambios han afectado su relación con el agua de ríos, quebradas, esteros o lagos, ya sea de manera recreativa, costumbre, pesca u otras actividades que realizaba con los cuerpos de agua?

##### III) Impactos Ambientales

- a) ¿Ha habido casos de impactos en el ambiente o en el agua por parte de las actividades productivas o industrias cercanas?
  - a.i) Si responde sí, ¿Cuáles son esos impactos?
- b) En caso de que no se haya mencionado, ¿Hay impactos directamente producidos por las pisciculturas?
- c) Si ha habido impactos en el agua, ¿Estos han afectado a la salud de las personas o la salud de los cultivos autogestionados o de predios?
- d) Según las preguntas anteriores, ¿Cómo cree que es la relación entre las comunidades y las actividades productivas?
  - d.i) ¿Y cómo es la relación con las pisciculturas?
- e) ¿Sabe qué medidas han tomado las diferentes comunidades frente a los conflictos ambientales generados por las actividades productivas y las Pisciculturas?



### 8.7 Anexo N°7 Consentimiento Informado para Entrevistas



#### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTAS

Yo \_\_\_\_\_ he sido invitado/a por el Dr. Beatriz Bustos G., profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, a participar en el proyecto Fondecyt Regular 1160848 denominado *“Regiones Commodity? Examinando las transformaciones territoriales de 40 años del modelo exportador. Comparando las experiencias de las regiones de Antofagasta (minería) y Los Lagos (salmonicultura)”*. Este es un proyecto de investigación científica que cuenta con el apoyo de FONDECYT y el Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. La duración del estudio es de 3 años.

Entiendo que el objetivo general de la investigación es identificar y caracterizar la magnitud y contradicciones que la implementación de modelos económicos basados en la comoditización de la naturaleza han producido durante los últimos 40 años en dos regiones de Chile – Antofagasta con la minería de cobre y Los Lagos con la salmonicultura, para lo cual se busca conocer sus impresiones y experiencias relacionadas con lo anterior. Razón por la cual, los testimonios de diferentes actores sociales son claves en el estudio de este fenómeno.

Entiendo que la entrevista puede tener una duración de entre 30 a 60 minutos se llevará a cabo en un lugar de mi preferencia y que ésta será grabada, filmada y/o fotografiada, solo bajo mi autorización explícita. De igual forma, entiendo que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial del equipo de investigación, que no serán tratadas de manera individual pues se busca rescatar una visión con sentido colectivo.

La información recolectada se ocupará exclusivamente para fines asociados a la presente investigación. Esta información será almacenada en formato digital en el Departamento de Geografía y estará bajo la custodia del Investigador Responsable, Prof. Investigador Sra. Bustos. Asimismo, mi identidad será conocida solamente por el/la investigador/a que me entreviste, ya que mis datos serán registrados bajo un pseudónimo.

De igual forma, entiendo que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido y de ninguna forma podrán ser identificadas mis respuestas, ni mis opiniones en la publicación de los resultados. Sin embargo, los diferentes resultados me podrán ser entregados si lo solicito por escrito directamente al Investigador Responsable. Comprendo que un potencial riesgo de participar es experimentar incomodidad ante preguntas planteadas, pero que puedo no responderlas o suspender la entrevista en cualquier momento. Comprendo que un posible beneficio de mi participación es contribuir a la comprensión de procesos y fenómenos que ocurren en mi región y comunidad.



Estoy consciente de que mi participación en la investigación no será remunerada. Comprendo que puedo hacer preguntas a los investigadores, además de tener la posibilidad de negarme a participar o a contestar a cualquier pregunta, así como retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin explicar la razón de mi decisión.

Finalmente, declaro ser mayor de edad (18 años), haber comprendido lo que se me pide y SI acepto participar voluntariamente del estudio *“Regiones Commodity? Examinando las transformaciones territoriales de 40 años del modelo exportador. Comparando las experiencias de las regiones de Antofagasta (minería) y Los Lagos (salmonicultura)”*, sin haber sido influenciado/a ni presionado/a por el equipo investigador, firmando este Consentimiento Informado en dos ejemplares idénticos, uno para quien firma y otro para el Investigador Responsable.

Firma participante

Firma Investigador

Fecha

Nota: Si tiene alguna pregunta o quiere conocer algún resultado, durante cualquier etapa del estudio, puede comunicarse con la Investigadora Responsable, Beatriz Bustos, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Portugal 84 Santiago. Fono (56-2) 9783025. Correo electrónico: [bibustos@uchilefau.cl](mailto:bibustos@uchilefau.cl).

Puede además presentar consultas o reclamos ante el organismo que autorizó el presente estudio, en cuyo caso contactarse con: Secretaria/o Ejecutiva/o del Comité de Evaluación Ético Científico. Dirección de Investigación y Desarrollo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Portugal 84, Santiago. Fono (56-2) 9783111. Correo electrónico: [investigacion@uchilefau.cl](mailto:investigacion@uchilefau.cl)

### 8.8 Anexo N°8 Características Geológicas

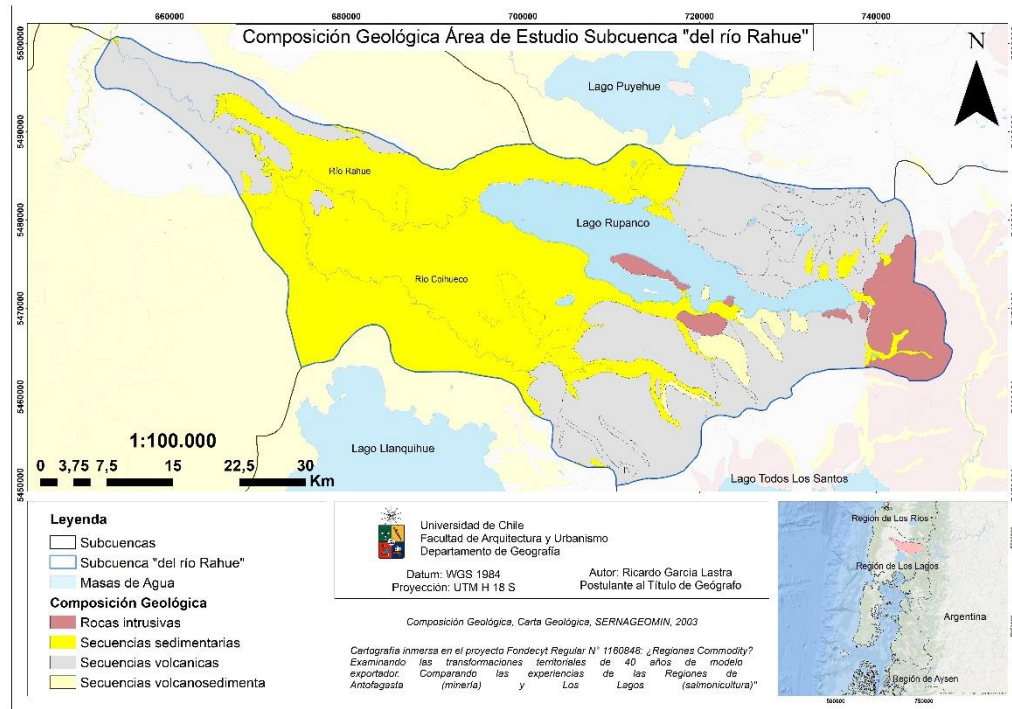


Figura 49: Cartografía de Composición Geológica 1 Subcuenca del Rahue. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAGEOMIN, 2003, 2018.

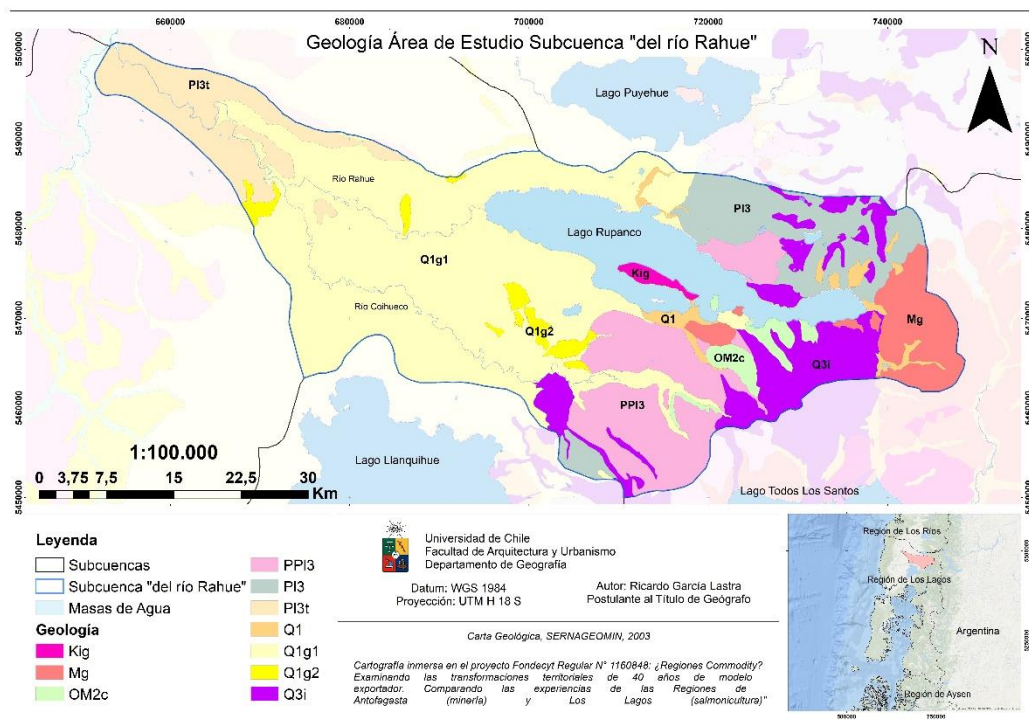


Figura 50: Cartografía de Composición Geológica 2 Subcuenca del Rahue. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAGEOMIN, 2003, 2018.

### 8.9 Anexo N°9 Características Lago Rupanco

Parámetros Morfométricos	
Altitud	118 m
Área Superficial	235 km <sup>2</sup>
Línea de Costa	125,2 km
Profundidad Máxima	274 m
Profundidad Media	163 m
Volumen	38 km <sup>3</sup>

Tabla 29: Parámetros morfométricos Lago Rupanco. Fuente: Elaboración propia en base a Campos et al., (1995)

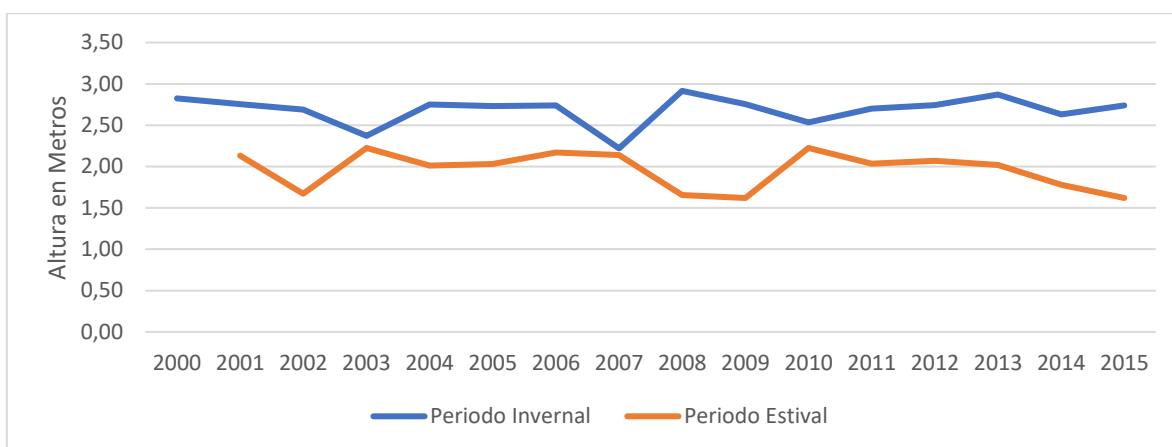


Figura 51: Gráfico Variación altura del Lago Rupanco 2000 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

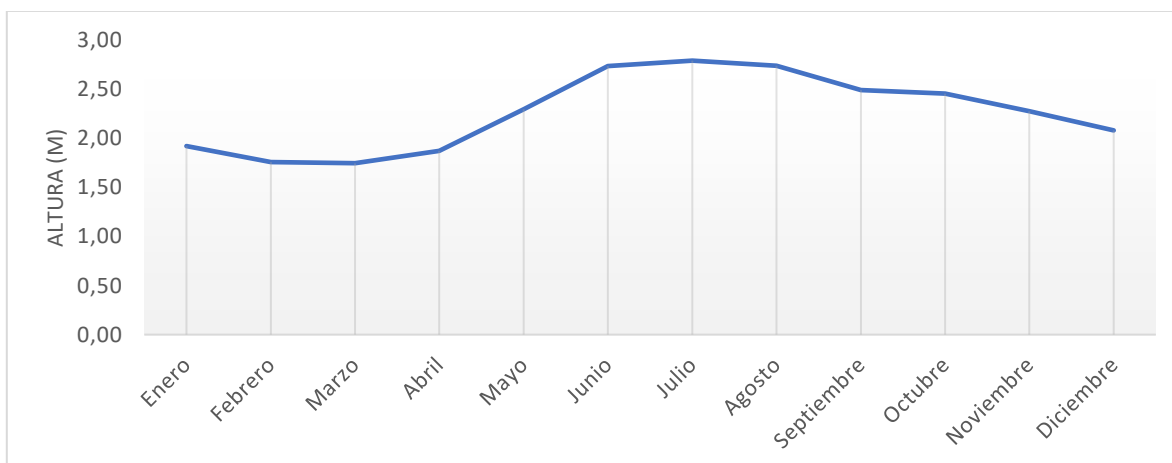


Figura 52: Gráfico Variación promedio mensual de la altura del Lago Rupanco (Promedio 2000 – 2015). Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

### 8.10 Anexo N°10 Características del Río Rahue y Coihueco

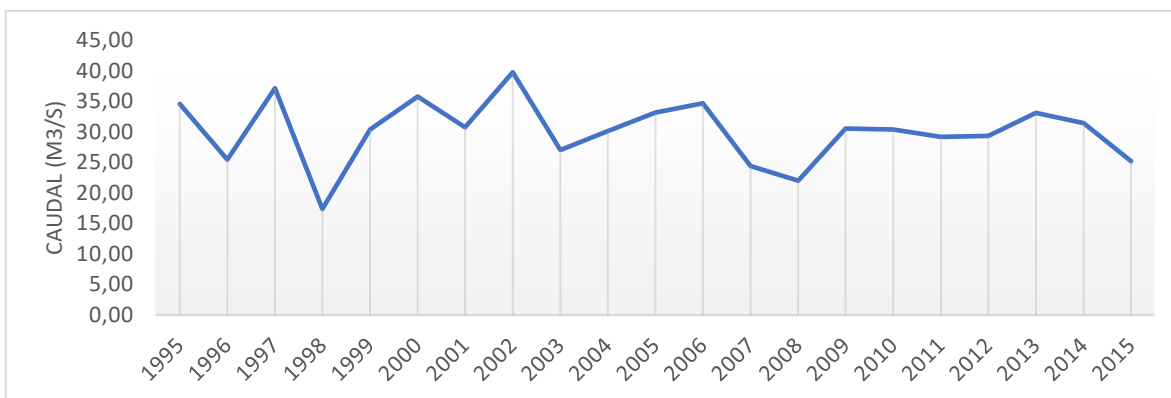


Figura 53: Gráfico Variación del caudal promedio anual Río Coihueco antes junta Pichicope 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

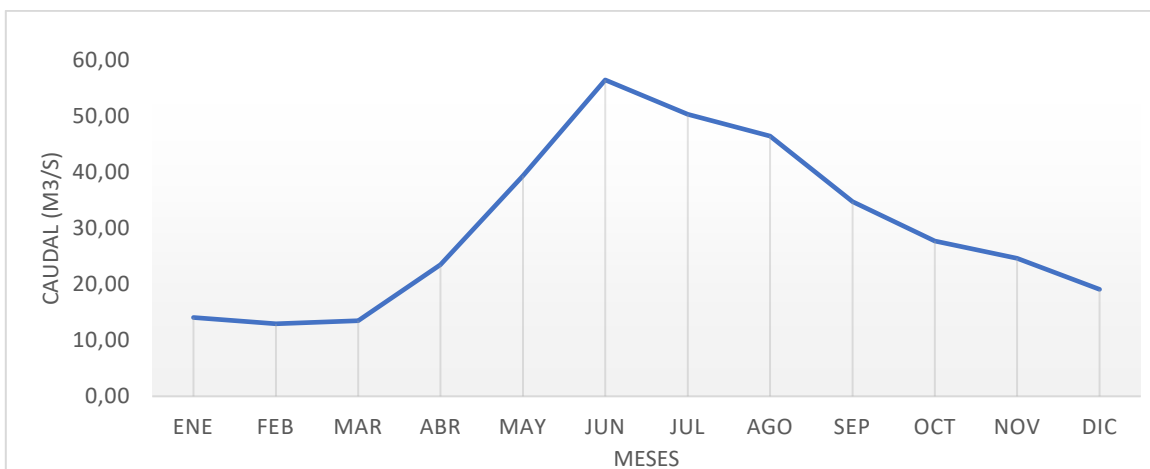


Figura 54: Gráfico Variación del caudal promedio mensual Río Coihueco antes junta Pichicope 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

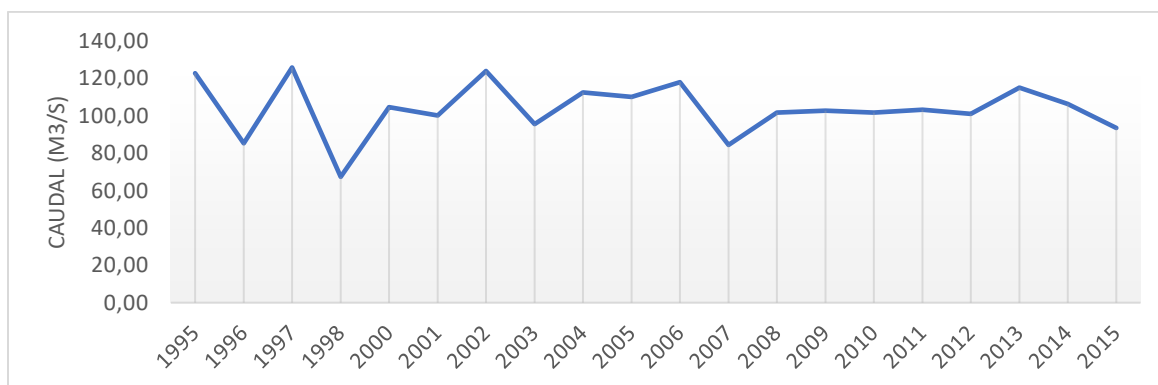


Figura 55: Gráfico Variación promedio anual del caudal Río Rahue en Desagüe Rupanco 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.



## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

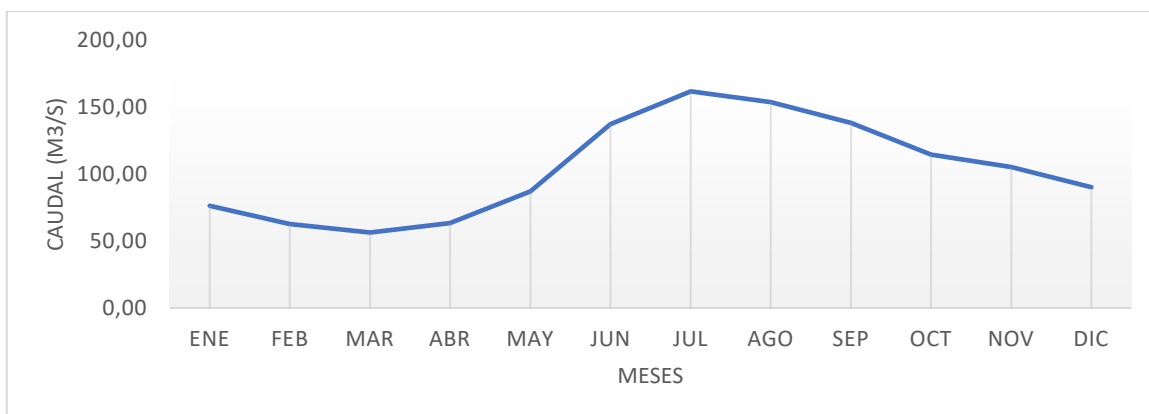


Figura 56: Gráfico Variación promedio mensual del caudal Río Rahue en Desagüe Rupanco 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

### 8.11 Anexo N°11 Características Climatológicas de la Subcuenca

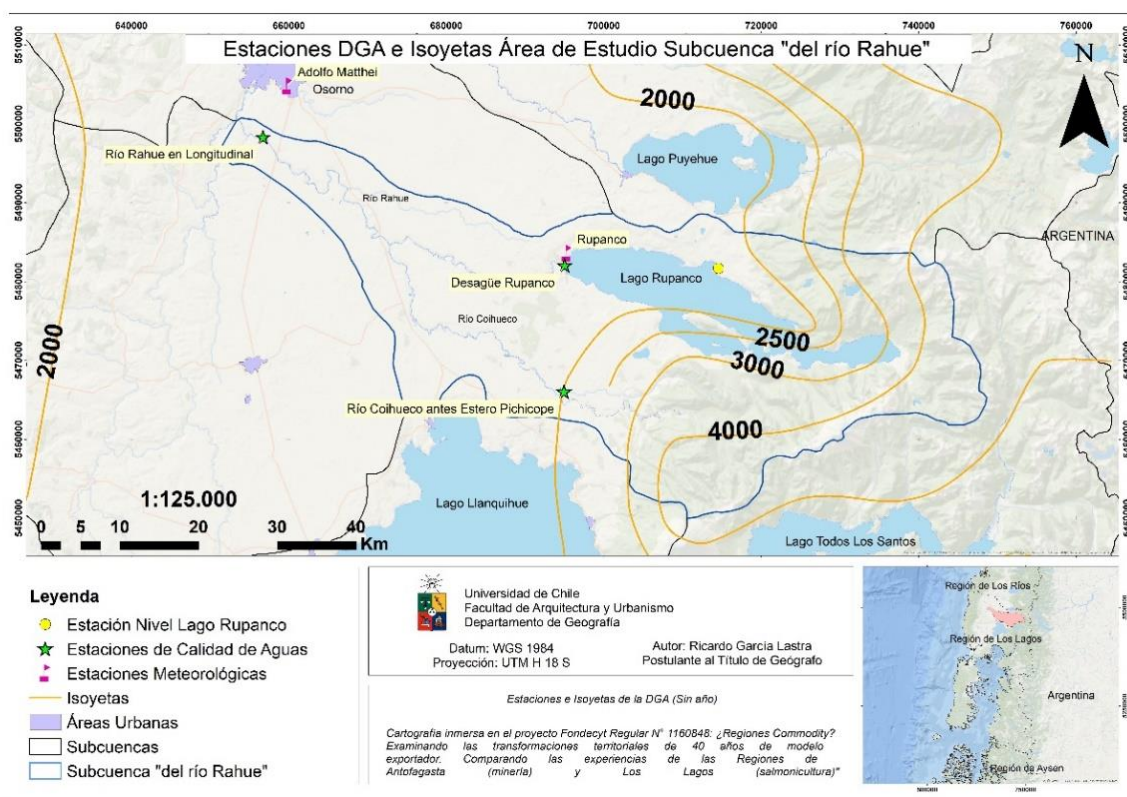


Figura 57: Cartografía de Estaciones de cuerpos de aguas e Isoyetas, DGA. Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la DGA, 2018.

# Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

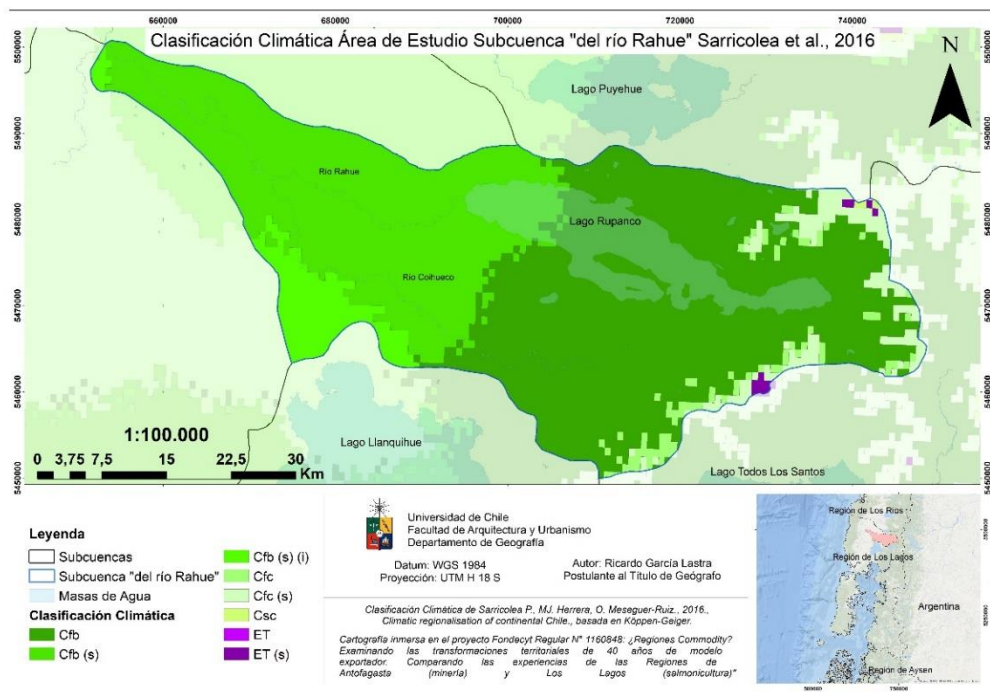


Figura 58: Cartografía de Clasificación Climática Subcuenca. Fuentes: Elaboración propia de acuerdo con diferentes autores e instituciones, 2018.

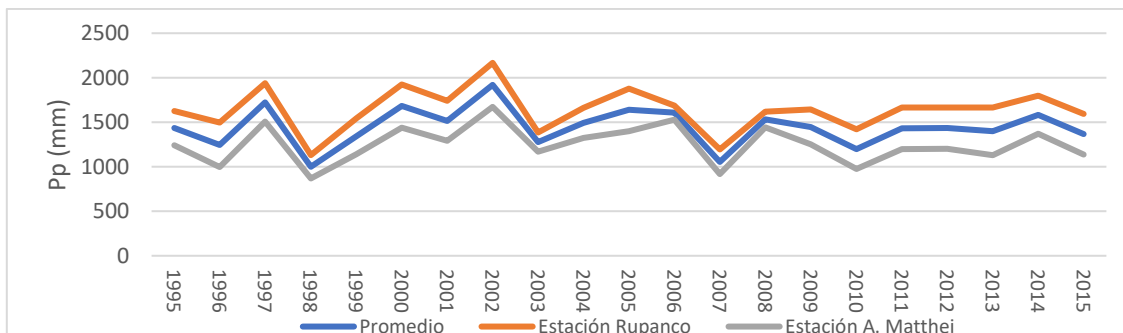


Figura 59: Gráfico Registro histórico de pp medias anual (1995 – 2015) para las estaciones Rupanco y A. Matthei. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

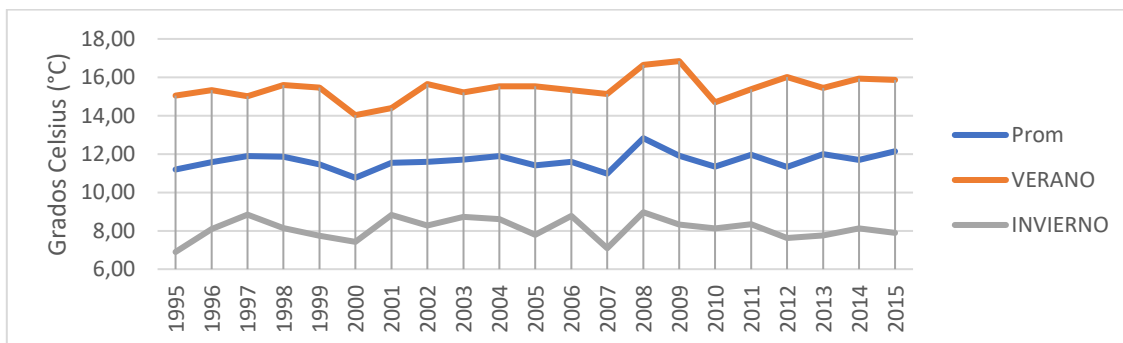


Figura 60: Gráfico Temperaturas promedio históricas (1995 – 2015) Estación Adolfo Matthei. Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las estaciones de la DGA, 2017.

### 8.12 Anexo N°12 Características de Vegetación de la Subcuenca

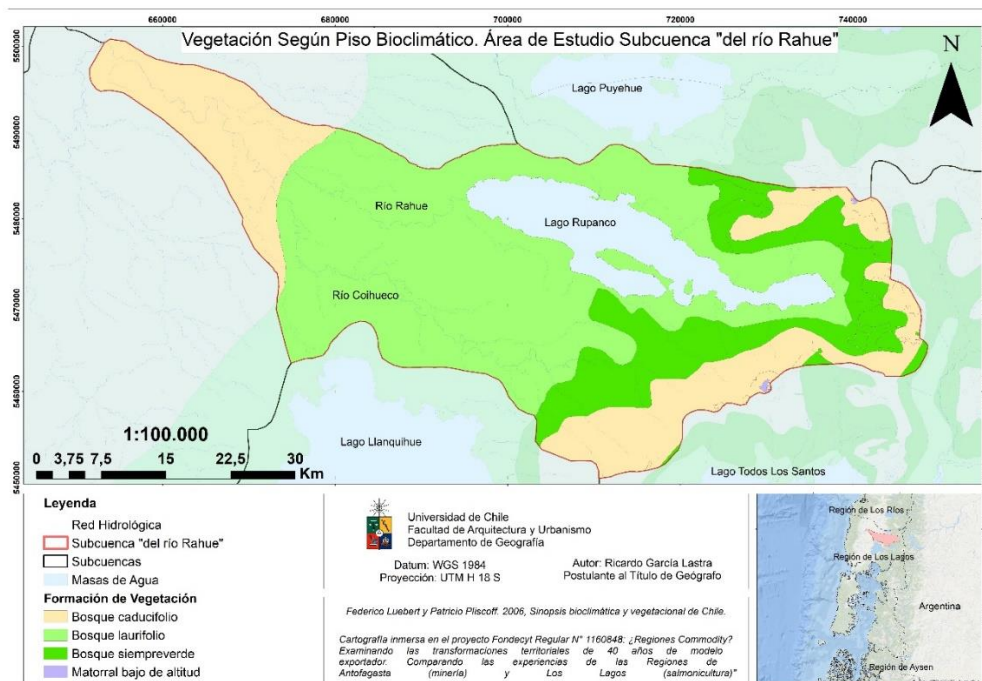


Figura 61: Cartografía de Pisos de Vegetación Subcuenca del Rahue. Fuentes: Elaboración propia de acuerdo con diferentes autores e instituciones, 2018.

PP media anual según ISOYETAS (DGA) para la Subcuenca "del Rahue"								
AÑOS	PP (mm) Estación Rupanco	Variación en % Estación rupanco	ISOYETA 2000 (mm)		ISOYETA 3000 (mm)		ISOYETA 4000 (mm)	
			Variación mm	PP estimada	Variación mm	PP estimada	Variación mm	PP estimada
1995	1626,9	-26,76	-535,12	1964,88	-802,67	2197,33	-1070,23	2929,77
1996	1495	-8,11	-162,15	2337,85	-243,22	2756,78	-324,30	3675,70
1997	1940,3	29,79	595,72	3095,72	893,58	3893,58	1191,44	5191,44
1998	1130,8	-41,72	-834,41	1665,59	-1251,61	1748,39	-1668,81	2331,19
1999	1544,6	36,59	731,87	3231,87	1097,81	4097,81	1463,74	5463,74
2000	1925,5	24,66	493,20	2993,20	739,80	3739,80	986,40	4986,40
2001	1739,3	-9,67	-193,40	2306,60	-290,11	2709,89	-386,81	3613,19
2002	2167,1	24,60	491,92	2991,92	737,88	3737,88	983,84	4983,84
2003	1386	-36,04	-720,87	1779,13	-1081,31	1918,69	-1441,74	2558,26
2004	1660,4	19,80	395,96	2895,96	593,94	3593,94	791,92	4791,92
2005	1878,3	13,12	262,47	2762,47	393,70	3393,70	524,93	4524,93
2006	1688,3	-10,12	-202,31	2297,69	-303,47	2696,53	-404,62	3595,38
2007	1193,1	-29,33	-586,63	1913,37	-879,94	2120,06	-1173,25	2826,75
2008	1619,2	35,71	714,27	3214,27	1071,41	4071,41	1428,55	5428,55
2009	1642,3	1,43	28,53	2528,53	42,80	3042,80	57,07	4057,07
2010	1420	-13,54	-270,72	2229,28	-406,08	2593,92	-541,44	3458,56
2011	1666,9	17,39	347,75	2847,75	521,62	3521,62	695,49	4695,49
2012	1666,1	-0,05	-0,96	2499,04	-1,44	2998,56	-1,92	3998,08
2013	1665,7	-0,02	-0,48	2499,52	-0,72	2999,28	-0,96	3999,04
2014	1798	7,94	158,85	2658,85	238,28	3238,28	317,70	4317,70
2015	1595,1	-11,28	-225,70	2274,30	-338,54	2661,46	-451,39	3548,61

Tabla 30: Resumen de PP medias anuales para las isoyetas 2000, 3000 y 4000, según estimación realizado de la estación pluviométrica Rupanco (Variación porcentual). Fuente: Elaboración propia, 2017.

### 8.13 Anexo N°13 Muestreo vertical del Pt, Nt, y Chl – a de las estaciones del Lago Rupanco, periodo 1994 -1995

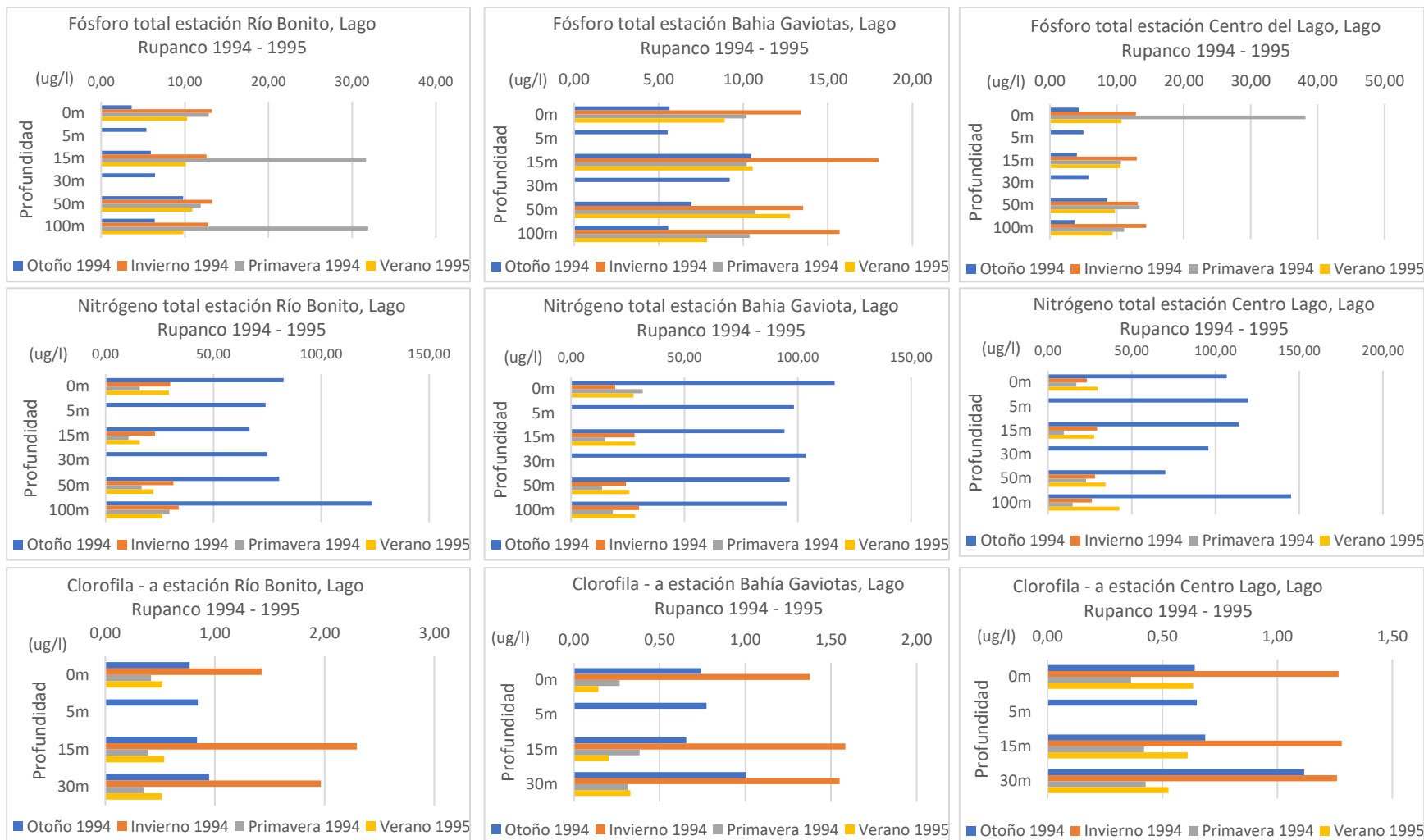


Figura 62 - 70: Gráficos de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila – a de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 1994-1995. Campos, 1995.



8.14 Anexo N°14 Comportamiento general de los Nutrientes y parámetros por estación de muestreo Estudio de Campos (1995)

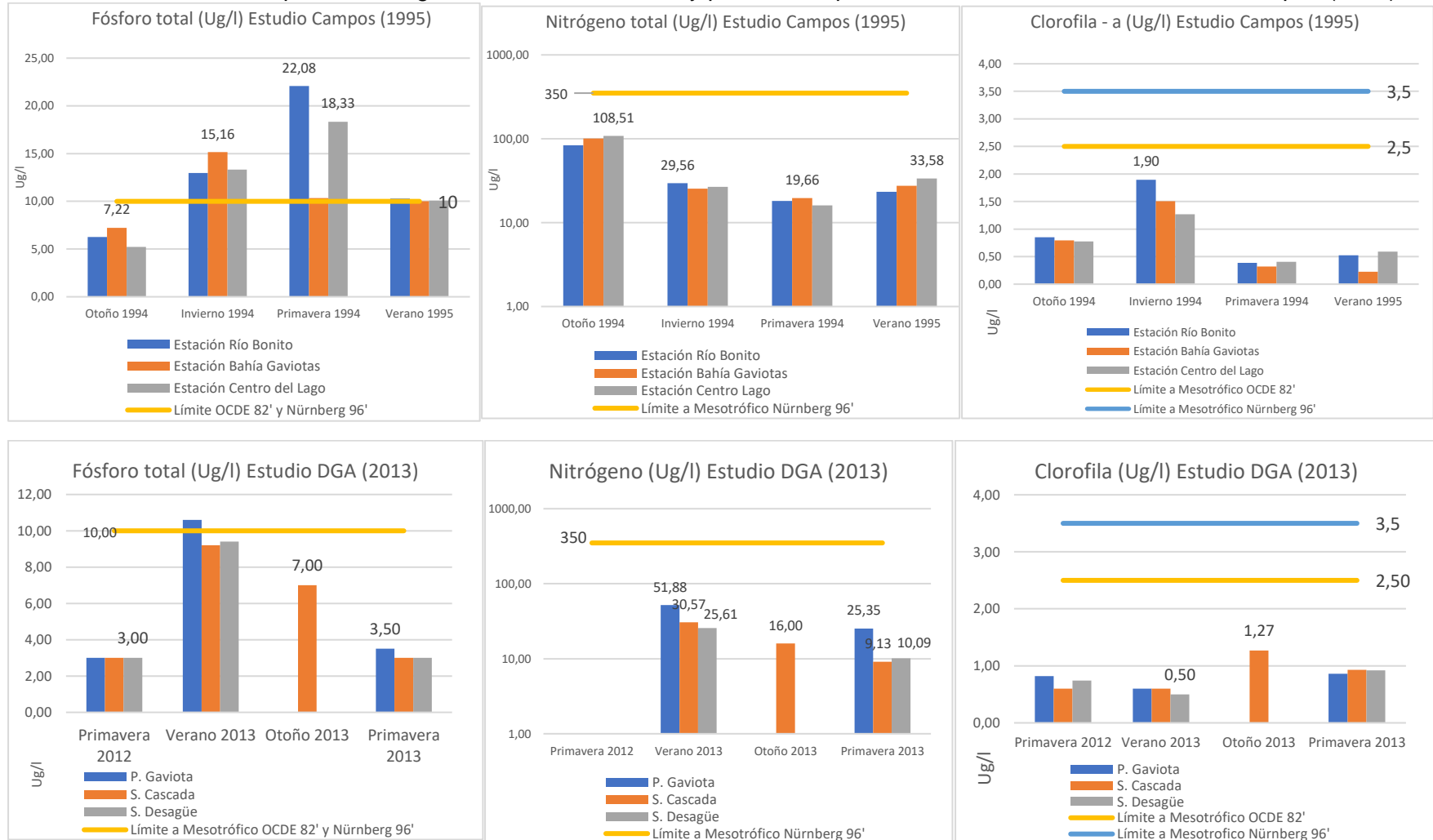


Figura 71 – 76: Comportamiento estacional de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila – a de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 1994-1995. Campos, 1995. Primavera del 2012 (DGA, 2013) sin datos muestreados.

8.15 Anexo N°15 Muestreo vertical del Pt, Nt y Chl - a de las estaciones del Lago Rupanco, periodo 2012- 2013

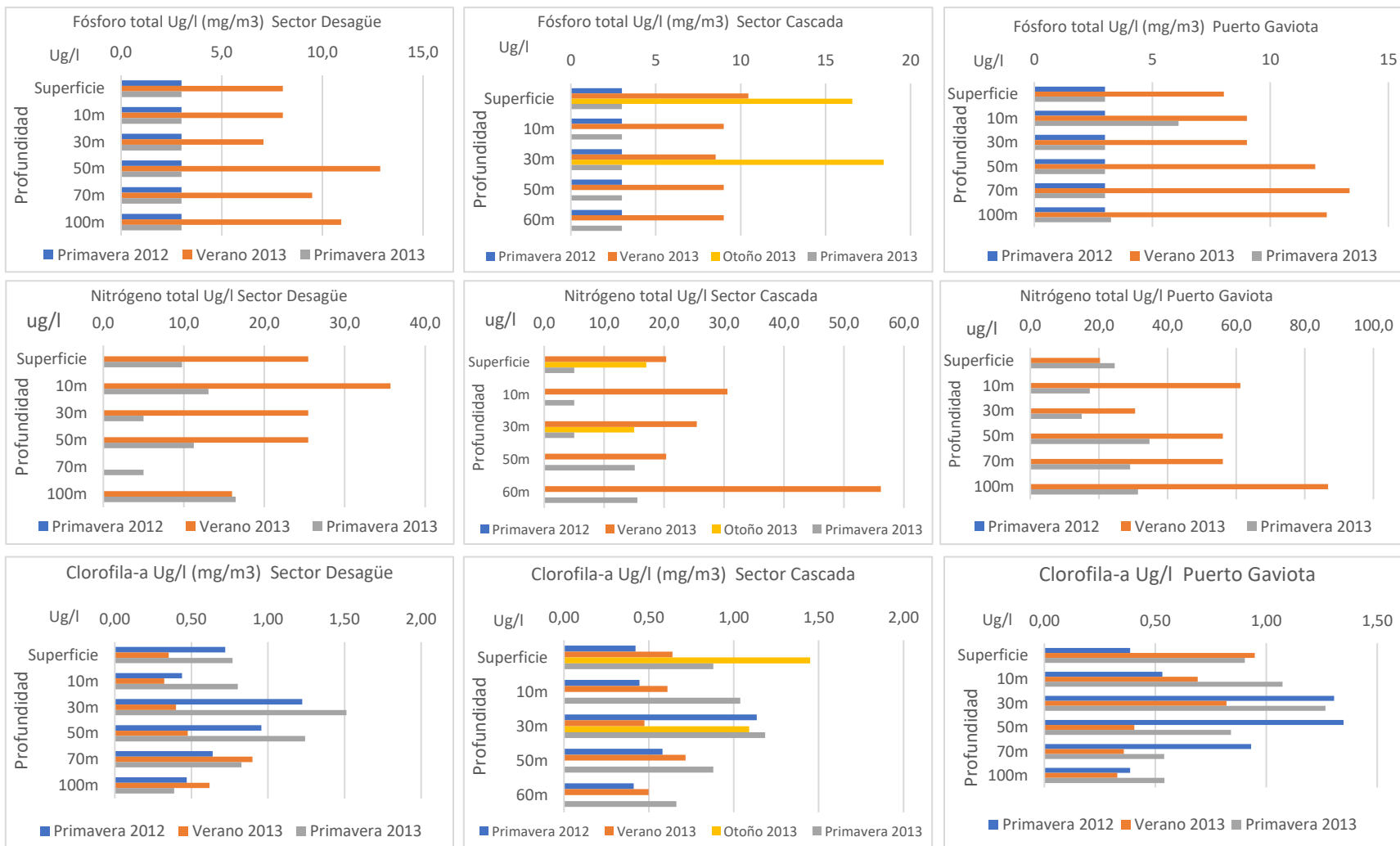


Figura 77 - 85: Gráficos de Nitrógeno total, Fósforo total y Clorofila - a de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, 2012-2013. DGA, 2013.

8.16 Anexo N°16 Comportamiento de otras variables para el muestreo de las estaciones del Lago Rupanco, 2012 - 2013

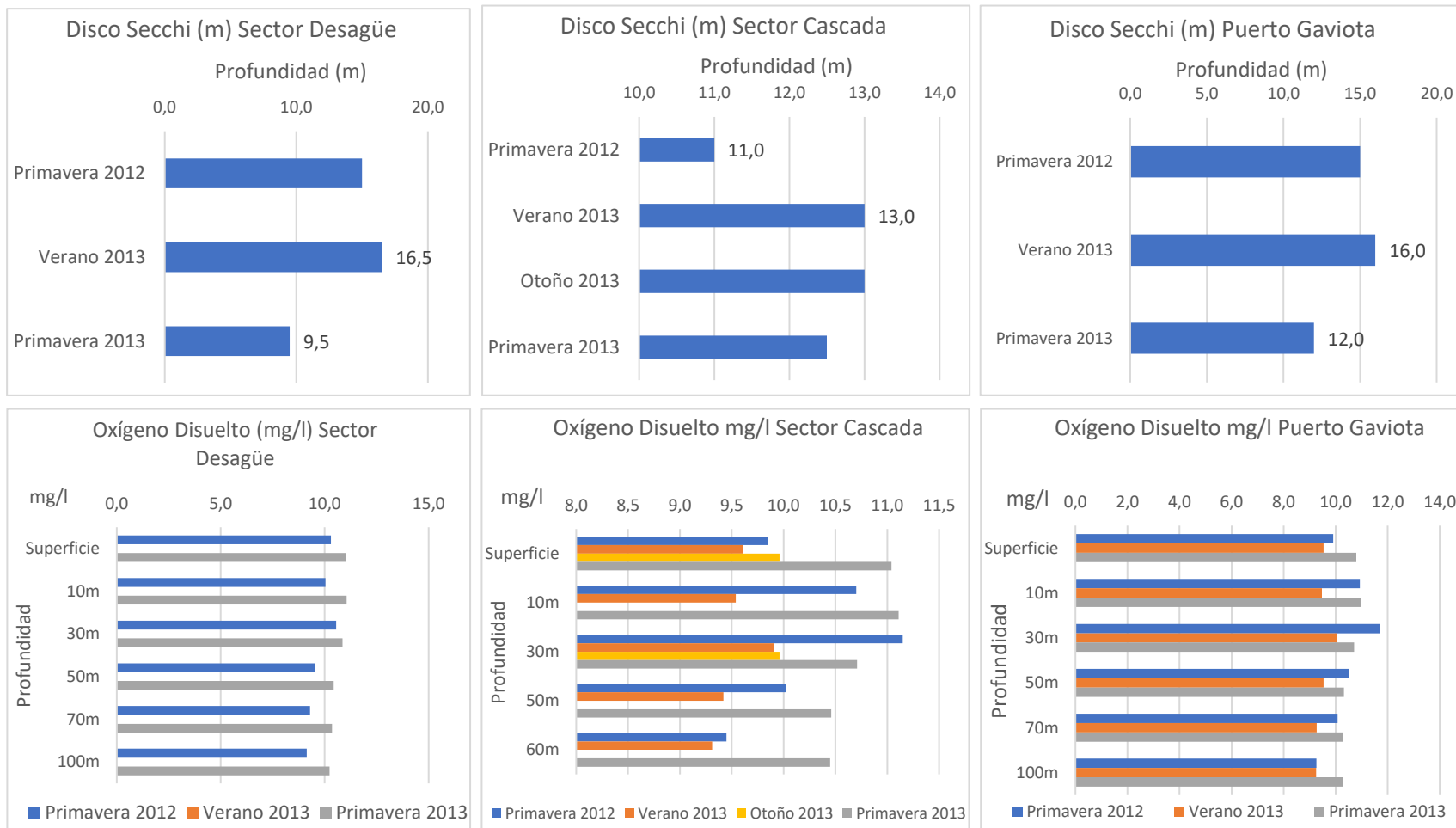


Figura 86 - 9163: Gráficos del comportamiento del Disco de Secchi y el Oxígeno Disuelto para las estaciones de muestreo en el Lago Rupanco, 2012-2013, DGA, 2013.

8.17 Anexo N°17 pH del lago Rupanco, DGA (2013)

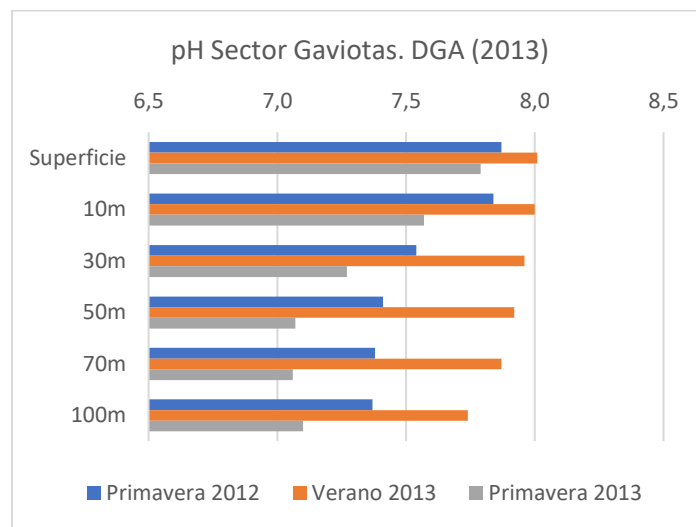
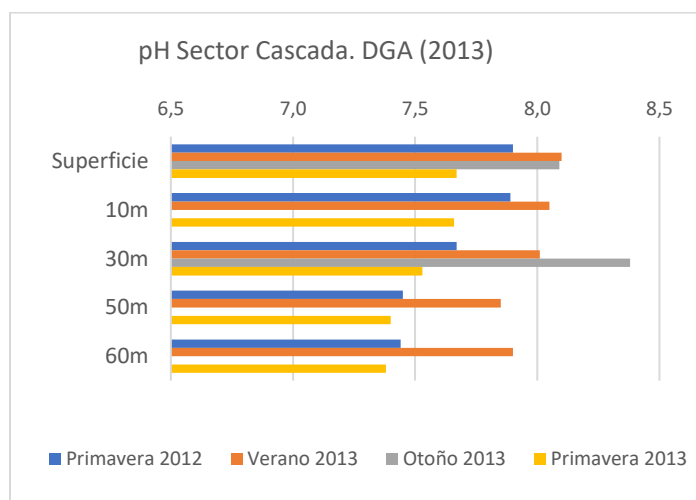
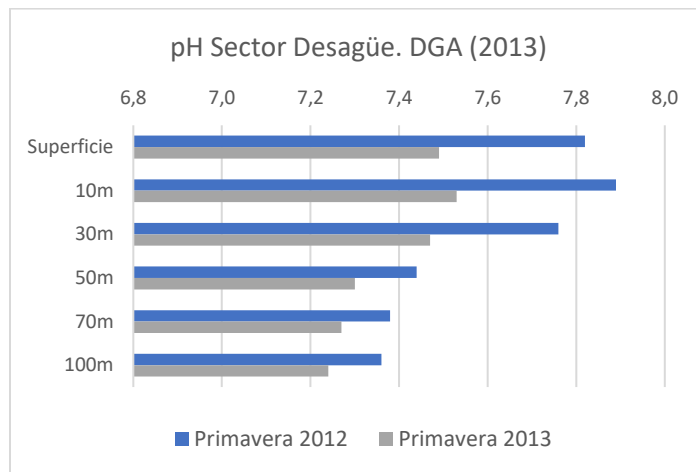


Figura 92 – 94: pH de las Estaciones de muestreo del Lago Rupanco, DGA, 2013.

Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

8.18 Anexo N°18 Comportamiento de otras variables de los ríos Rahue y Coihueco

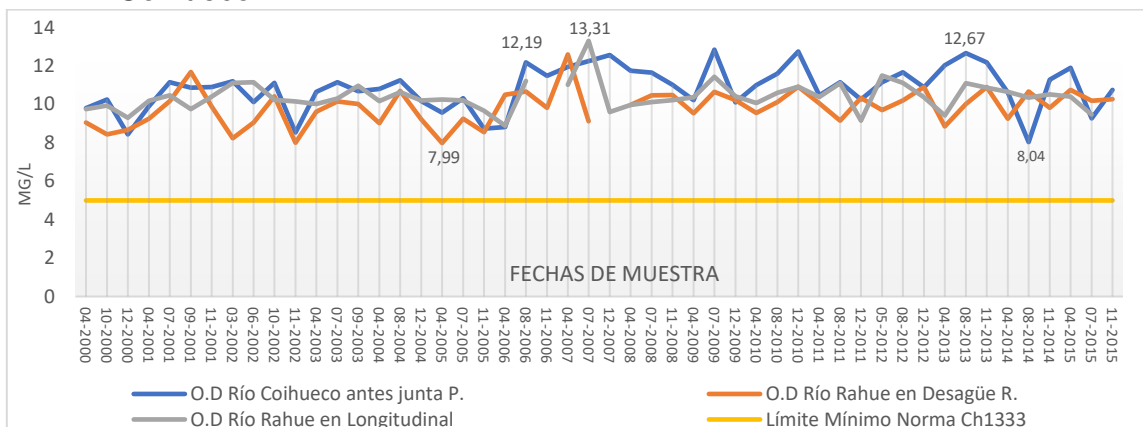


Figura 9564: Gráfico de evolución del Oxígeno Disuelto en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015) Fuente: Elaboración propia, 2018.

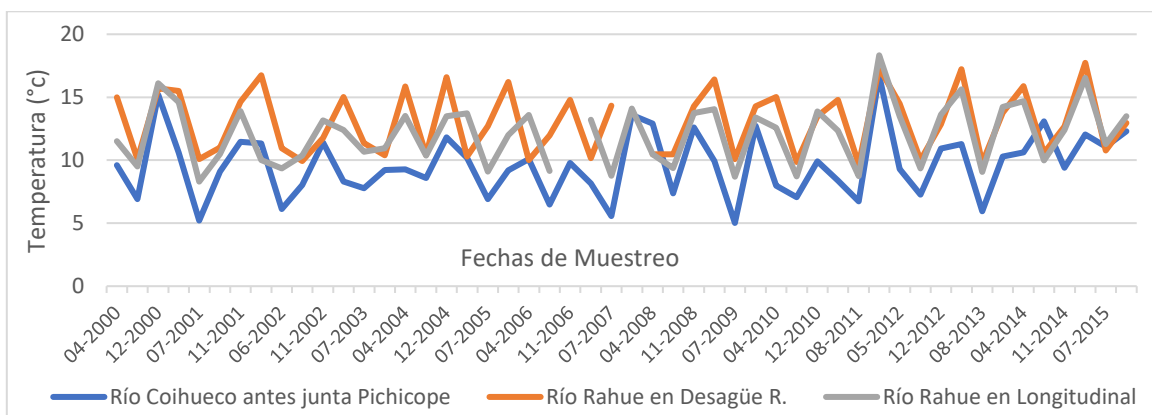


Figura 96: Gráfico de evolución de la temperatura en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015). Fuente: Elaboración propia, 2018.

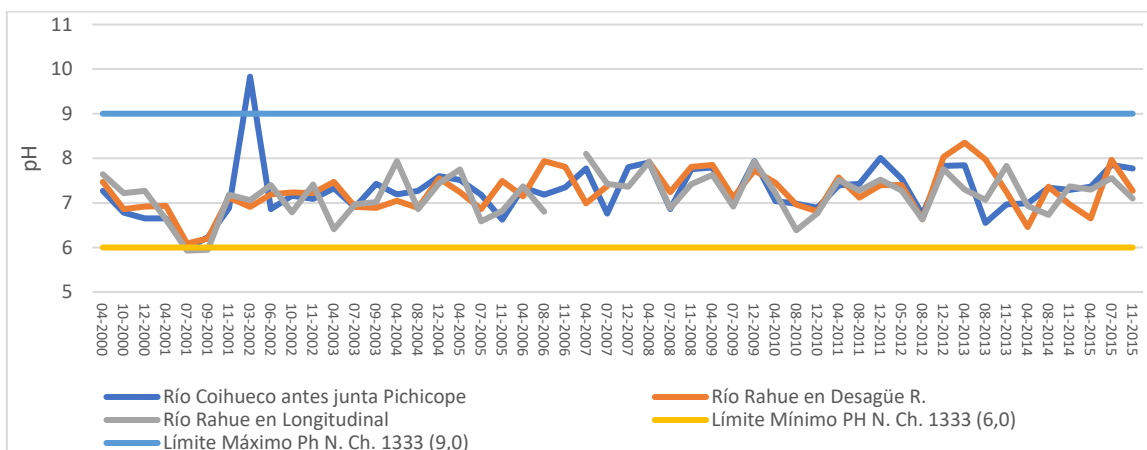


Figura 97: Gráfico de evolución del pH en los ríos de la Subcuenca del Rahue (2000 – 2015). Fuente: Elaboración propia, 2018.

8.19 Anexo N°19 Resumen de Ingresos de Nutrientes a los Cuerpos de Agua de la Subcuenca del Rahue y participación según su fuente, 1995 – 2015.

Ingreso de Nutrientes por Cuerpo de Agua	AÑOS																					
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Lago Ruparucu	N total [(Toneladas)]	1324,17	1453,71	1463,41	1471,08	1471,60	1442,03	1514,10	1472,49	1340,05	1605,12	1600,51	1462,81	1534,78	1278,17	1285,34	1365,65	1514,32	1405,54	1331,63	1386,68	1295,37
	F total [(Toneladas)]	101,03	122,29	132,87	115,15	137,01	130,56	128,83	134,19	100,56	149,30	147,03	123,02	126,61	114,27	103,60	111,44	138,67	120,21	110,95	120,32	103,27
	N total mg/m2	3653,32	4177,79	4452,10	3991,66	4538,58	4392,51	4370,25	4485,22	3560,13	4819,83	4760,98	4164,17	4253,74	3972,11	3695,78	3884,28	4593,11	4119,73	3883,67	4123,66	3886,27
Río Rahue	F total mg/m2	400,84	472,97	517,98	440,38	533,41	509,01	497,26	520,89	390,39	555,35	556,07	477,69	484,21	463,29	418,95	440,56	538,24	472,98	442,68	475,54	414,43
	N total [(Toneladas)]																					
	Bajo norma DS 90 (Caso 1)	319,02	318,57	319,69	318,00	318,80	319,59	319,20	320,15	318,65	319,15	319,49	319,43	319,71	320,84	320,64	320,06	320,61	320,61	320,53	320,97	320,45
Río Conhueco	N total [(Toneladas)]	27,61	27,54	27,72	27,44	27,57	27,70	27,64	27,80	27,55	27,63	27,69	27,68	27,78	27,97	27,93	27,84	27,93	27,93	27,92	27,99	27,90
	F total [(Toneladas)]																					
	Bajo norma DS 90 (Caso 1)	319,02	318,57	319,69	318,00	318,80	319,59	319,20	320,15	319,57	327,24	346,42	344,15	439,84	444,81	487,74	497,38	658,18	609,86	555,46	716,71	575,56
Río Conhueco	F total [(Toneladas)]	27,61	27,54	27,72	27,44	27,57	27,70	27,64	27,80	27,63	28,63	31,10	31,57	43,81	44,76	44,10	50,84	72,13	65,93	59,08	79,79	63,17
	N total [(Toneladas)]																					
	Bajo norma DS 90 (Caso 1)	533,32	540,83	540,53	541,08	540,80	536,19	537,38	537,46	538,59	538,44	538,13	538,61	539,93	527,29	527,28	527,45	527,29	527,30	527,50	527,41	527,54
Río Conhueco	F total [(Toneladas)]																					
	Bajo norma DS 90 (Caso 1)	46,45	47,42	47,37	47,46	47,41	46,62	46,98	46,98	47,23	47,20	47,15	47,65	47,70	47,27	47,27	47,29	47,27	47,27	47,28	47,27	47,29
	N total [(Toneladas)]	533,32	540,83	540,53	541,08	540,80	539,89	541,19	540,25	541,70	546,08	546,72	544,81	546,35	530,19	530,00	532,08	534,90	532,73	531,61	535,42	532,06
Río Conhueco	F total [(Toneladas)]																					
	Bajo norma DS 90 (Caso 2)	46,45	47,42	47,37	47,46	47,41	46,62	46,98	46,98	47,23	47,20	47,15	47,65	47,70	47,27	47,27	47,29	47,27	47,27	47,28	47,27	47,29
	N total [(Toneladas)]	46,45	47,42	47,37	47,46	47,41	47,30	47,47	47,34	47,51	48,07	48,01	48,20	48,41	47,53	47,50	47,77	48,13	47,85	47,70	48,18	47,76

Tabla 31: Resumen de Ingresos de Nutrientes a los Cuerpos de Agua de la Subcuenca del Rahue (1995 – 2015). Fuente: Elaboración propia, 2018.

Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Comparativa entre fuentes	Fuente	AÑOS																							
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
Lago Nupanco	Nitrogeno total	Desde Cuencas	39,82	36,09	36,10	35,65	35,66	36,39	34,65	35,63	38,26	31,94	32,02	35,05	33,41	40,60	40,08	36,00	34,27	36,92	38,97	37,37	40,06		
		Precipitación	10,12	11,40	15,84	7,38	16,43	15,36	10,77	15,04	8,82	13,29	12,61	11,10	8,45	18,80	14,34	11,46	13,81	12,77	13,48	13,90	12,38		
	Fósforo total	Desde Cuencas	20,05	26,66	26,66	27,54	27,55	26,38	29,81	27,82	20,60	33,72	33,59	27,20	30,59	17,64	17,07	22,91	30,49	25,11	20,93	24,19	18,72		
		Precipitación	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,33	0,40	0,40	0,37	0,34	0,36	0,38	0,37		
	Río Rahue	Nitrogeno total	Desde Cuencas	45,58	37,95	34,93	40,30	33,87	35,55	35,74	34,59	45,27	30,49	30,96	37,01	35,96	40,20	44,34	41,22	33,12	38,21	41,40	38,18	44,48	
			Precipitación	21,60	22,24	28,43	15,48	28,96	27,84	20,62	27,08	19,30	23,44	23,53	21,66	16,81	34,51	28,83	23,05	24,75	24,50	26,55	26,33	25,48	
		Fósforo total	Desde Cuencas	32,59	39,61	36,46	44,01	36,39	36,43	43,45	38,16	34,32	46,52	45,74	40,42	46,35	24,67	26,15	35,09	41,61	36,69	31,41	34,90	29,35	
			Precipitación	0,67	0,56	0,51	0,59	0,50	0,52	0,52	0,51	0,68	0,46	0,46	0,45	0,45	4,03	4,46	4,92	4,58	3,68	4,24	4,60	4,24	
		Río Colihueo	Nitrogeno total	Desde Cuencas	97,35	97,48	97,14	97,66	97,42	97,17	97,29	97,00	97,47	95,18	89,91	90,51	70,82	69,22	70,02	62,53	46,78	50,49	55,50	43,01	53,19
				Precipitación	1,05	0,91	1,26	0,74	0,98	1,23	1,11	1,40	0,94	0,94	1,07	1,11	1,09	0,56	0,80	0,77	0,57	0,51	0,55	0,59	0,52
Fósforo total			Desde Cuencas	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,59	1,60	1,60	1,60	1,60	1,66	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	
			Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Río Colihueo			Nitrogeno total	Desde Cuencas	91,49	91,73	91,12	92,04	91,60	91,17	91,38	90,87	91,96	91,69	91,50	91,54	91,20	89,93	90,03	90,34	90,05	90,05	90,21	89,98	90,25
				Precipitación	1,99	1,74	2,39	1,40	1,87	2,33	2,10	2,65	1,78	2,07	2,27	2,23	1,46	2,10	1,99	1,65	1,57	1,97	1,92	1,92	1,88
	Fósforo total		Desde Cuencas	6,52	6,54	6,49	6,56	6,53	6,50	6,51	6,48	6,53	6,51	6,50	6,50	6,50	10,80	10,73	10,74	10,74	10,74	10,75	10,72	10,75	
			Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	
	Río Colihueo		Nitrogeno total	Desde Cuencas	91,49	91,73	91,12	92,04	91,60	91,17	91,38	90,87	91,71	88,50	81,46	80,25	57,84	56,19	57,03	49,47	34,87	38,15	42,62	31,56	40,70
				Precipitación	1,99	1,74	2,39	1,40	1,87	2,33	2,10	2,65	1,78	2,07	2,27	2,23	1,46	2,10	1,99	1,65	1,57	1,97	1,92	1,92	1,88
		Fósforo total	Desde Cuencas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,39	35,79	34,91	43,72	60,21	56,47	51,13	63,73	
			Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Río Colihueo	Nitrogeno total	Desde Cuencas	6,52	6,54	6,49	6,56	6,53	6,50	6,51	6,48	6,52	6,29	5,79	5,90	6,85	6,70	6,80	5,90	4,16	4,55	5,08	3,76	4,88
				Precipitación	0,43	0,44	0,39	0,49	0,44	0,44	0,46	0,42	0,50	0,47	0,41	0,43	0,49	0,45	0,45	0,45	0,46	0,45	0,45	0,45	0,46
Fósforo total			Desde Cuencas	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	
			Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
Río Colihueo			Nitrogeno total	Desde Cuencas	99,44	98,06	98,11	98,01	98,06	98,91	98,69	98,67	99,08	99,11	98,17	98,89	98,84	98,86	98,96	98,83	98,86	98,86	98,86	98,87	98,85
				Precipitación	0,82	0,83	0,73	0,91	0,82	0,83	0,87	0,79	0,95	0,88	0,77	0,80	0,91	0,83	0,82	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83	0,80
	Fósforo total		Desde Cuencas	0,00	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	
			Precipitación	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	
	Río Colihueo		Nitrogeno total	Desde Cuencas	98,67	96,66	96,76	96,57	96,67	97,88	97,56	97,56	97,89	97,94	98,04	97,02	96,91	96,98	96,98	96,92	96,98	96,98	96,98	97,00	96,96
				Precipitación	0,82	0,83	0,73	0,91	0,82	0,83	0,87	0,79	0,95	0,88	0,77	0,80	0,91	0,83	0,82	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83	0,80
		Fósforo total	Desde Cuencas	0,00	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	
			Precipitación	0,82	0,83	0,73	0,91	0,82	0,83	0,87	0,79	0,95	0,88	0,77	0,80	0,91	0,83	0,82	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83	0,80	
		Río Colihueo	Nitrogeno total	Desde Cuencas	0,00	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	
				Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fósforo total			Desde Cuencas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Precipitación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabla 32: Participación porcentual en el ingreso de nutrientes hacia los cuerpos de agua de la Subcuenca del Rahue por las distintas fuentes, 1995 – 2015. Fuente: Elaboración propia, 2018

8.20 Anexo N°20 Resultados Gráficos de las Preguntas de la Encuesta.

Figura 98 - 135: Gráficos de las preguntas de la encuesta aplicada en las distintas localidades:  
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación KoboCollect, 2018.

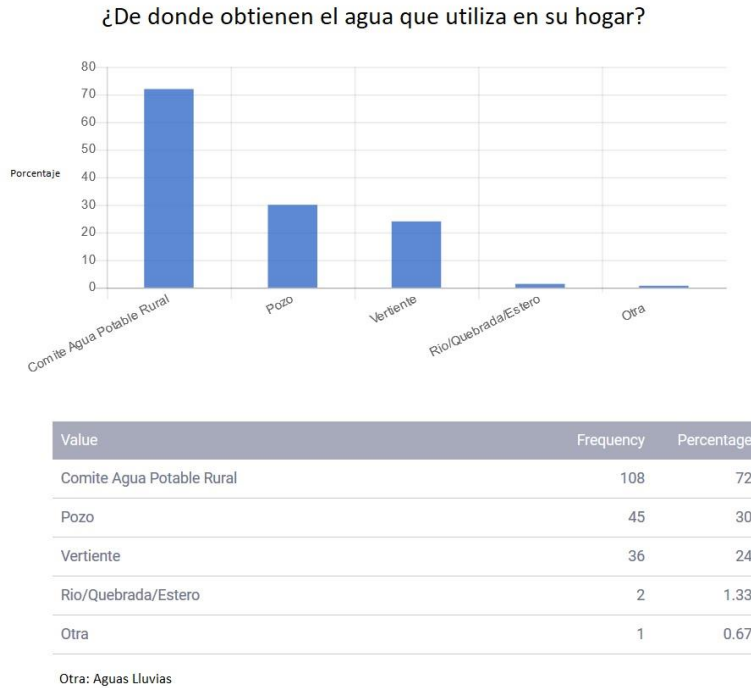


Figura 98

De las fuentes de agua que utiliza en su hogar ¿Usted la utiliza para beber?

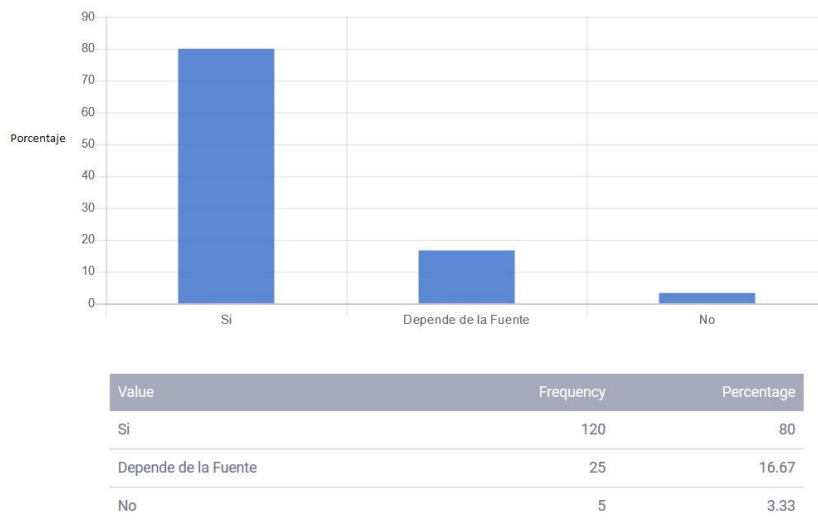
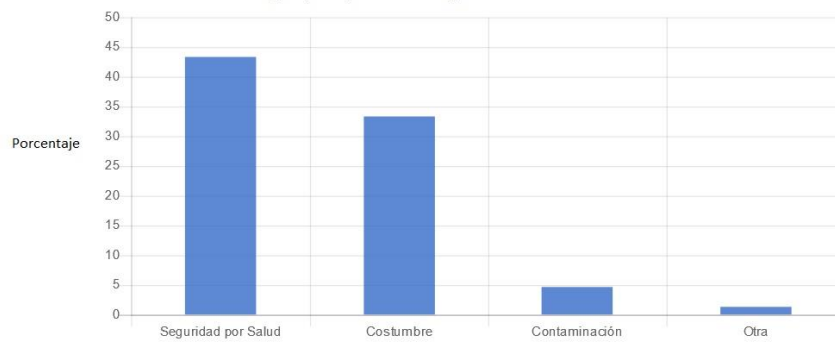


Figura 99



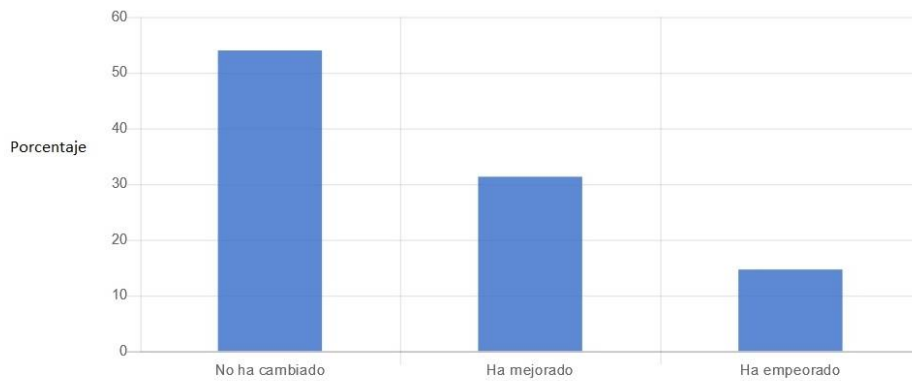
Si respondió Depende de la Fuente en la pregunta anterior, o utiliza algún método para tratar o consumir el agua, responda: ¿A que motivo se debe?



Value	Frequency	Percentage
Seguridad por Salud	65	43.33
Costumbre	50	33.33
Contaminación	7	4.67
Otra	2	1.33

Figura 100

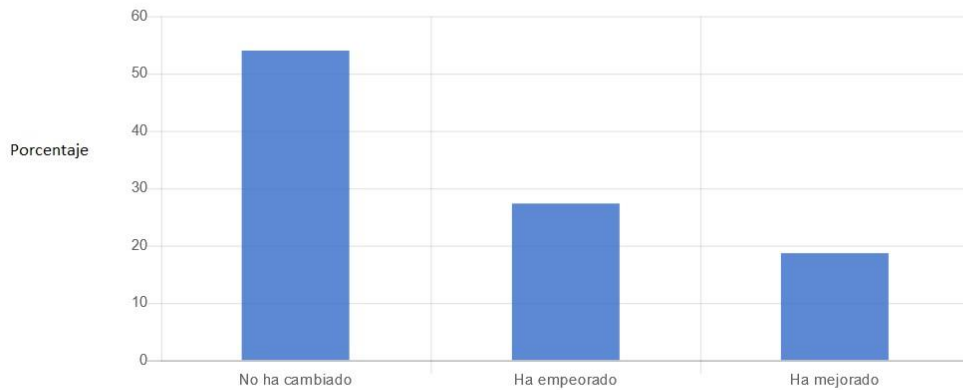
¿Ha notado algún cambio en la fuente del agua en el hogar en los últimos 20 años? (Calidad del Agua)



Value	Frequency	Percentage
No ha cambiado	81	54
Ha mejorado	47	31.33
Ha empeorado	22	14.67

Figura 101

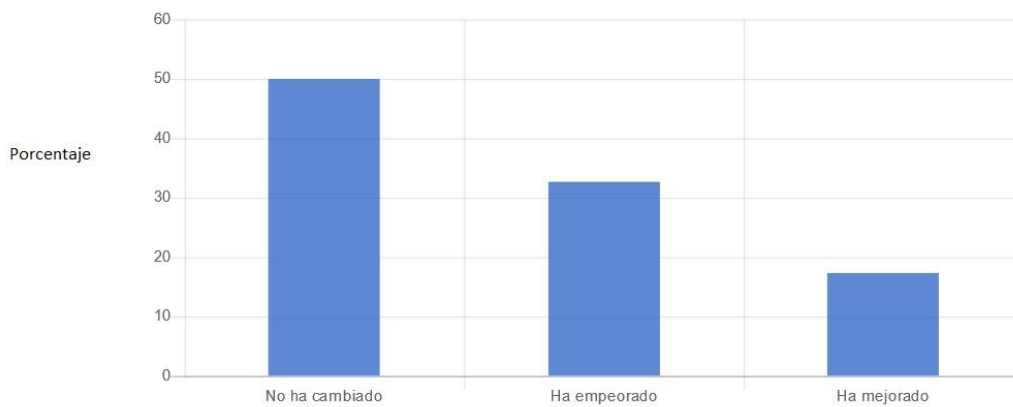
¿Ha notado algún cambio en la fuente del agua en el hogar en los últimos 20 años? (Continuidad del Servicio)



Value	Frequency	Percentage
No ha cambiado	81	54
Ha empeorado	41	27.33
Ha mejorado	28	18.67

Figura 102

¿Ha notado algún cambio en la fuente del agua en el hogar en los últimos 20 años? (Presión)



Value	Frequency	Percentage
No ha cambiado	75	50
Ha empeorado	49	32.67
Ha mejorado	26	17.33

Figura 103

¿Usted posee o trabaja con algún jardín, cultivo o huerto que riegue con frecuencia?

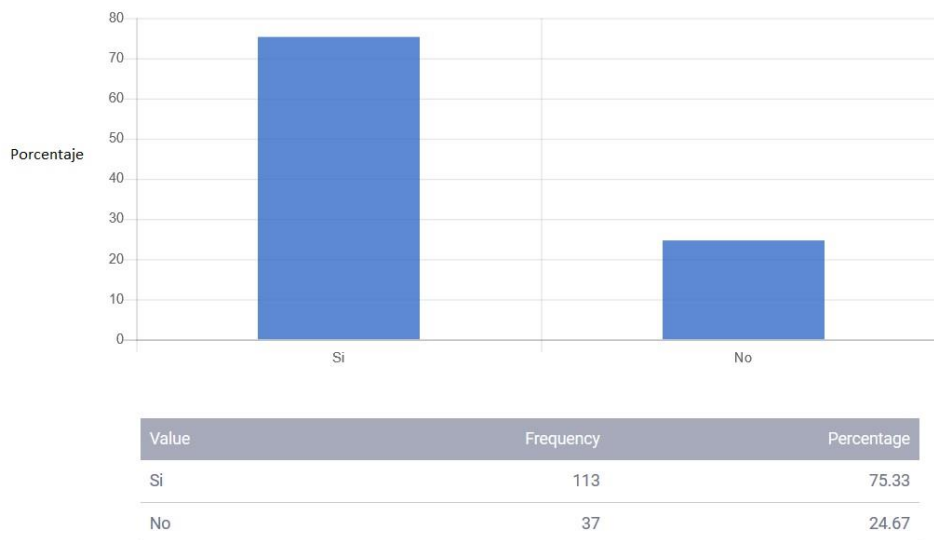


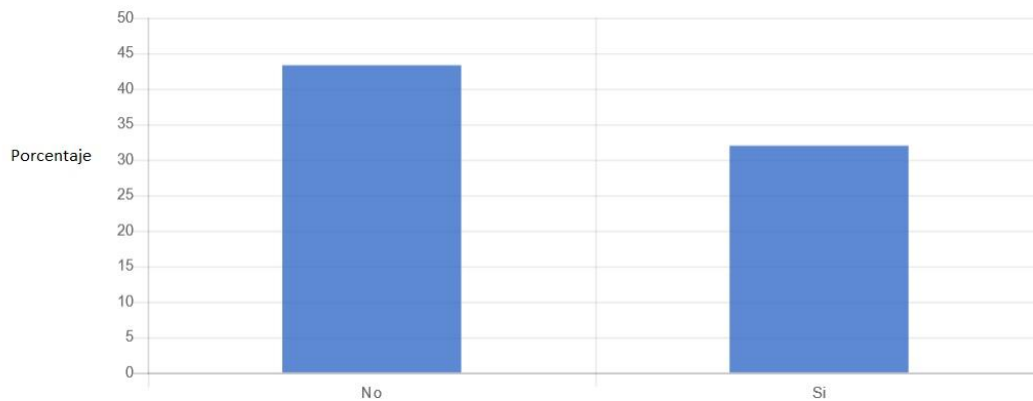
Figura 104

¿Con qué Fuente de agua riega aquel jardín, cultivo o huerto?



Figura 105

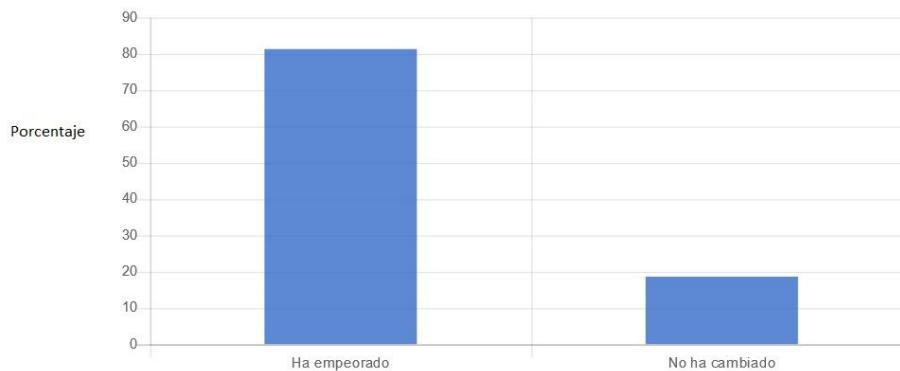
¿Ha visto algún cambio en el jardín, cultivo o huerto con el que trabaja o se dedica en los últimos 5, 10 o 20 años?



Value	Frequency	Percentage
No	65	43.33
Si	48	32

Figura 106

¿Ha notado algún cambio en los Esteros, Quebradas, Ríos o Lagos en los últimos 20 años? (Calidad del Agua)



Value	Frequency	Percentage
Ha empeorado	122	81.33
No ha cambiado	28	18.67

Figura 107

¿Ha notado algún cambio en los Esteros, Quebradas, Ríos o Lagos en los últimos 20 años? (Cantidad de Agua)

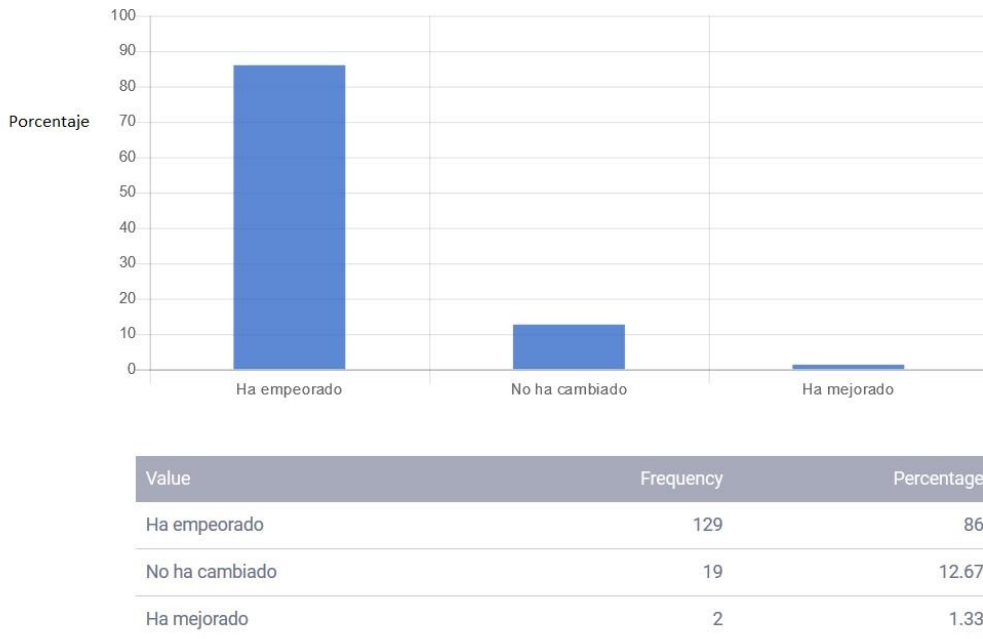


Figura 108

¿Usted considera que la localidad tiene un problema de Calidad de Agua?

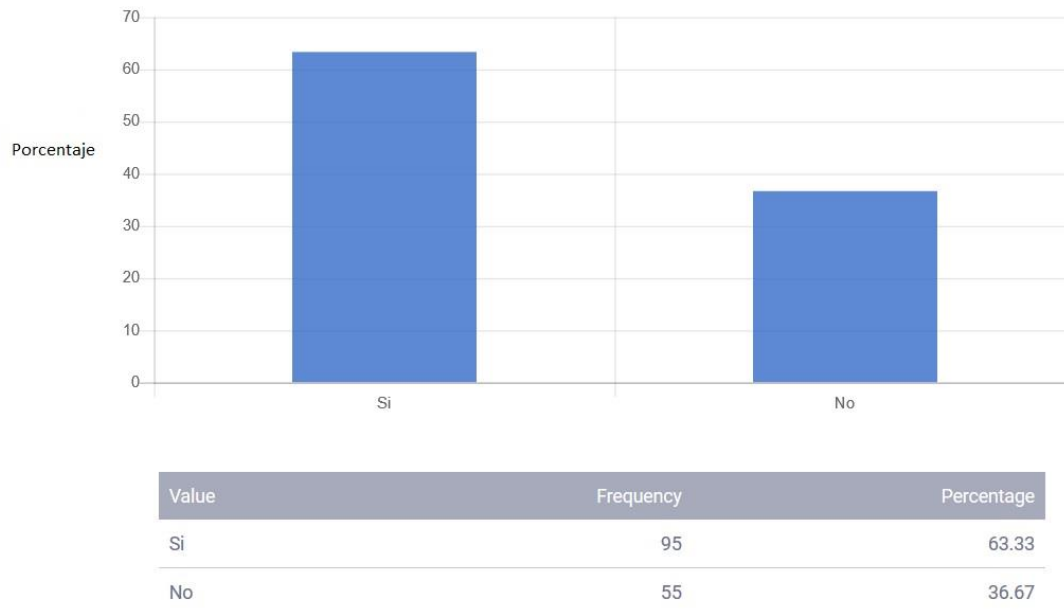
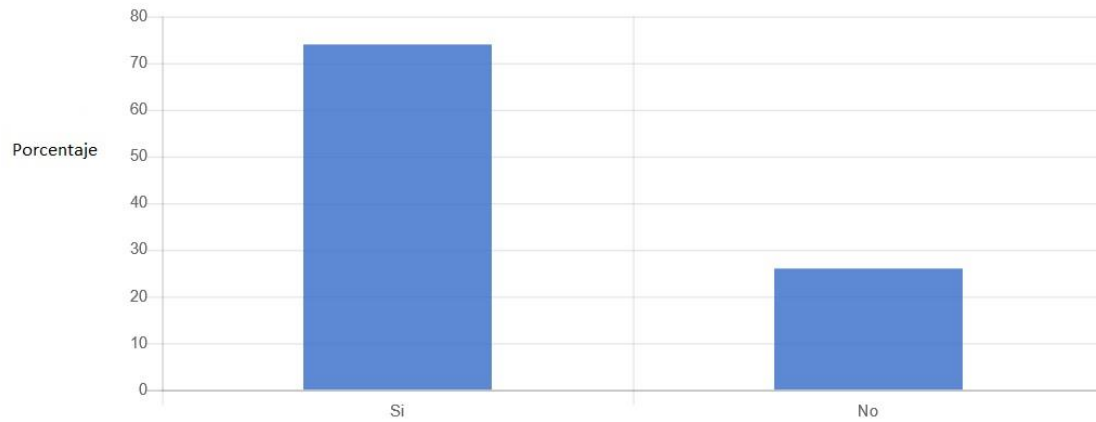


Figura 109

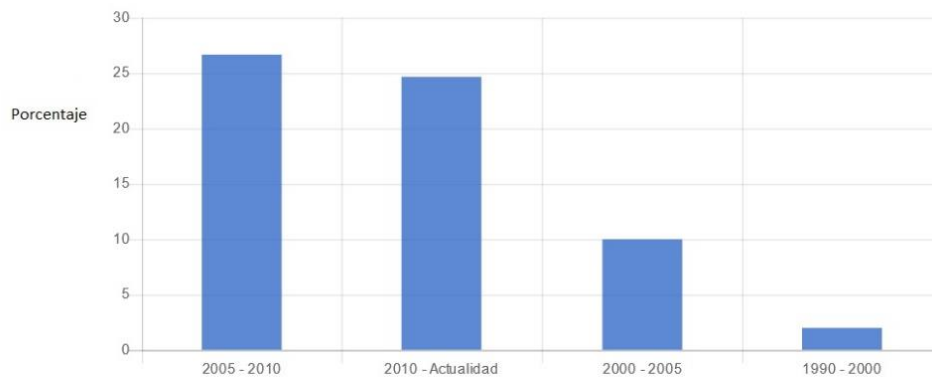
¿Usted considera que la localidad tiene un problema de Cantidad de Agua?



Value	Frequency	Percentage
Si	111	74
No	39	26

Figura 110

Si responde Sí en considerar que la localidad tiene un problema de Calidad de Agua, responda. ¿Desde qué periodo de años?



Value	Frequency	Percentage
2005 - 2010	40	26.67
2010 - Actualidad	37	24.67
2000 - 2005	15	10
1990 - 2000	3	2

Figura 111

Si responde Sí en considerar que la localidad tiene un problema de Cantidad de Agua, responda. ¿Desde qué periodo de años?

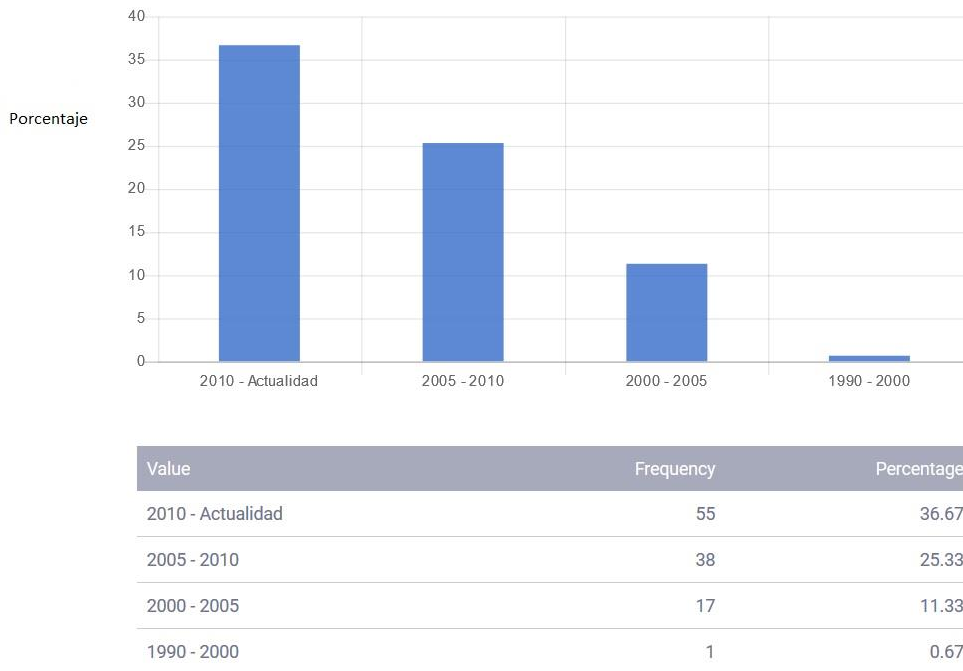


Figura 112

Solo si ha notado algún Cambio en la Calidad del Agua de los Esteros, Quebradas, Ríos o Lagos en los últimos 20 años, ¿En qué atributos cree usted que ha cambiado?

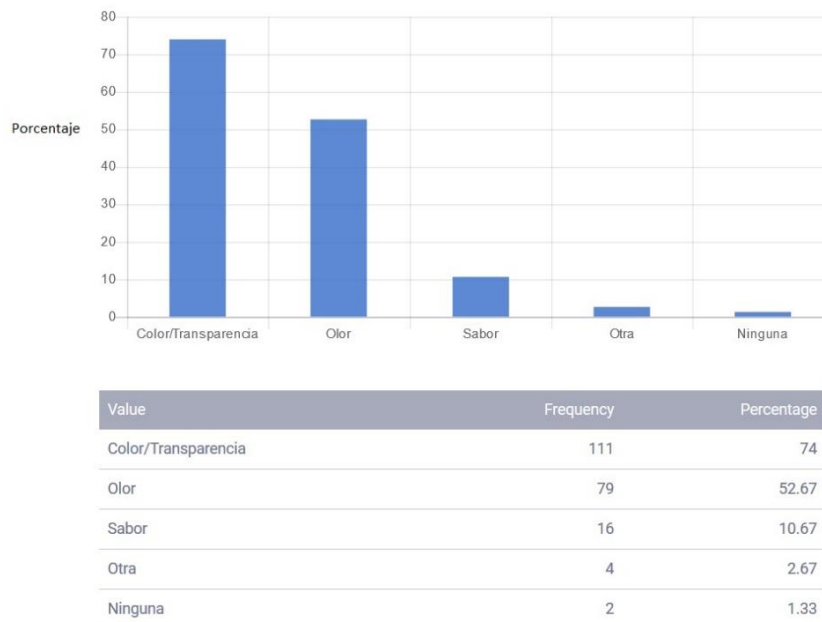


Figura 113

¿Ha notado algún cambio en los Esteros, Quebradas, Ríos o Lagos en los últimos 20 años? (Presencia de Flora)

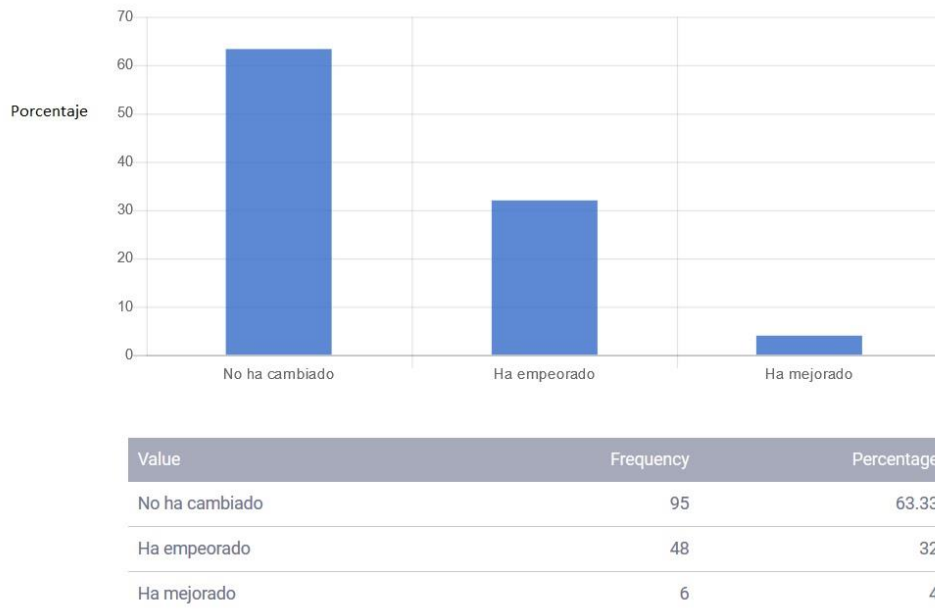


Figura 114

¿Ha notado algún cambio en los Esteros, Quebradas, Ríos o Lagos en los últimos 20 años? (Presencia de Peces)

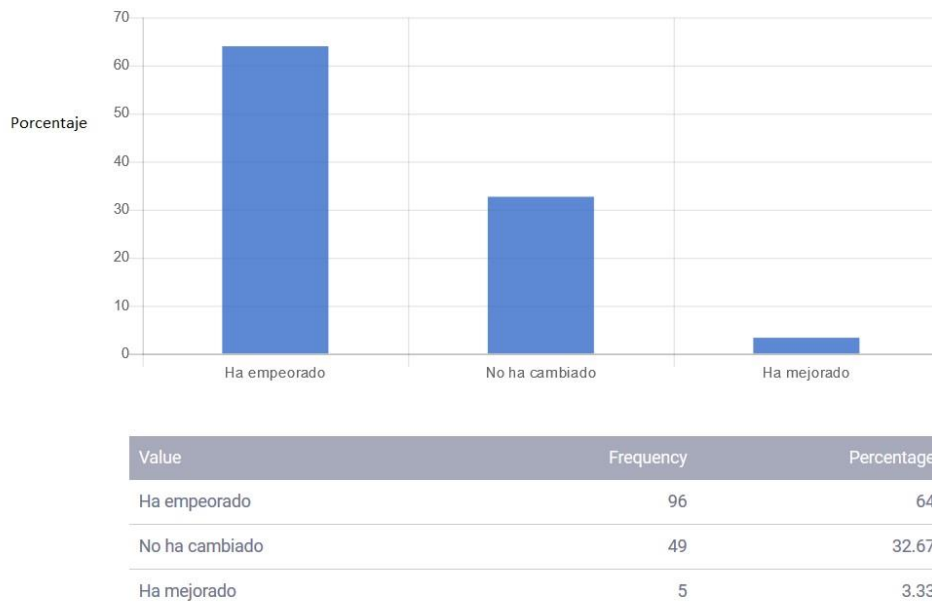
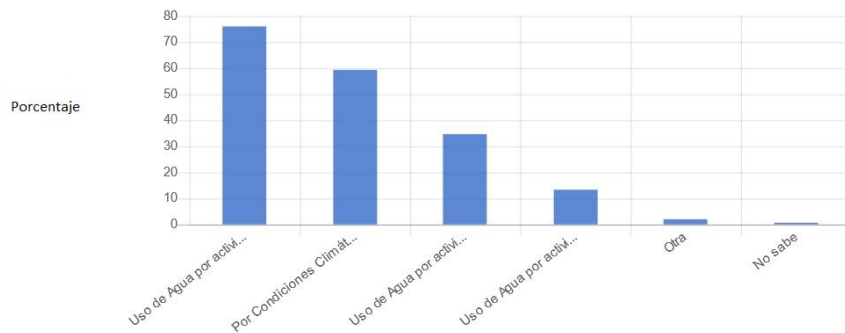


Figura 115



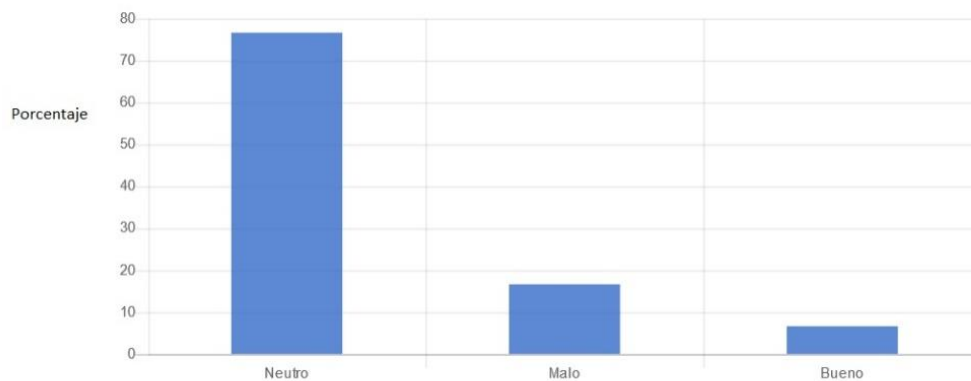
Si considera que ha habido un deterioro en la calidad y/o cantidad de agua, flora y peces en los cuerpos de aguas cercanos, responda ¿A qué motivo cree que se debe?



Value	Frequency	Percentage
Uso de Agua por actividades Industriales (Lácteos, Pisciculturas, Mataderos, etc.)	114	76
Por Condiciones Climáticas	89	59.33
Uso de Agua por actividades Agrícolas y/o Ganaderas	52	34.67
Uso de Agua por actividades Humanas y/o Turísticas	20	13.33
Otra	3	2
No sabe	1	0.67

Figura 116

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: AGRICULTURA



Value	Frequency	Percentage
Neutro	115	76.67
Malo	25	16.67
Bueno	10	6.67

Figura 117

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: **EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS**

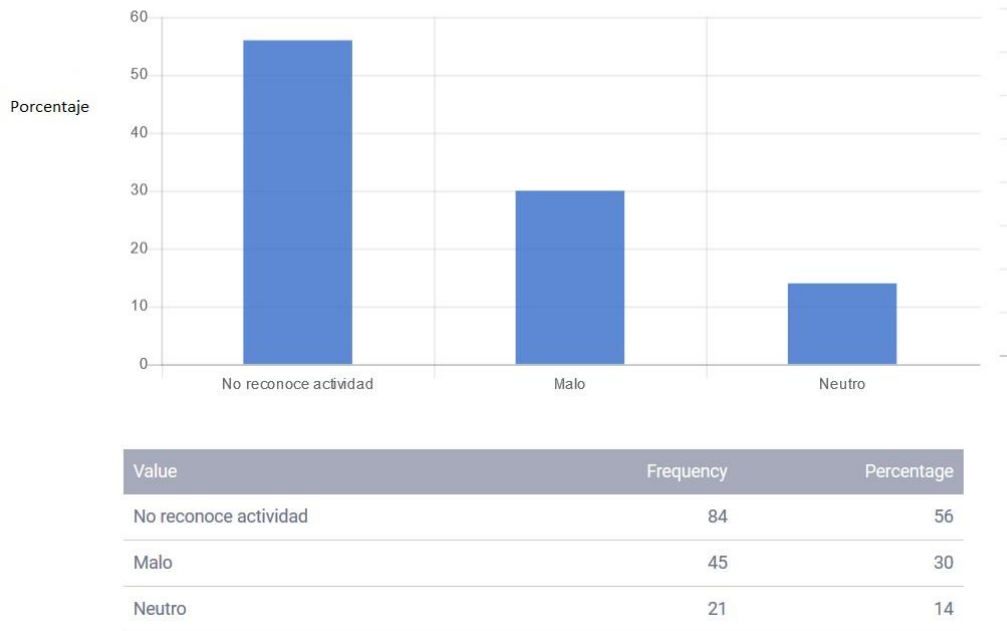


Figura 118

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: **GANADERIA**

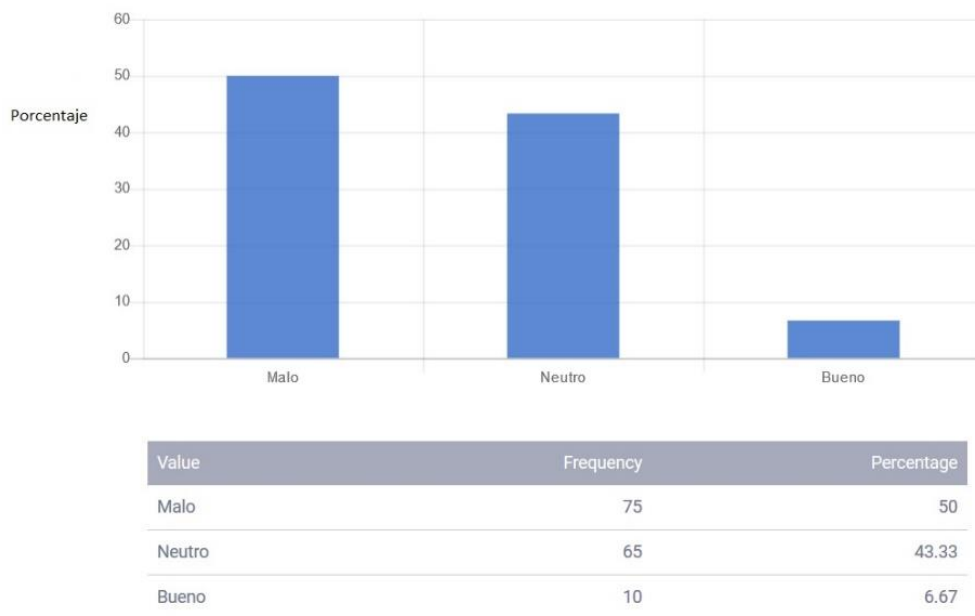


Figura 119

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: Hidroeléctrica

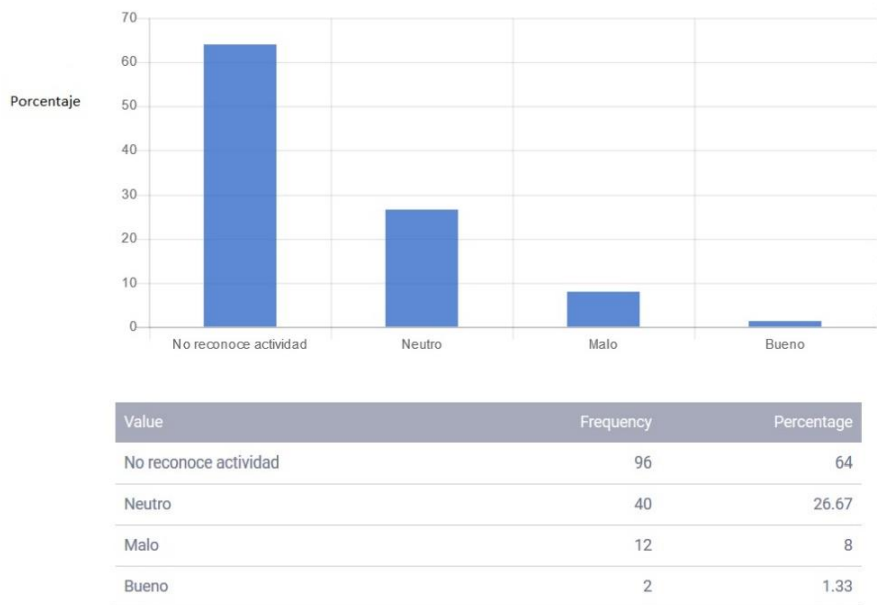


Figura 120

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: INDUSTRIAS LÁCTEAS (LECHERAS)

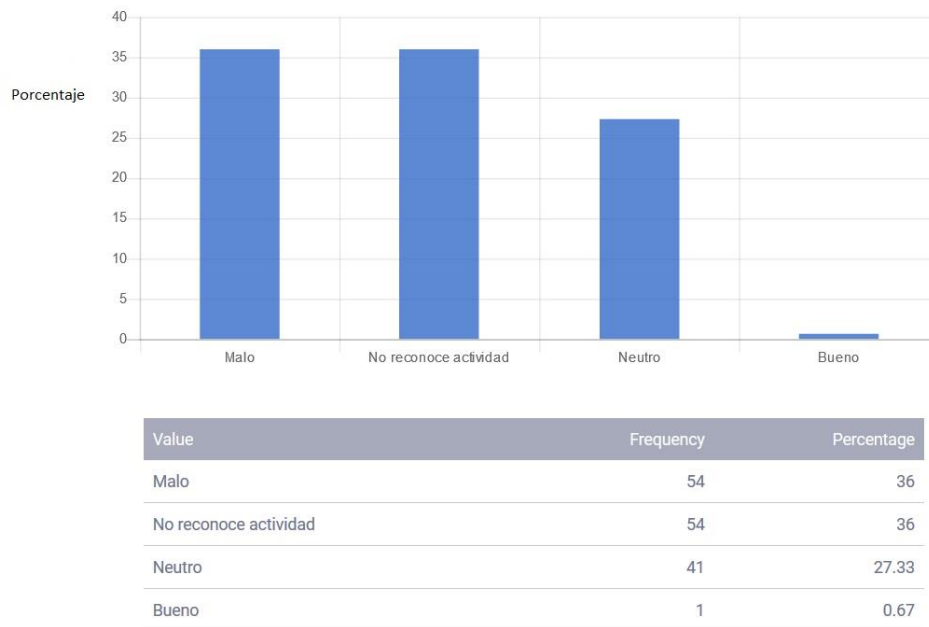


Figura 121

## Impactos de la salmonicultura continental en la subcuenca del Rahue

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: MATADEROS (FRIGORÍFICOS)

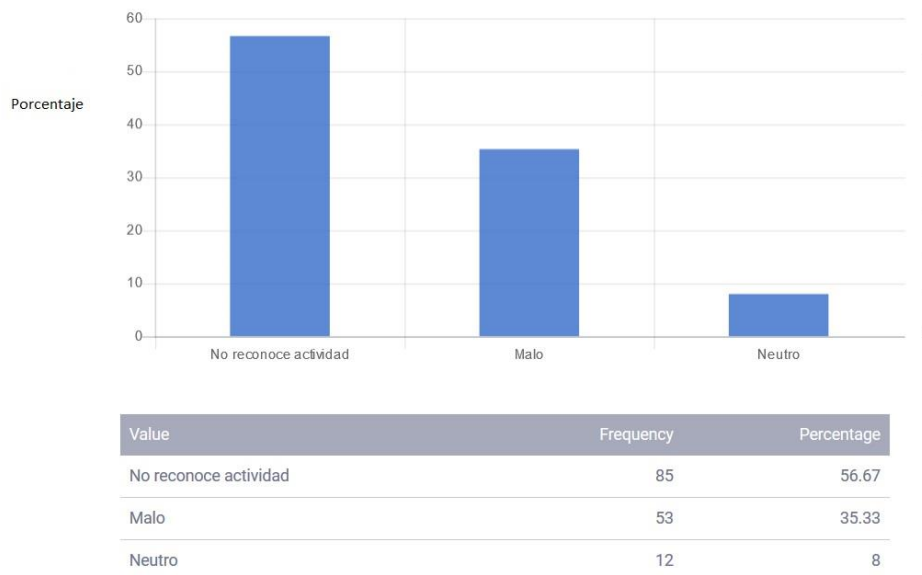


Figura 122

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: PISCICULTURA

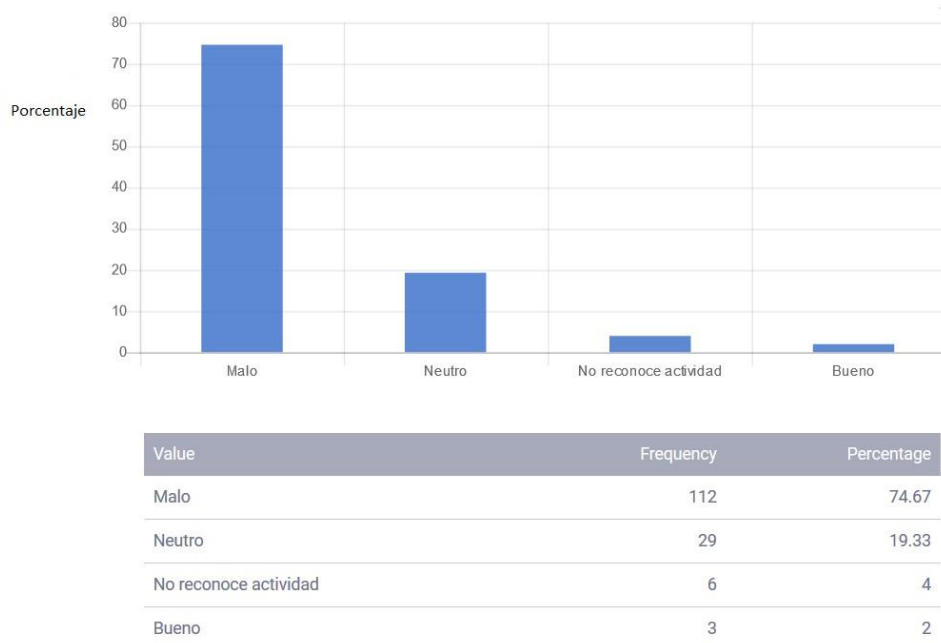


Figura 123

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la calidad del agua: Turismo

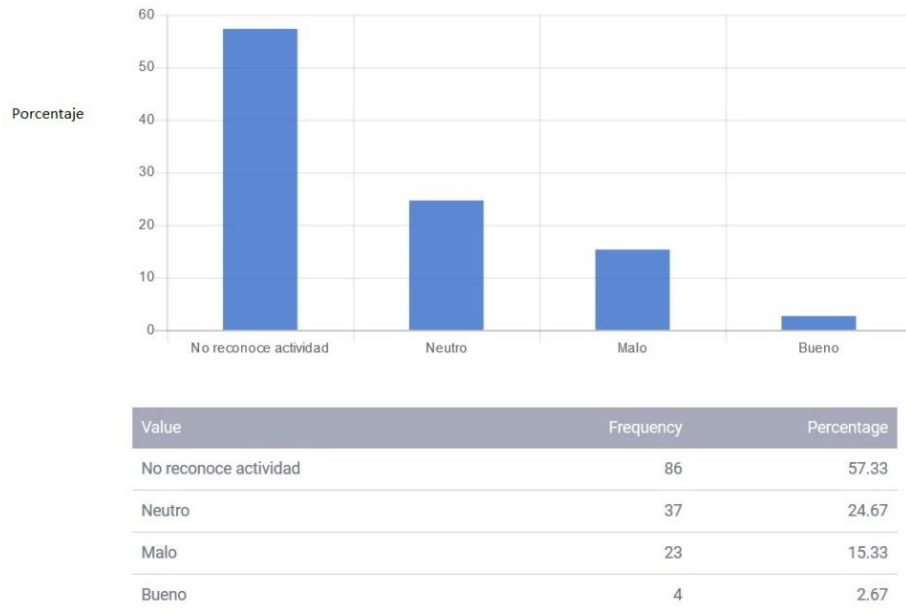


Figura 124

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: AGRICULTURA

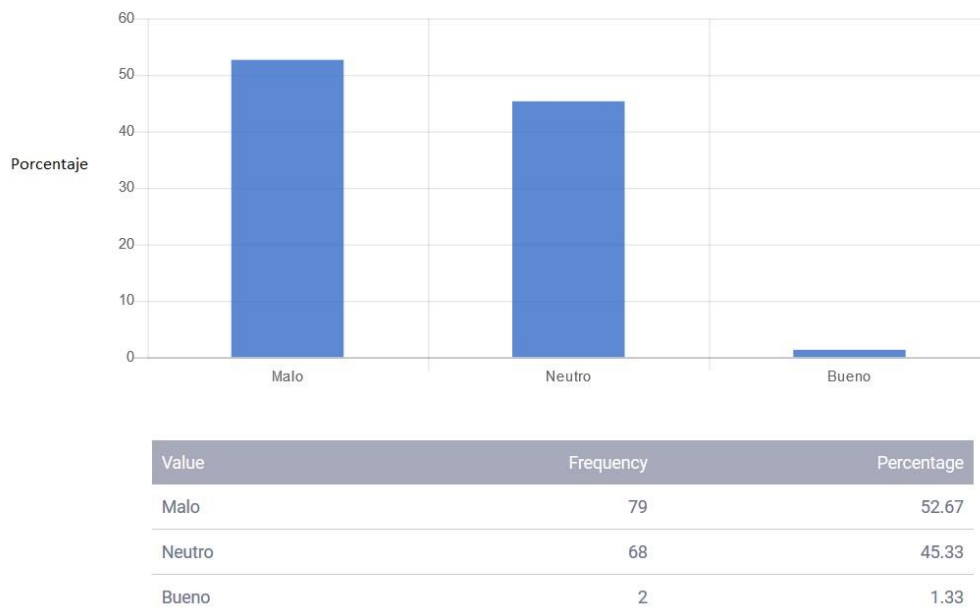


Figura 125

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS

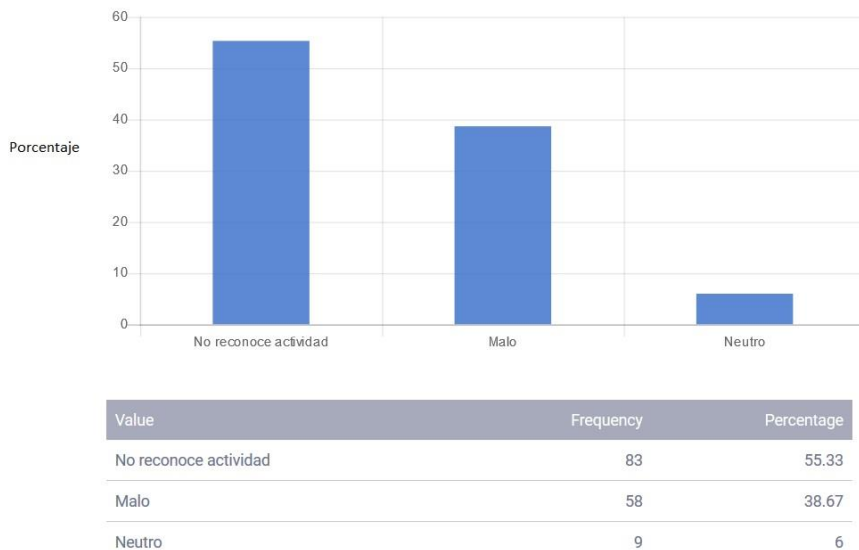


Figura 126

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: MATADEROS (FRIGORÍFICOS)

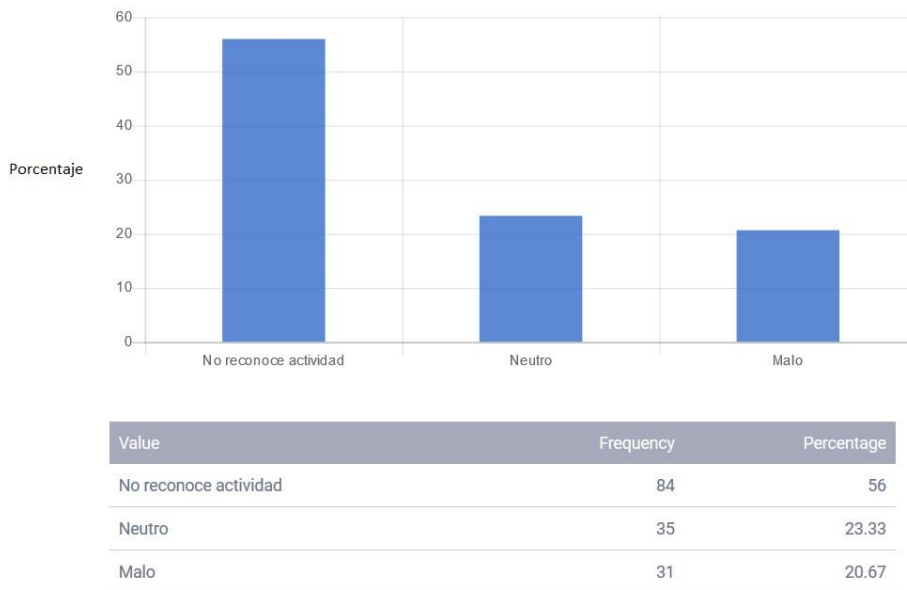


Figura 127

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: GANADERIA

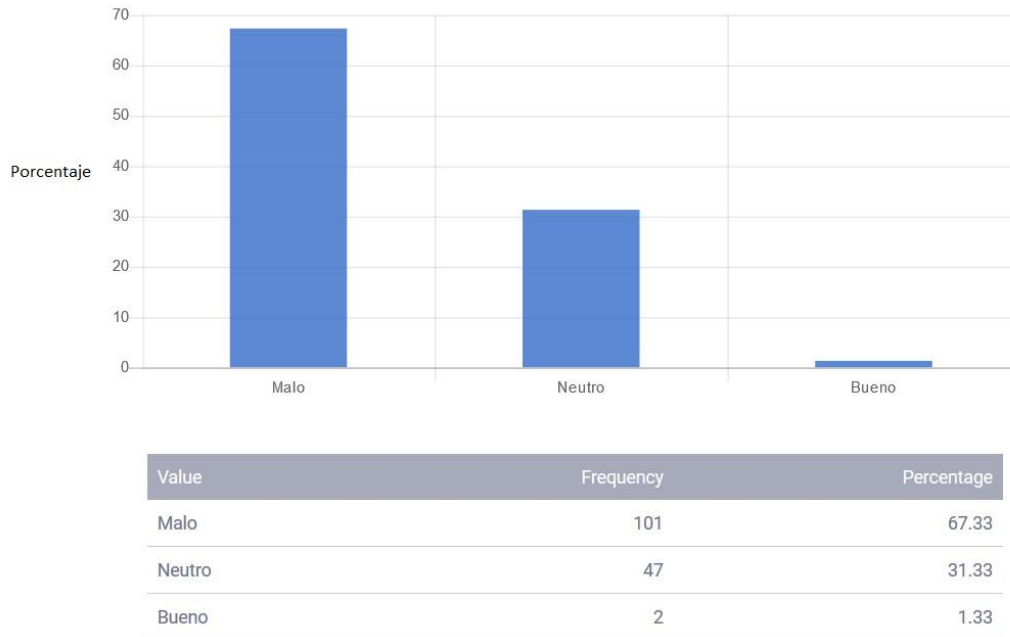


Figura 128

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: HIDROELECTRICA

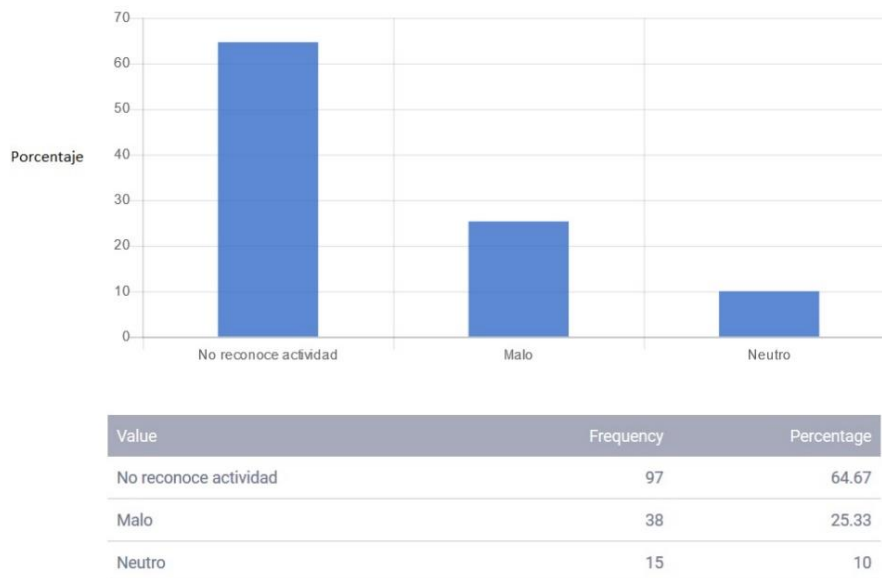


Figura 129

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: INDUSTRIAS LÁCTEAS (LECHERAS)

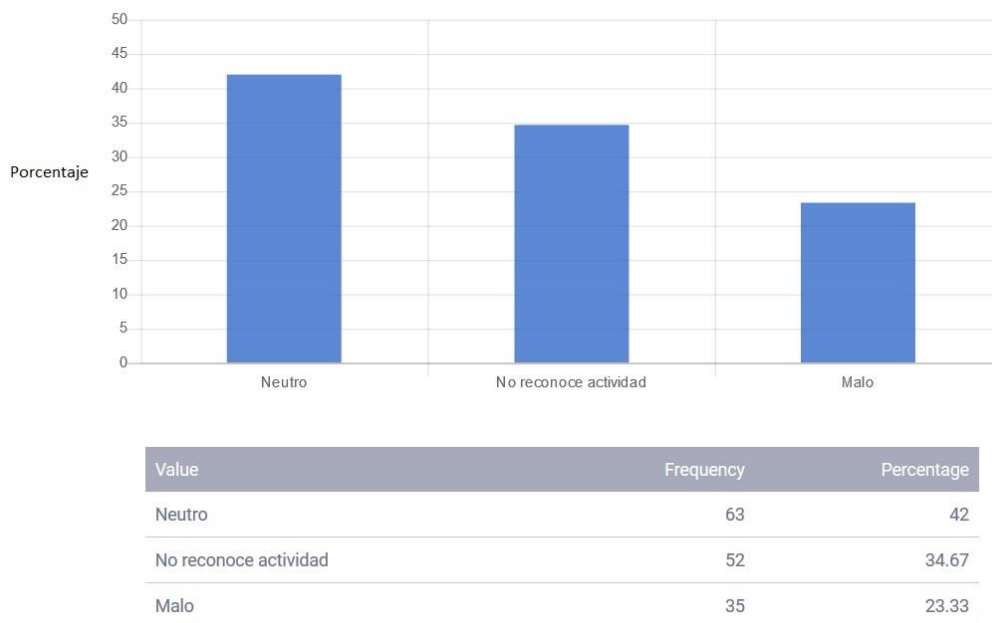


Figura 130

Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: PISCICULTURA

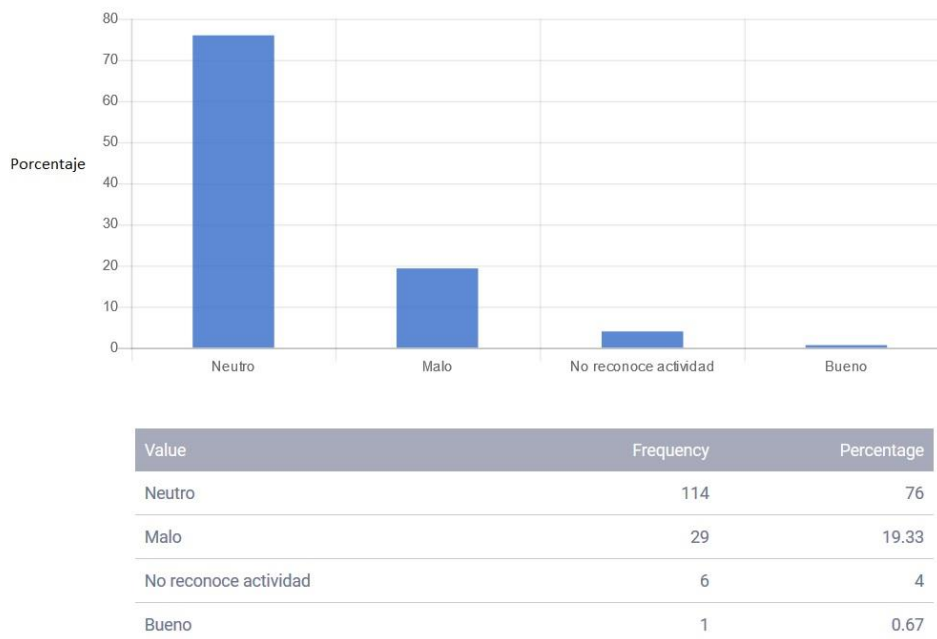


Figura 131



Para cada una de las siguientes actividades o trabajos que reconozca en la localidad, asigne la palabra Bueno, Malo o Neutro de acuerdo al efecto sobre la Cantidad del Agua: TURISMO

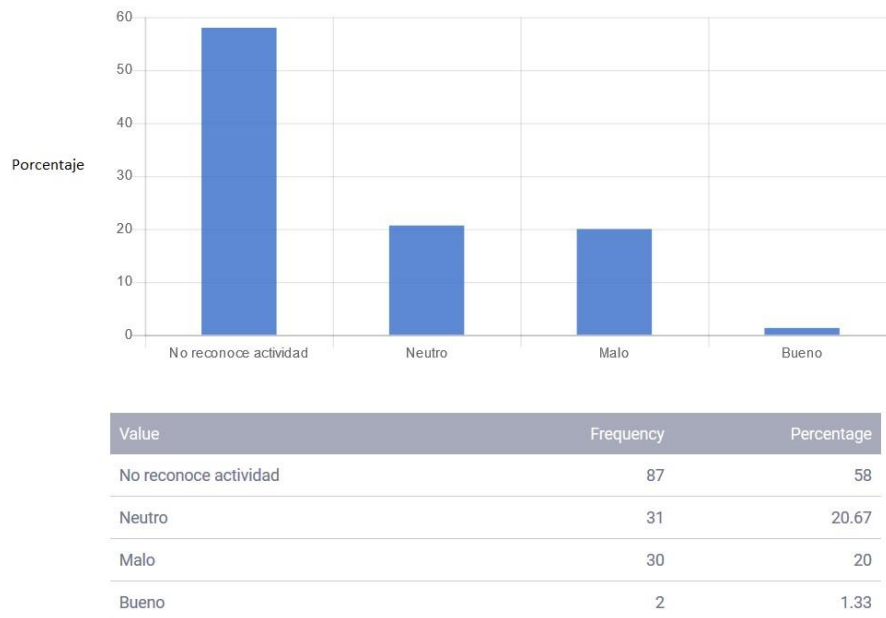


Figura 132

Según usted ¿ Como evaluaría la relación entre las comunidades locales y las pisciculturas?

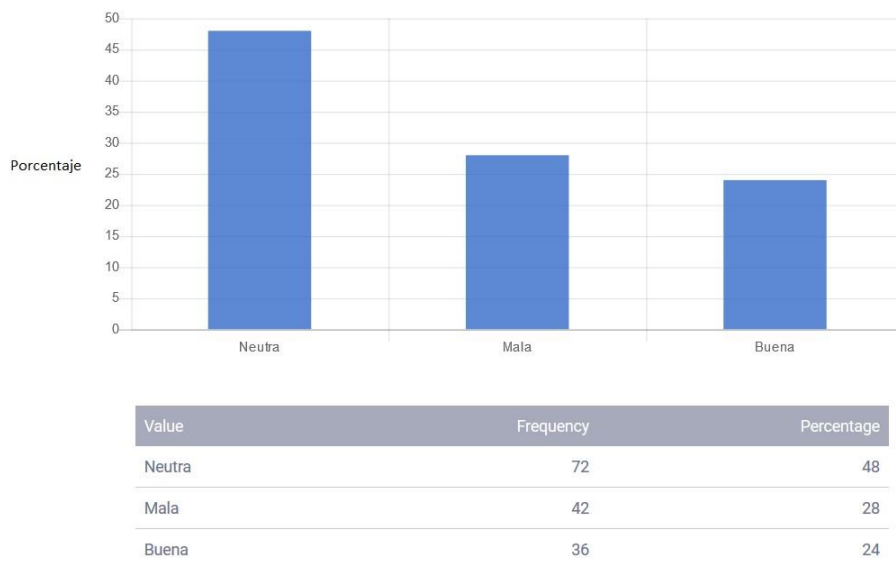
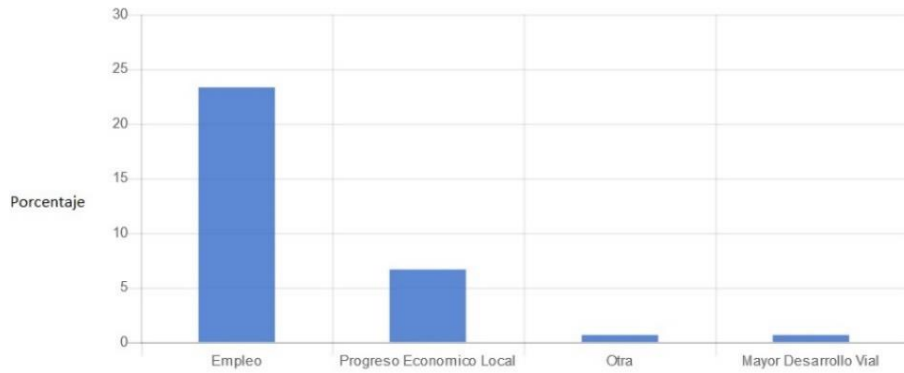


Figura 133

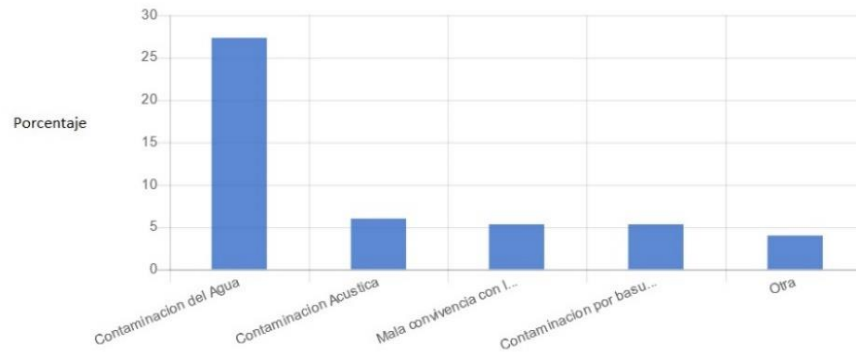
Si considera que es Buena, señale las razones a continuación:



Value	Frequency	Percentage
Empleo	35	23.33
Progreso Economico Local	10	6.67
Otra	1	0.67
Mayor Desarrollo Vial	1	0.67

Figura 134

Si considera que es Mala, señale las razones a continuación:



Value	Frequency	Percentage
Contaminación del Agua	41	27.33
Contaminación Acustica	9	6
Mala convivencia con los vecinos	8	5.33
Contaminación por basura industrial	8	5.33
Otra	6	4

Figura 135

8.21 Anexo N°21 Registro Fotográfico de Terreno



*Figura 136: Sector Desembocadura Estero Pichil, Pichil, 2018.*



*Figura 137: Espumas en las aguas de la Desembocadura del Estero Pichil, Pichil, 2018.*





*Figura 138: Puente Cancura, Cancura 2018.*



*Figura 139: Vista del Lago Rupanco desde la localidad Desagüe Rupanco, 2018.*





*Figura 140: Centro de Cultivo visto desde el Desagüe del Lago Rupanco, 2018.*



*Figura 141: Desagüe del Lago Rupanco/Nacimiento Río Rahue, 2018.*





*Figura 142: Algas en las rocas del Desagüe del Lago Rupanco, 2018*



*Figura 143: Centro de Cultivos del Lago Rupanco visto desde Piedras Negras, 2018.*





Figura 144: Panel del Centro de Cultivo Rupanco, Salmones Austral, Piedras Negras, 2018.



Figura 145: Instalación Centro de Cultivo Rupanco, Salmones Austral, Piedras Negras, 2018.



Figura 146: Terreno Salmones MultiExport, camino a Piedras Negras, 2018.