



INFORME TÉCNICO (D.AC) N° 943/ 31.10.2018

INFORME ANUAL DE RESULTADOS

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

SITUACION SANITARIA DE ENFERMEDADES DE ALTO RIESGO EN PECES SILVESTRES

2016 - 2017



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGIA	5
3. RESULTADOS	15
4. CONCLUSIONES	63
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas de muestreo en mar según Macrozonas por región.....	6
Tabla 2. Zonas de muestreo en lagos por región.....	6
Tabla 3. Zonas de muestreo por región y Agrupación de Concesiones (ACS).....	7
Tabla 4. ACS prioritarias propuestas a considerar en las campañas de muestreo.....	9
Tabla 5. Agentes patógenos analizados en el presente estudio, por tipo de ambiente.....	10
Tabla 6. Porcentaje de análisis a realizar en el presente estudio, por especie susceptible.....	11
Tabla 7. Número de peces parasitados y capturas de peces por zona, junto al porcentaje de ejemplares parasitados por zona y total de capturas.....	27
Tabla 8. Especie de pez, órgano parasitado y género parasitario para las zonas con ejemplares parasitados.....	28
Tabla 9. Poblaciones de Salmón del Atlántico de cultivo (F1 – F6) o silvestres (Escocia, Norteamérica), grupo de referencia genético definido, tamaños muestrales y porcentaje de auto- asignación.....	31
Tabla 10. Distribución de patógenos en vigilancia con resultados PCR positivos, y su ocurrencia por región de captura.....	34
Tabla 11. Ocurrencia de P. salmonis por especie capturada.....	36



Tabla 12. Ocurrencia de IPNV por especie capturada.....	39
Tabla 13. Ocurrencia de IPNV por especie capturada.....	41
Tabla 14. Ocurrencia de PRV por especie capturada.....	42
Tabla 15. Ocurrencia de <i>F. psychrophilum</i> por especie capturada.....	44
Tabla 16. Muestras positivas a patógenos causantes de Enfermedades de Alto Riesgo en especies salmónidas.....	49
Tabla 17. Distribución porcentual de las muestras positivas por barrio muestreado durante el período 2016-2017.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Total de peces capturados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.....	15
Figura 2. Porcentaje total de peces capturados por cuerpo de agua.....	16
Figura 3. Total de peces capturados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes según especie y porcentaje total de individuos.....	16
Figura 4. Estratificación del porcentaje de peces capturados por cuerpos de agua por Región.....	17
Figura 5. Estratificación del porcentaje de peces capturados por Región.....	18
Figura 6. Número de peces capturados en la Región de La Araucanía según especie.....	18
Figura 7. Capturas por especie (%) en cada zona geográfica de la Región de la Araucanía.....	19
Figura 8. Número de peces capturados en la región de Los Ríos según especie.....	20
Figura 9. Capturas por especie (%) en cada zona geográfica de la Región de Los Ríos.....	20
Figura 10. Número de peces capturados en la Región de Los Lagos según especie.....	21
Figura 11. Número de peces capturados en la Región de Aysén según especie.....	21



Figura 12. Número de peces capturados en la Región de Magallanes según especie.....	22
Figura 13. Distribución de especies capturadas, según sexo.....	22
Figura 14. Estratificación por sexo, para la región de la Araucanía.....	23
Figura 15. Estratificación por sexo, para la región de Los Ríos.....	23
Figura 16. Estratificación por sexo, para la región de Los Lagos.....	24
Figura 17. Estratificación por sexo, para la región de Aysén.....	24
Figura 18. Estratificación por género, para la región de Magallanes.....	25
Figura 19. Distribución de ejemplares con presencia de parásitos respecto del total de peces capturados en las zonas geográficas.....	25
Figura 20. Clasificación de parásitos detectados de acuerdo a su ubicación en el pez.....	26
Figura 21. Distribución de peces parasitados de acuerdo al tipo de cuerpo de agua.....	26
Figura 22. Composición de especies parasitadas por diversos tipos de parásitos.....	28
Figura 23. Grupos de referencia genéticos obtenidos vía análisis discriminante de componentes principales.....	32
Figura 24. Grupos de referencia genéticos y ancestría de las muestras de Salmón del Atlántico de vida libre (campañas de muestreo) obtenidos vía análisis discriminante de componentes principales.....	32
Figura 25. Grupos de referencia genéticos y ancestría de las poblaciones de Salmón del Atlántico de vida libre (muestras campañas pesca investigación – IFOP) obtenidos vía asignación individual Bayesiana.....	33
Figura 26. Distribución de patógenos PCR positivos por región de estudio.....	35
Figura 27. Distribución de muestras positivas a <i>P. salmonis</i> por especie capturada (n= 703).....	36
Figura 28. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> por zona en la región de Los Ríos.....	37
Figura 29. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> por zona en la región de Los Lagos.....	37
Figura 30. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> por zona en la región de Aysén.....	38



Figura 31. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> por zona en la región de Magallanes...	38
Figura 32. Distribución de muestras positivas a IPNV por especie capturada (n= 4).....	39
Figura 33. Distribución de especies positivas a IPNV por zona en las regiones de Los Ríos (Estuario Valdivia) y Aysén (lago Yelcho).....	40
Figura 34. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> por zona en la Región de Magallanes..	40
Figura 35. Distribución de muestras positivas a IPNV por especie capturada (n= 4).....	41
Figura 36. Distribución de especies positivas a IPNV por zona en las regiones de Los Ríos (Estuario Valdivia) y Aysén (lago Yelcho).....	42
Figura 37. Distribución de muestras positivas a PRV por especie capturada (n= 10).....	43
Figura 38. Distribución de especies positivas a PRV por zona en las regiones de Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.....	43
Figura 39. Distribución de muestras positivas a <i>F. psychrophilum</i> por especie capturada (n= 82)..	45
Figura 40. Distribución de especies positivas a <i>F. psychrophilum</i> por zona para la Región de La Araucanía.....	45
Figura 41. Distribución de especies positivas a <i>F. psychrophilum</i> por zona para la Región de Los Ríos.....	46
Figura 42. Distribución de especies positivas a <i>F. psychrophilum</i> por zona para la Región de Los Lagos.....	46
Figura 43. Distribución según especie salmónida capturada.....	47
Figura 44. Gráfico de tasa de mortalidad específica por <i>P. salmonis</i> por cada barrio (ACS) en los últimos 12 meses.....	52
Figura 45. Mapa coropleto de los valores estimados por el promedio anual de la tasa de mortalidad mensual por barrio en la Región de Los Lagos.....	53
Figura 46. Mapa coropleto de los valores estimados por el promedio anual de la tasa de mortalidad mensual por barrio en la Región de Aysén.....	54
Figura 47. Distribución de especies positivas a <i>P. salmonis</i> en los barrios (ACS) por región.....	55

Figura 48. Distribución de muestras positivas por especie capturada en los barrios (ACS).....	56
Figura 49. Distribución de muestras positivas por especie capturada en los barrios (ACS).....	56
Figura 50. Mapa coropleto de la ocurrencia de <i>P. salmonis</i> en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Los Lagos.....	58
Figura 51. Mapa coropleto de la ocurrencia de <i>P. salmonis</i> en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Aysén.....	59
Figura 52. Mapa coropleto de la ocurrencia de <i>P. salmonis</i> en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Magallanes.....	60
Figura 53. Gráfico de la distribución de los datos con el análisis de correlación. (Correlación de Pearson = -0,198 (IC95= -0,7134912 – 0,455555).....	61

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento explosivo del cultivo de cualquier especie animal involucra un aumento en el riesgo de introducir y/o diseminar enfermedades que afectan directamente la salud de los mismos organismos cultivados e indirectamente a la biota local. De este modo, constantes brotes de enfermedades en centros de cultivo de especies hidrobiológicas pueden conducir a un aumento sustancial de infecciones y transmisión de enfermedades a centros cercanos y a la población silvestre. En este escenario, cabe indicar que el rol de las especies silvestres aún no está definido. Es probable que algunos agentes etiológicos desconocidos hayan estado en forma endémica en las especies nativas sin causarles un daño aparente y se hayan adaptado a especies foráneas, las que a su vez no tendrían una constitución genética adecuada, ni memoria inmunológica, para responder con mecanismos de defensa efectivos frente a estos agentes etiológicos desconocidos (Smith et al., 2001; Murray y Peeler, 2005). Aún más, es posible que las especies silvestres actúen como reservorio para múltiples agentes y que de esta forma dificulten su prevención, control y erradicación.

Bajo este contexto, el monitoreo y la vigilancia de las enfermedades en los animales acuáticos, especialmente en especies silvestres, es una labor que se ha venido realizando por algunas instituciones gubernamentales de países acuicultores importantes del hemisferio norte, con el propósito de demostrar la condición de libre de una enfermedad y mantener su patrimonio sanitario, o en su defecto vigilar el progreso y/o control de una enfermedad (Garseth et al. 2013). Las investigaciones en las poblaciones silvestres han aumentado debido a la preocupación respecto del impacto que las enfermedades pueden tener en dichas poblaciones y la posible influencia en la acuicultura y otras actividades antropogénicas; no obstante, se hace difícil cuantificar la incidencia de enfermedades en ejemplares silvestres debido a que los individuos enfermos en el ecosistema marino pueden ser más difíciles de capturar o pasan desapercibidos en una pesca de investigación (por ejemplo, debido a la depredación o mortalidad anticipada). Por lo tanto, es difícil evaluar el impacto real de las enfermedades sobre las poblaciones silvestres, ya que, normalmente sólo se capturan ejemplares infectados recientemente o que sobrevivieron a la infección (portadores), pero no enfermos. Adicionalmente, existe evidencia de la transmisión de enfermedades desde peces de cultivo hacia peces silvestres, sin embargo, la frecuencia y la consecuencia de la transmisión de muchos agentes patógenos son en gran parte desconocidas (Garseth et al. 2013).

Múltiples estudios realizados en poblaciones silvestres dan cuenta de la interacción entre las especies, como el de Raynard et al. (2001) en Escocia, posterior al brote de anemia infecciosa del salmón en 1998, donde se realizaron muestreos para investigar la prevalencia del virus en los salmónidos de vida silvestre. Estudios sobre la myxosporidiosis renal en salmónidos silvestres en el Reino Unido (Peeler et al., 2008) y Suiza (Wahli et al., 2007), han demostrado el impacto potencial

de la enfermedad renal tanto en Europa como en América del Norte y que ha sido una preocupación de larga data. Además, estudios sobre *Renibacterium salmoninarum*, agente causal de BKD, revelaron una baja prevalencia en las poblaciones de salmónidos silvestres (trucha marrón y salmón del Atlántico específicamente) en el Reino Unido (Chambers et al., 2008).

En otros casos, existen mayores avances, como en Noruega, que cuenta con un programa nacional de vigilancia de *G. salaris* en los salmónidos silvestres, como parte de un sistema de alerta temprana para la detección de la propagación del patógeno en especies de cultivo. Los resultados se publican en informes anuales del Instituto Veterinario de Noruega (Oidtmann et al., 2013). Así también, en Noruega entre los años 1997 y 1998 se realizó el primer estudio de vigilancia para el virus de la Septicemia Hemorrágica viral (VHS) en especies acuáticas silvestres (King et al. 2001). De las seis campañas de muestreo realizadas en 18 meses, se capturaron 19.293 peces de 23 especies distintas, a partir de las cuales se analizaron 2.081 pooles de órganos, dando 21 pooles de muestras positivas a VHS, siendo el bacalao y la faneca noruega las especies más afectadas por el agente patógeno. A partir de ello, el año 2007 se instaura oficialmente la vigilancia de los patógenos VHS, ISA y Herpes virus en dicho país.

En este contexto, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ha implementado un programa de investigación permanente, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), de acuerdo a lo establecido en el artículo 92 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, mediante el cual se realiza una vigilancia de las Enfermedades de Alto Riesgo (EAR) en peces silvestres de cuerpos de agua lacustres, estuarinos y marinos en las regiones donde se han establecido las producciones de peces salmonídeos a nivel industrial (Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes). De esta manera, en el año 2010, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizó el primer estudio de vigilancia y seguimiento de enfermedades de alto riesgo (EAR) en peces silvestres y ferales de agua dulce y mar, para 8 patógenos virales y 3 patógenos bacterianos. Actualmente, éste estudio se encuentra iniciando su séptimo año de monitoreo y en el total de estos 6 años se han realizado 12 campañas de muestreo donde ha sido posible capturar un total de 22.671 peces, siendo éstos analizados en pooles de órganos individuales por pez. Del total de peces analizados, el 6,9% (1.568/22.671) de ellos han resultado positivos a patógenos, detectándose en el 77,8% (1220) de ellos *Piscirickettsia salmonis*, en el 10,7% (168) virus de la Necrosis pancreática Infecciosa, en el 8,6% (134) *Flavobacterium psychrophilum*, y finalmente en el 2,9% (46) *Piscine reovirus* (PRV), siendo las especies silvestres róbalo (*Eleginops maclovinus*), pejerrey de mar (*Odonthestes regia*), pejerrey de agua dulce (*Basilichthys australis*), además de salmónidos silvestres y escapados, las especies que han presentado las mayores positividadades a estos agentes.

Adicional a lo mencionado, cabe indicar que *E. maclovinus* es la especie hospedadora mayormente estudiada en términos de detección de parásitos. Henríquez y col. (2011b) determinaron que el 97,4% de los robalos muestreados se encontraron parasitados con al menos un taxón parasitario,

siendo las especies *Hypoechinorhynchus magellanicus* (Acanthocephala), *Caligus rogercresseyi*, *Lepeophtheirus mugiloides*, *Clavella adunca* (Copepoda) y *Similascarophis* sp. (Nematoda) las más prevalentes. De este modo, la determinación de las especies parasitarias dentro de las comunidades de especies de peces silvestres es de gran relevancia, ya que estos últimos pueden constituir un potencial reservorio de larvas o estadios infestantes para las especies de peces en cultivo, y más importante aún, presentar riesgo para la población humana debido a que algunas de ellas son zoonóticas.

Por otra parte, es preciso señalar que a nivel nacional Benavente et al. (2015) ha estudiado la diversidad y divergencia genética de ejemplares de trucha arcoíris naturalizadas del Lago Llanquihue usando un panel de 96 polimorfismos de único nucleótido (SNPs) que fueron originalmente desarrolladas para poblaciones nativas (Jones et al. 2015). Dicha aproximación ha permitido también identificar truchas arcoíris que podrían corresponder a individuos escapados desde centros de cultivo. Sin embargo, la identificación, al examen anatomopatológico de los salmónidos escapados, no es una temática nueva, siendo extensamente abordada en el Hemisferio Norte dado los impactos negativos de los salmónidos criados en cautiverio sobre las poblaciones nativas (Glover 2010). En nuestro país, por el contrario, estas aplicaciones son completamente nuevas, pudiendo utilizarse para diversas aplicaciones tales como la construcción de mapas genéticos de alta resolución, diagnósticos genéticos, análisis de estructura genética en poblaciones y análisis filogenéticos (Rafalski 2002). Una ventaja importante de los SNPs es su abundancia en el genoma, además de permitir la caracterización de loci afectados por selección neutral y estimar la divergencia adaptativa a una mayor escala (Everett et al. 2011).

El salmón del Atlántico posee abundantes recursos genómicos para estudios de este tipo, incluyendo 200.000 SNPs identificados desde poblaciones silvestres y de cultivo con el objetivo de ser usados en programas de mejoramiento genómico (Yáñez et al. 2016). Sin embargo, hasta ahora no se ha utilizado información genómica para caracterizar a los salmones del Atlántico de vida libre y compararlos probabilísticamente con una línea base de poblaciones de referencia de cultivo. Su aplicación podría inferir la ancestría del salmón Atlántico de vida libre, y así poder determinar si corresponden a poblaciones o variedades de cultivo.

Se ha visto que el salmón Atlántico escapado, puede dispersarse por grandes distancias, mostrando una gama de interacciones ecológicas y genéticas (Crozier 1993; Clifford et al., 1998; Skaala et al., 2006 y Glover et al. 2012, 2013a) con especies congéneres silvestres. Las interacciones genéticas han recibido considerable atención científica en los últimos 2-3 decenios, y ahora se acepta que los peces escapados representan una amenaza para la integridad genética de las poblaciones nativas.

Considerando lo indicado y en vista al potencial riesgo asociado a la transmisión de EAR entre poblaciones de peces silvestres/asilvestrados/cultivo es que se ha establecido una vigilancia de las Enfermedades de Alto Riesgo (EAR) en peces silvestres por medio de técnicas moleculares que permitan la detección, cuantificación y caracterización de patógenos en sectores representativos de las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes, donde existe cultivo intensivo de especies salmónidas, tanto en cuerpos de agua marina, dulce y estuarinas.

El presente informe da cuenta del total de las actividades y resultados finales comprometidos en el estudio durante el período 2016-2017, los resultados acumulados en términos de capturas y detección de material genómico de agentes patógenos causantes de EAR en las muestras analizadas desde el año 2010 al 2017.

2. METODOLOGIA

Las especies definidas para pesca en mar fueron:

- Salmón del Atlántico (*Salmo salar*)
- Salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*)
- Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)
- Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*)
- Trucha fario (*Salmo trutta fario*)
- Pejerrey de mar (*Odontheistes regia*)
- Róbalo (*Eleginops maclovinus*)

En el caso de la pesca en agua dulce, se definieron las siguientes especies que se detallan a continuación:

- Salmón del Atlántico (*Salmo salar*)
- Salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*)
- Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*)
- Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)
- Trucha fario (*Salmo trutta fario*)
- Pejerrey de agua dulce (*Basilichthys australis*)
- Peladilla (*Aplocheilichthys taeniatus*)
- Perca Trucha (*Percichthys trucha*)
- Puye Grande (*Galaxias maculatus*)

En cuanto a las zonas de muestreo, se definieron 29 zonas de muestreo en mar y lagos de la región de La Araucanía, región de Los Ríos, región de Los Lagos, región de Aysén y región de Magallanes y la Antártica chilena, las que se detallan en la Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente. Además, se consideró realizar muestreos en una “zona blanco” sin historial de presencia de centros de cultivo de especies salmónidas, como control negativo.

Igualmente la definición de los muestreos contempló la zonificación epidemiológica establecida por Sernapesca, según la condición epidemiológica de las Agrupaciones de Concesiones Salmoneras (ACS), en función de su condición sanitaria para ISAV y Caligidosis. A su vez, estas ACS, fueron agrupadas en las 8 Macrozonas, identificadas por Subpesca (Tabla 3).

Debido a que la condición epidemiológica de estas áreas es dinámica en el tiempo, se contempló mantener una actualización constante a fin de identificar zonas prioritarias en el desarrollo de los

muestreos, dada su condición de infectada por detección de variantes patogénicas de ISAv o debido a que presenta cargas de *Caligus* superiores a los límites establecidos por la normativa.

Debido a que la condición epidemiológica de las Agrupaciones de Concesiones de salmónidos es dinámica en el tiempo, si bien, se muestrearon las macrozonas identificadas por la Subsecretaría, se reorientaron algunos puntos de muestreo dentro de ellas, con la finalidad de muestrear en aquellas agrupaciones con el mayor porcentaje de mortalidad atribuible al patógeno *Piscirickettsia salmonis*. Esta actualización y reorientación constante de puntos permitió mantener en las campañas de pesca zonas que puedan ser consideradas prioritarias en el desarrollo de los muestreos. El detalle de estas zonas prioritarias se presenta en la Tabla 4.

La información epidemiológica de las respectivas zonas, a su vez se actualizó en forma mensual mediante la recepción de un informe consolidado entregado por una empresa subcontratada, que contempla más de un 90% de representatividad de la industria salmonicultora para las ACS.

Tabla 1. Zonas de muestreo en mar según Macrozonas por región.

Región	Zona de muestreo	Macrozona
Los Ríos	Estuario de Valdivia y Río Valdivia	-
Los Lagos	Estuario y Seno de Relocaví	1
	Chiloé Norte	2
	Chiloé Central	3
	Chiloé Sur	4
	Hornopirén y Fiordo Comau	5
Aysén	Melinka y Guaitecas Norte	6
	Guaitecas Sur, Fiordo Cupquelán y Estero Quitralco	7
	Fiordo Puyuhuapi y Raúl Marín Balmaceda	8
	Fiordo Aysén	-
	Control Negativo (Caleta Tortel y Río Cochrane)	-
Magallanes	Puerto Natales	-
	Capitán Arcena	-

Tabla 2. Zonas de muestreo en lagos por región

Región	N°	Detalle
Araucanía	4	Caburga
		Calafquén
		Colico
		Villarrica

Los Ríos	3	Ranco
		Panguipilli
		Riñihue
Los Lagos	7	Chapo
		Yelcho
		Llanquihue
		Rupanco
		Puyehue
		Natri
		Hullinco
Aysén	1	Riesco
Magallanes	1	Sofía
TOTAL	16	

Tabla 3. Zonas de muestreo por región y Agrupación de Concesiones (ACS)

Región	Macrozonas	ACS
Los Lagos	1	1
		2
		3A
		3B
		4
	2	5
		6
	3	7
		8
		9A
		9B
		9C
		10A
	4	10B
		11
		12A
		12B
5	12C	
	13	
	14	
	16	
	17A	
		17B

Aysén	6	18A	
		18B	
		18C	
		18D	
		18E	
		19A	
		19B	
		20	
		21A	
		21B	
		21C	
	7	22A	
		22B	
		22C	
		22D	
		23A	
		23B	
		23C	
		24	
		25A	
		25B	
		26A	
		26B	
		27	
		28A	
		28C	
		29	
		8	30A
			30B
	31A		
	31B		
	32		
	33		
	34		
	35		

Tabla 4. ACS prioritarias propuestas a considerar en las campañas de muestreo.

Región	Macrozonas	ACS
Los Lagos	M1	1
		2
	M2	6
		6
		6
	M3	10A
		10B
		10B
	M4	11
		12A
		12A
	M5	16
		17A
	Aysén	M6
21C		
21D		
7		26A
		26B
		26B
FA (Fiordo Aysén)		28B
		28B
		28B
M8		31A
		32
		32

Se realizaron dos campañas de muestreo para cada zona (29), las que se ejecutaron a contar del mes de diciembre de 2016 y hasta junio de 2017, las que fueron autorizadas mediante Resolución Ex. N° 2856 del 22 de septiembre de 2016 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Cada campaña de muestreo, tanto en concesiones de mar, estuario y cuerpos de agua dulce (lagos) consideró la captura de un mínimo de 80 ejemplares por zona, considerando un 15% mínimo de ejemplares pertenecientes a especies salmónidas. Los ejemplares fueron capturados en el marco de una pesca de investigación respaldada por la resolución anteriormente enunciada.

La obtención de las muestras se realizó en el perímetro de los centros de cultivo fuera del área de la concesión. El n muestral a obtener fue de mínimo 160 y máximo 180 peces en sumatoria en las dos campañas de muestreo contempladas. Cada zona geográfica consideró un total de 3 puntos de

muestreo, cada uno de los cuales fue georreferenciado. Las embarcaciones que ejecutaron esta actividad, se rigieron bajo las medidas de bioseguridad y procedimientos de desinfección establecidos por el Sernapesca, mediante Res. Ex. N° 332 del 2011 y sus modificaciones.

Las muestras obtenidas se procesaron en instalaciones dispuestas en terreno en las dependencias de IFOP en la zona de Aysén, Magallanes y Chiloé y/o enviadas al laboratorio de IFOP Puerto Montt en el caso de las muestras provenientes de la Región de La Araucanía, Región de Los Ríos y Región de Los Lagos continente, manteniendo una temperatura inferior a los 10°C con hielo o gel pack, en etanol absoluto para biología molecular, la que fue registrada al momento de ser ingresadas al laboratorio, con un termómetro digital. A los ejemplares capturados se les realizó muestreo biológico y registro de variables morfológicas. Se realizó la necropsia de los ejemplares capturados con la finalidad de describir anomalías en base a la comparación de aquellos ejemplares que presentan alteraciones y de aquellos considerados normales. Se tomaron registros fotográficos de los ejemplares capturados y de sus principales hallazgos observados a la necropsia. Adicionalmente, se identificaron taxonómicamente los parásitos, tanto externos como internos, que fueron detectados en el análisis anatomopatológico.

Una vez efectuada la captura de los ejemplares, el muestreo biológico y el registro de las variables morfológicas, se realizó la necropsia de los ejemplares capturados con la finalidad de describir anomalías en base a la comparación de aquellos ejemplares que presentaron alteraciones respecto de aquellos considerados normales. De igual modo, se tomaron registros fotográficos de los ejemplares capturados y de los principales hallazgos observados a la necropsia. Adicionalmente, se obtuvieron muestras de los parásitos observados a la necropsia, tanto internos como externos, los que fueron identificados taxonómicamente, al menos hasta nivel de género. Los patógenos de interés analizados fueron clasificados por tipo de ambiente y especie susceptible. El detalle se presenta en las tablas 5 y 6, respectivamente.

Tabla 5. Agentes patógenos analizados en el presente estudio, por tipo de ambiente.

Patógenos	Muestreos Agua Dulce	Muestreo Estuario	Muestreo Agua Mar	Órgano blanco
Virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Virus del Síndrome Cardiomiopático (CMS)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Virus de la Septicemia Hemorrágica Viral (VHS)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y

				branquias
Virus de la Necrosis Hematopoyética Infecciosa (IHNV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Virus de la Necrosis Hematopoyética Epizoótica (EHNV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Piscine reovirus (PRV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Alphavirus de los salmonídeos (SAV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
Virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAV)	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
<i>Piscirickettsia salmonis</i>	X*	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
<i>Renibacterium salmoninarum</i>	X	X	X	Riñón, bazo, corazón y branquias
<i>Flavobacterium psychrophilum</i>	X	No aplica	No aplica	Riñón, bazo, corazón y branquias
<i>Aeromonas salmonicida</i> , <i>Vibrio ordalii</i> , <i>Yersinia ruckerii</i> , <i>Streptococcus phocae</i> ,	X**	X**	X**	Riñón, bazo, corazón y branquias

* Solo en caso de que se asocie a información de antecedentes de reproductores positivos en piscicultura u otro antecedente epidemiológico relevante otorgado por Sernapesca o Subpesca.

** Solo en caso de brote.

Tabla 6. Porcentaje de análisis a realizar en el presente estudio, por especie susceptible.

Tipo de Agente	Agua Dulce		Agua Mar y estuario	
	Salmónidos	No Salmónidos	Salmónidos	No Salmónidos
Virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv)	100%	30%	100%	30%
Virus del Síndrome Cardiomopático (CMS)	100%	-	100%	-

Alphavirus de los salmonídeos (SAV)	100%	-	100%	-
Virus de la Septicemia Hemorrágica Viral (VHS)	100%	-	100%	-
Virus de la Necrosis Hematopoyética Epizootica (EHNv)	100%	-	100%	-
Virus de la Necrosis Hematopoyética Infecciosa (IHNv)	100%	-	100%	-
Piscine reovirus (PRV)	100%	-	100%	-
Virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNv)	100%	100%	100%	100%
<i>Piscirickettsia salmonis</i>	100%	100%	100%	100%
<i>Renibacterium salmoninarum</i>	100%	100%	100%	100%
<i>Flavobacterium psychrophilum</i>	100%	100%	-	-
<i>Aeromonas salmonicida</i> , <i>Vibrio ordalii</i> , <i>Yersinia ruckerii</i> , <i>Streptococcus phocae</i>	100%*	100%*	100%*	100%*

* Solo en caso de brote

Las muestras fueron analizadas en forma individual por medio de RT-PCR, de acuerdo a los protocolos montados en el Laboratorio de Biología Molecular del IFOP. La elección de esta metodología es debido a la rapidez, sensibilidad y especificidad de la misma, permitiendo entregar resultados más confiables y en un menor tiempo.

En particular para el análisis del patógeno *Piscine reovirus* (PRV) se definió tomar de manera independiente, y para el caso particular de las especies salmónidas, una muestra de corazón que incluya aurícula y ventrículo, y un trozo de musculo esquelético, extraído desde el punto situado entre línea media del pez y la aleta dorsal, los que fueron puestos en tubos Falcon de 50 ml y preservados en formalina tamponada al 10%. Aquellas muestras que resultaron positivas al análisis de RT-PCR fueron enviadas para análisis confirmatorio al Laboratorio de Referencia de acuerdo al D.S. (MINECON) N° 319 de 2001, las que se analizaron mediante RT-PCR e histología.

En cuanto al análisis epidemiológico para relacionar la presentación clínica de una Enfermedad de Alto Riesgo (EAR) en peces de cultivo con el estatus sanitario de las especies silvestres muestreadas fue realizado únicamente considerando sólo el patógeno *Piscirickettsia salmonis*,

debido a la importancia sanitaria que este presenta en la actualidad en los centros de cultivo, y además porque ha presentado las mayores positividades en las especies silvestres y ferales. Con el propósito de determinar la posible relación entre la presentación clínica de la enfermedad producida por *P. salmonis* en peces de cultivo con respecto a las positividades en las especies silvestres, se realizó como primera aproximación un análisis espacial de la información obtenida desde ambas partes a través del programa computacional de los sistemas de información geográfica ArcGIS 10.4.

La información desde la industria fue obtenida por medio de los informes productivos y sanitarios mensuales entregados por una empresa de asesorías y análisis productivos, la cual proporcionó la mortalidad específica por SRS (Piscirickettsiosis) en cada uno de los barrios (Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura) de las regiones de los Lagos y Aysén. En el presente análisis, se consideró la información de los últimos 12 meses (junio 2016 - junio 2017), ya que, a partir del año 2016 (junio) se cuenta con la información relacionada con la mortalidad específica por *P. salmonis* en cada uno de los barrios.

En cuanto a la información generada por el programa de vigilancia de especies silvestres, se obtuvieron los resultados de PCR-RT *P. salmonis*, con los cuales se estimaron las proporciones de los peces positivos a este agente patógeno, con respecto al total de peces capturados en cada barrio (ACS) de las regiones de Los Lagos y Aysén.

Con los resultados de los análisis espaciales de ambas partes, se procedió a relacionar los barrios analizados mediante un análisis de correlación de Pearson, con el fin de estimar una relación espacial de las positividades en especies silvestres con respecto a la situación sanitaria de *P. salmonis* en las Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura (ACS).

Finalmente, para identificar y evaluar la capacidad de que especies no salmonídeas puedan actuar como reservorio de una EAR, se realizaron estudios de desafío bidireccionales por cohabitación entre la especie *Eleginops maclovinus* y *Salmo salar*, que consideró la incorporación de 25 ejemplares de Róbalos (*Eleginops maclovinus*) y 25 ejemplares de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) que fueron utilizados como troyano, inoculados con una dosis de inóculo de *P. salmonis* de patogenicidad conocida y previamente titulada. Se conformaron los grupos experimentales, en base a un modelo bidireccional, cada uno de ellos en triplicado, compuestos por individuos “troyanos” y “cohabitantes” según la especie que correspondía, además del respectivo control positivo y negativo.

Una vez finalizado el estudio de cohabitación programado, se procedió a realizar los análisis estadísticos de la información obtenida. Se procedió analizar las curvas de mortalidad y sobrevivencia, para cada uno de los grupos experimentales sometidos a estudio (róbalo



troyano/salar cohabitante, salar troyana/róbalo cohabitante y control positivo). Para la realización de las pruebas estadísticas y análisis de los datos se utilizó el software Statistica v.10.

3. RESULTADOS

La actividad de obtención de los peces se realizó en el perímetro de los centros de cultivo, fuera del área de la concesión, considerando un n muestral de mínimo 160 y máximo 180 peces, como sumatoria de las dos campañas de muestreo programadas. Por cada zona geográfica se consideró un total de 3 puntos de muestreo, con su georreferenciación respectiva, según fue mencionado en la sección metodológica del presente documento.

En relación a los muestreos en el marco de la totalidad de las campañas de muestreo, se obtuvieron ejemplares de las 29 zonas previamente definidas, las que correspondieron a las zonas distribuidas en las Regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Región de Magallanes. El resultado de las zonas que fueron muestreadas con sus respectivas capturas y la estadística descriptiva de sus resultados se presenta a continuación.

El número de peces capturados en la totalidad de las zonas geográficas definidas fue de 4699 individuos, especies que se enmarcaron según lo establecido en la Resolución Exenta de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura N° 2856 del 22 de septiembre del 2016.

Del total de peces capturados en las cinco regiones estipuladas dentro del marco de estudio, el 39,5% (1856) de ellos corresponde a los peces capturados en la Región de Los Lagos, seguido por la Región de Aysén con un 22,1% (1038) del total, en tercer y cuarto lugar se ubicaron las regiones de la Los Ríos (656) y La Araucanía (636), con un 14% y 13,5% de las capturas, respectivamente. Finalmente, en la Región de Magallanes se capturaron sólo el 10,9% (513) del total de peces (Figura 1).

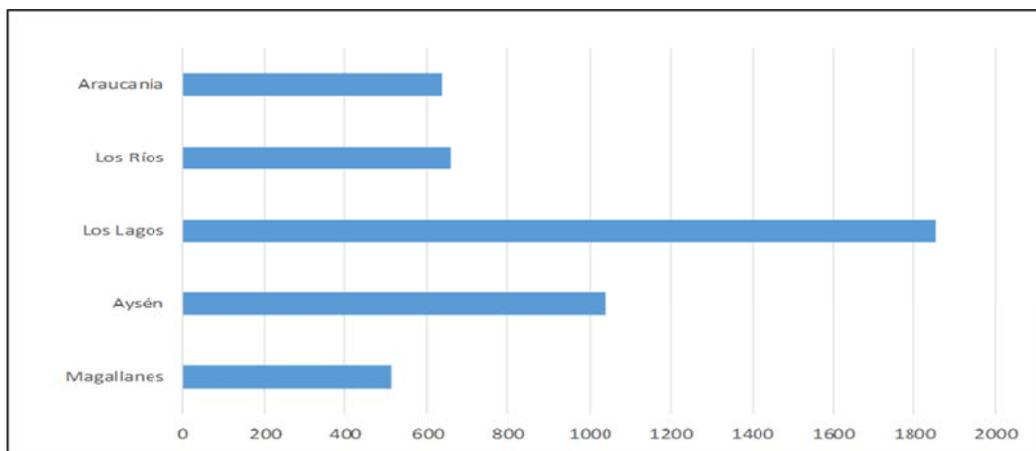


Figura 1. Total de peces capturados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Con respecto a la distribución de peces capturados por cuerpo de agua, el 55% (2574) fue representado por las capturas en agua dulce, seguido por los individuos capturados en agua de mar con un 39% (1850) y finalmente los peces de aguas estuarinas con sólo el 6% (275) del total (Figura 2).

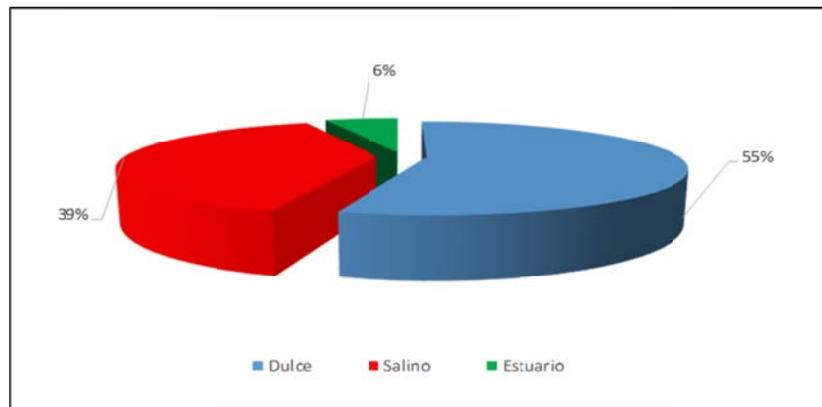


Figura 2. Porcentaje total de peces capturados por cuerpo de agua.

Se realizó la estratificación de especies capturadas en las cinco regiones definidas, donde el 27% (1270) de ellos correspondió a la especie róbalo, seguido por pejerrey de agua dulce con un 18% (846) del total. En tercer lugar, con un 16,3% (764) se encontró pejerrey de mar, seguido por trucha arcoíris con un 14,3% (674) del total de las especies. En quinto lugar, se encontró trucha fario con un 10% (470), salmón coho con un 9,5% (448), y perca trucha con un 3,8% (178) del total. Aquellas con número de capturas menor al 1% fueron peladilla, salmón del Atlántico y salmón chinook (Figura 3).

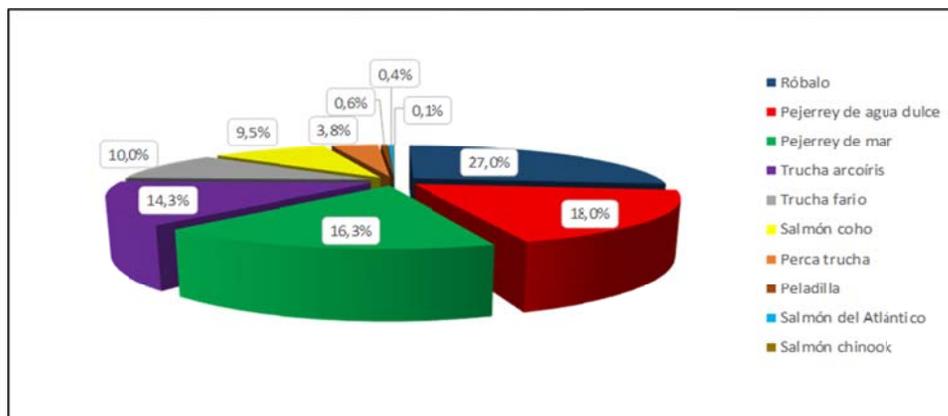


Figura 3. Total de peces capturados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes según especie y porcentaje total de individuos.

Se realizó la estratificación del porcentaje de especies capturadas por cuerpos de agua en las regiones antes mencionadas (Figura 4). En cuerpos de agua dulce se capturaron 2574 individuos, siendo pejerrey de agua dulce con un 32,8%, trucha arcoíris con un 24,9%, trucha fario con un 14,4% y salmón coho con 12,5%, las principales especies capturadas. En el cuerpo de agua salino, se capturaron 1850 individuos, siendo el róbalo con 58,3%, pejerrey de mar con un 28,4% y salmón coho con un 10,9%, los que aportaron con más del 97% de la totalidad de las especies extraídas. Finalmente, sólo 275 individuos fueron capturados en estuarios, siendo róbalo con un 56,7%, pejerrey de mar con 29,4% y trucha arcoíris con un 10,5%, los que aportaron casi la totalidad de las especies extraídas desde este cuerpo de agua.

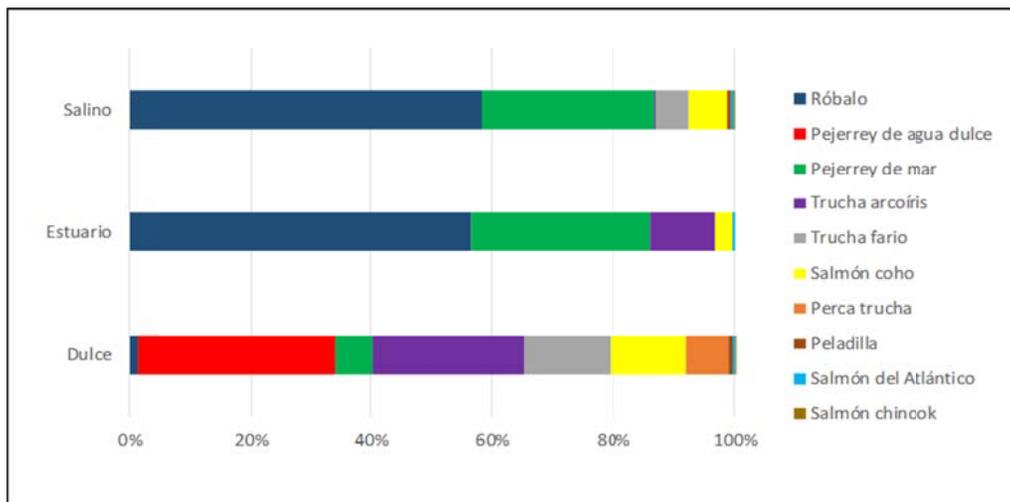


Figura 4. Estratificación del porcentaje de peces capturados por cuerpos de agua por Región.

Se realizó la estratificación de los peces capturados por Región y el porcentaje que presentó cada especie (Figura 5). La Región de Los Lagos registró un 39,5% (1856) del total, siendo róbalo pejerrey de mar con un 28,1%, róbalo con un 25,2%, trucha fario con 18,7%, salmón coho con 9,15% y finalmente perca trucha con un 8,9%, las especies con mayor captura. Le sigue la región de Aysén con un 22,1% (1038) del total, predominando el róbalo con 48,7%, trucha fario con un 18%, pejerrey de mar con un 17% y salmón coho con un 10,8%. La región de Los Ríos presentó un 14% (656) del total las capturas, predominando las especies pejerrey de agua dulce con un 43,2%, trucha arcoíris con un 29,5% y pejerrey de mar con un 8,23%. La región de La Araucanía presentó un 13,5% (636) de las capturas, siendo pejerrey de agua dulce con un 77,6%, y trucha arcoíris con 16,5%, las principales especies capturadas. Finalmente, la región de Magallanes presentó un 10,9%

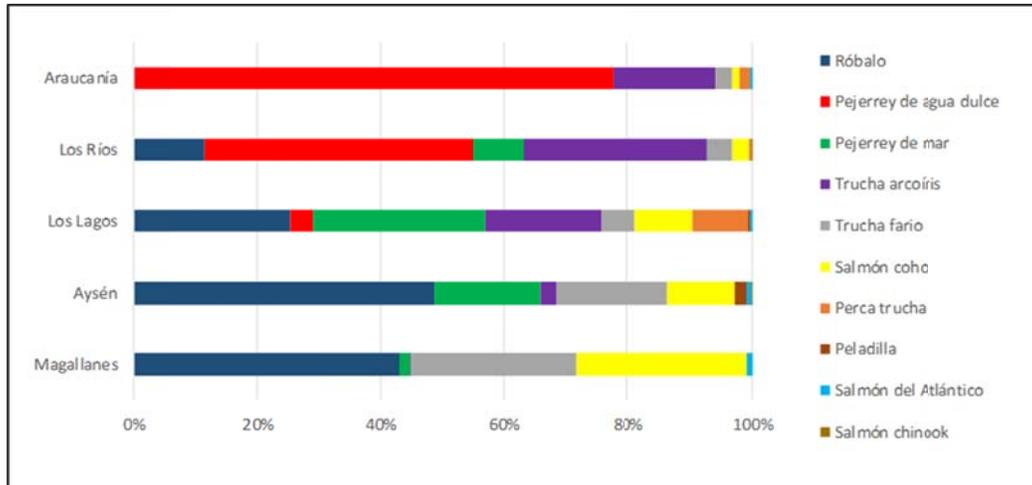


Figura 5. Estratificación del porcentaje de peces capturados por Región.

La especie pejerrey de agua dulce fue la más capturada en la Región de la Araucanía, con un 77,7% (494), seguido por trucha arcoíris con un 16,5% (105), en tercer lugar, trucha fario con un 2,5% (16) (Figura 6). Finalmente, con menos del 2% se encontró perca trucha, salmón coho y salmón del Atlántico con 11, 8 y 2 capturas, respectivamente.

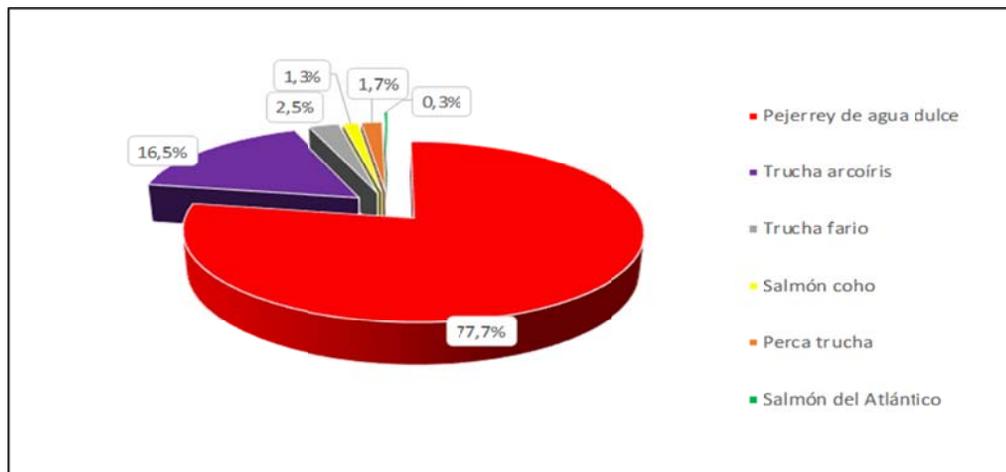


Figura 6. Número de peces capturados en la Región de La Araucanía según especie.

En el Lago Villarrica las principales especies capturadas fueron pejerrey de agua dulce, con valores cercanos al 59% de las capturas totales en dicha zona (96), seguida de la especie trucha arcoíris con valores cercanos al 35%. Situación similar se presentó en los lagos Calafquén, Caburga y

Colico, donde las principales especies capturadas fueron pejerrey de agua dulce con valores cercanos al 94%, 86% y 73%; respectivamente, seguido de la especie trucha arcoíris con valores cercanos al 23% para el lago Colico, e inferiores al 5%, tanto para el lago Calafquén como el lago Caburga (Figura 7).

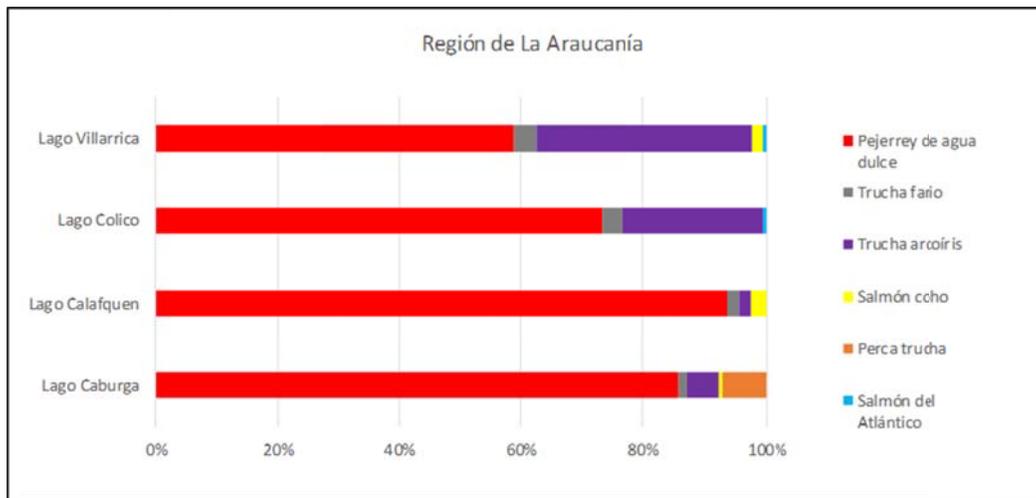


Figura 7. Capturas por especie (%) en cada zona geográfica de la Región de la Araucanía.

La especie pejerrey de agua dulce fue la más capturada en la región de Los Ríos, con un 43,3% (284), seguido por trucha arcoíris con 29,6% (194), en tercer lugar, róbalo con un 11,6% (76), en cuarto lugar, pejerrey de mar con un 8,2% (54), en quinto lugar, trucha fario con un 4,1% (27), y en sexto lugar salmón coho con un 2,7% (18). Finalmente, con menos del 1% se capturaron las especies perca trucha (2) y salmón chinook (1) (Figura 8).

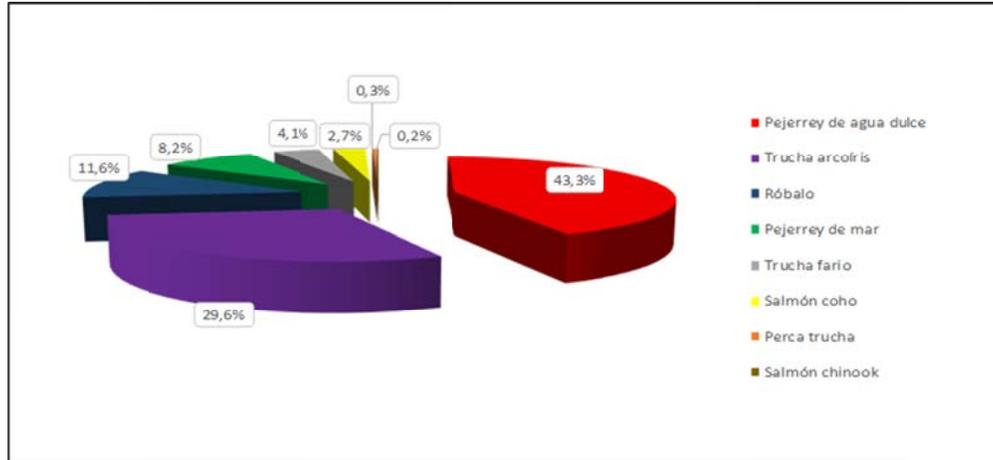


Figura 8. Número de peces capturados en la región de Los Ríos según especie.

En lo que respecta a las zonas de la Región de Los Ríos, en Los lagos Ranco y Panguipulli, las principales especies capturadas fueron pejerrey de agua dulce, con valores cercanos al 77% y 64%, respectivamente, seguido de la especie trucha arcoíris con valores que alcanzaron el 19% y 31%, respectivamente. En el lago Riñihue, el 54% de las especies capturadas correspondió a la especie trucha arcoíris, seguido de pejerrey de agua dulce con un 36%. El 10% restante estuvo dado por las especies trucha fario y perca trucha, respectivamente. Finalmente, para el Estuario Valdivia y Río Valdivia, la especie róbalo alcanzó el 49% y 38% de las capturas, seguido de la especie pejerrey de mar que presentó un 26% y 39% de las especies capturadas; respectivamente. En el caso de los salmónidos, el 25% de las capturas en el estuario correspondió a trucha arcoíris en tanto que el 23% de los ejemplares obtenidos desde el río Valdivia correspondieron a salmón coho (Figura 9).

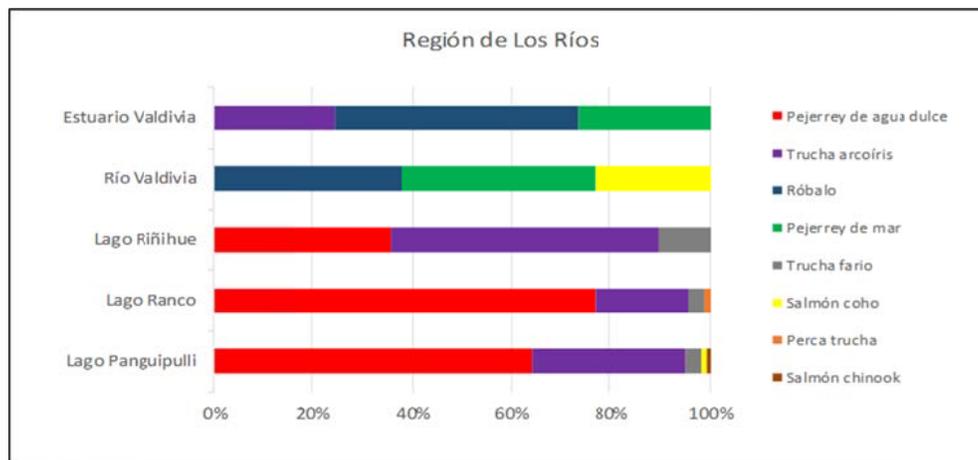


Figura 9. Capturas por especie (%) en cada zona geográfica de la Región de Los Ríos.

La especie pejerrey de mar fue la más capturada en la Región de Los Lagos con un aporte del 28,2% (523), seguido por róbalo con 25,2% (468), en tercer lugar, trucha arcoíris con un 18,7% (347) del total, en cuarto lugar, con un 9,2% (170) se encontró salmón coho. Con un 8,9% del total de las especies se encontró perca trucha (165). En sexto lugar, se encontró trucha fario con un 5,5% (103) del total de las capturas, seguido de pejerrey de agua dulce con el 3,7% (68) de las capturas. (Figura 10). Finalmente, con menos del 1% de las especies capturadas se encontraron salmón del Atlántico (5) y peladilla (7).

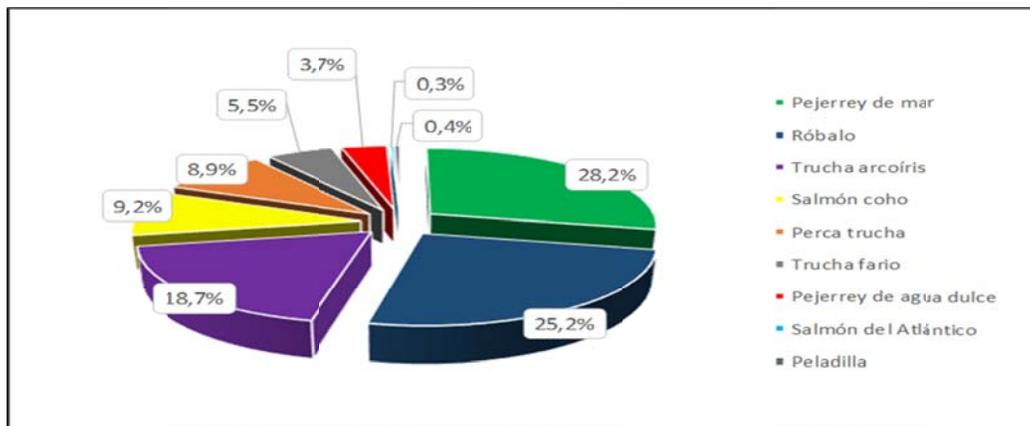


Figura 10. Número de peces capturados en la Región de Los Lagos según especie.

La especie róbalo fue la más capturada en la Región de Aysén con un aporte del 48,7% (505), seguido por trucha fario con 18% (187), en tercer lugar, pejerrey de mar con un 17,1% (178) del total, en cuarto lugar, salmón coho con un 10,8% (112). En menor proporción, con un 2,6% y 1,9% se encontraron trucha arcoíris (27) y peladilla (20). Finalmente, con un valor inferior al 1% se capturó salmón del Atlántico (7) y salmón chinook (2) (Figura 11).

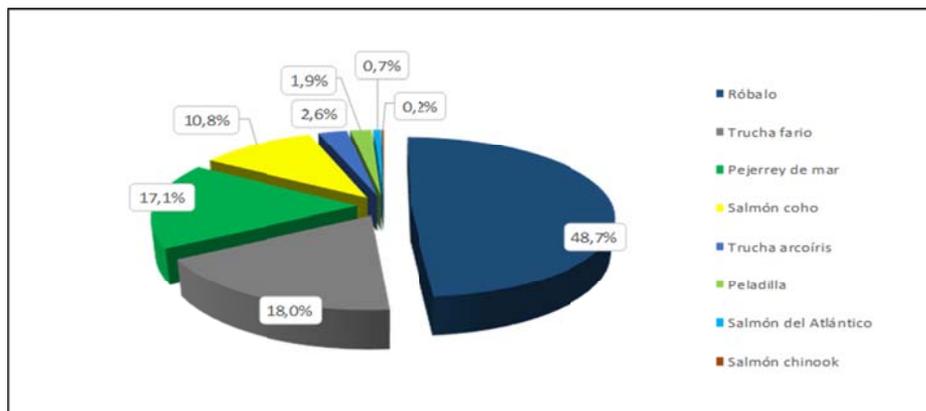


Figura 11. Número de peces capturados en la Región de Aysén según especie.

La especie róbalo fue la más capturada en Magallanes con un 43,1% (221), seguido por salmón coho con 27,3% (140), en tercer lugar con un 26,7% trucha fario (137). Finalmente, en menor proporción, pejerrey de mar con un 1,8% (9), salmón del atlántico con un 1% (5) y trucha arcoíris con un 0,2% (1) (Figura 12).

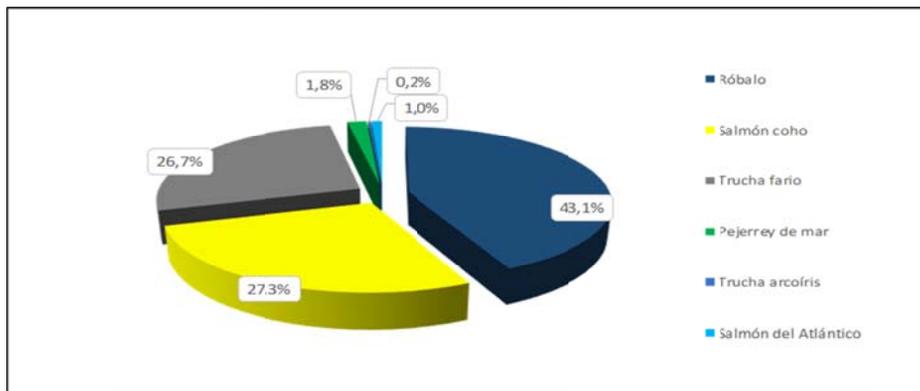


Figura 12. Número de peces capturados en la Región de Magallanes según especie.

En cuanto a la distribución por sexo del total de peces capturados fue: hembras (H), machos (M) e indeterminados/inmaduros (I) (Figura 13). Se observa que el principal grupo capturado fue de hembras (2334), que predominó específicamente en róbalo, pejerrey de mar, pejerrey de agua dulce, trucha fario y perca trucha. Para el caso de los individuos indeterminados (1325), que fue el segundo grupo más capturado, predominaron las especies trucha arcoíris, salmón coho y peladilla. En conclusión, el grupo menos capturado fue el de machos (1039), donde únicamente predominio en la especie salmón chinook con 2 ejemplares machos de un total de 3 individuos capturados.

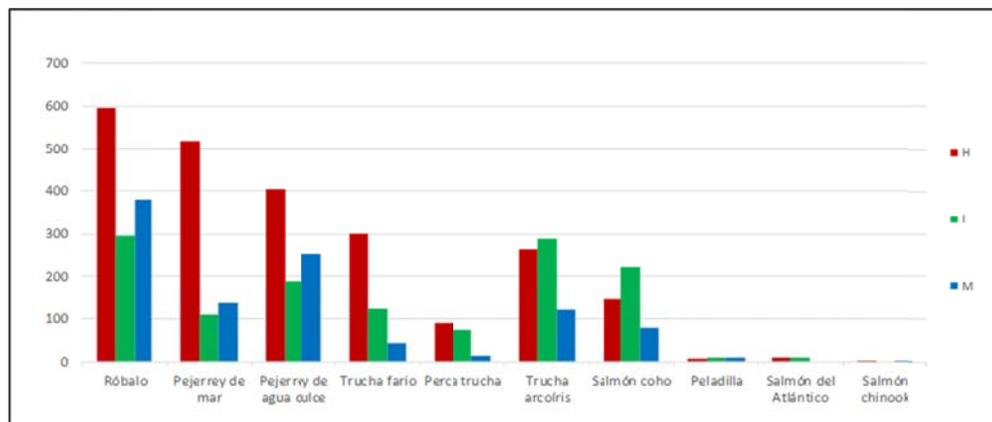


Figura 13. Distribución de especies capturadas, según sexo.

En relación a la estratificación por sexo para los peces capturados en la región de la Araucanía, el 48% (304) del total de los peces capturados en dicha región, correspondieron a individuos hembra (H), seguido del 28% (178) que correspondieron a individuos en estado indiferenciado (I), y finalmente el 24% (154) correspondió a ejemplares macho (M) (Figura 14).

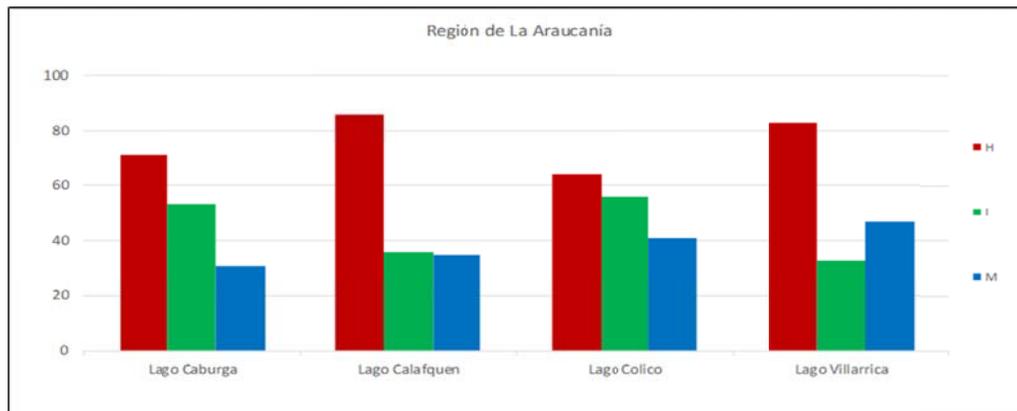


Figura 14. Estratificación por sexo, para la región de la Araucanía

En relación a la estratificación por género para los peces capturados en la región de Los Ríos, el 39% (257) del total de los peces capturados en dicha región, correspondieron a individuos hembra (H), seguido del 31% (204) que correspondieron a individuos macho (M), y finalmente el 30% restante (195) correspondió a ejemplares en estado indiferenciado (I) (Figura 15).

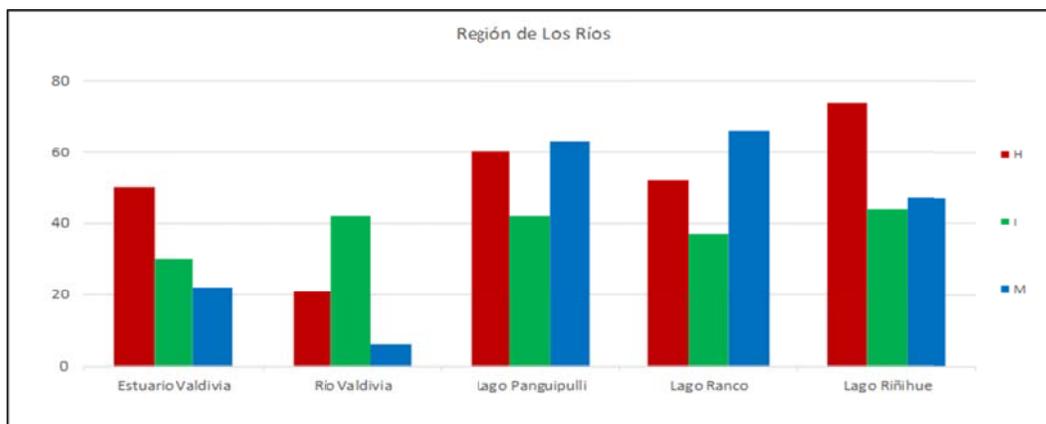


Figura 15. Estratificación por sexo, para la región de Los Ríos.

Respecto de la estratificación por género para los peces capturados en la región de Los Lagos, el 44% (820) del total de los peces capturados en dicha región, correspondieron a individuos hembra (H), seguido del 37% (690) que correspondieron a individuos en estado indiferenciado (I), y finalmente el 19% (346) correspondió a ejemplares macho (M) (Figura 16).

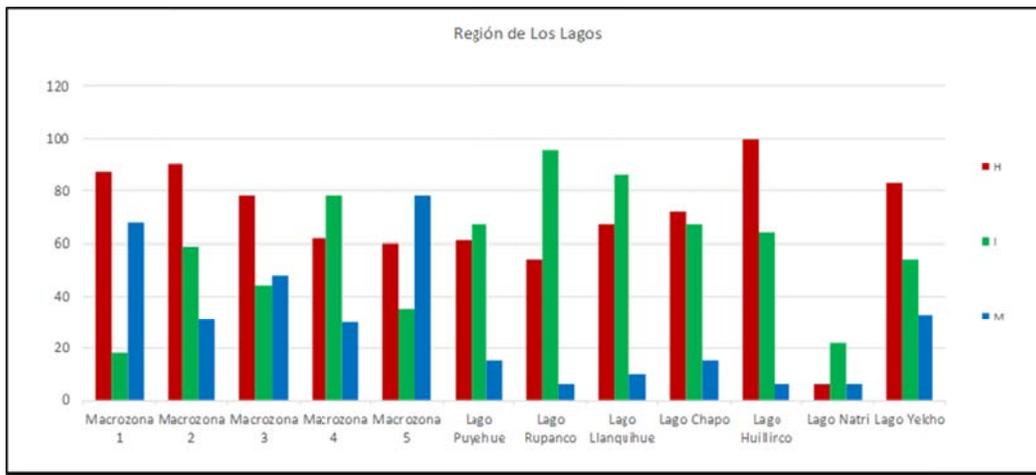


Figura 16. Estratificación por sexo, para la región de Los Lagos.

Respecto a la estratificación por género para los peces capturados en la región de Aysén, el 63% (650) del total de los peces capturados en dicha región, correspondieron a individuos hembra (H), seguido del 22% (225) que correspondieron a individuos macho (M), y finalmente el 15% (163) correspondió a ejemplares en estado indiferenciado (I) (Figura 17).

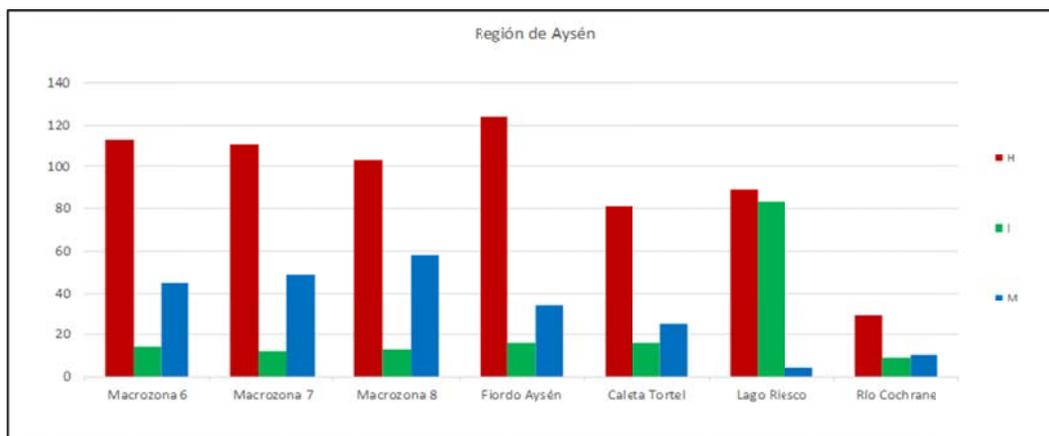


Figura 17. Estratificación por sexo, para la región de Aysén.

Respecto a la estratificación por género para los peces capturados en la región de Magallanes, el 47% (253) del total de los peces capturados en dicha región, correspondieron a individuos hembra, seguido del 34% (184) que correspondieron a individuos macho, y finalmente el 19% (105) correspondió a ejemplares en estado indiferenciado (Figura 18).

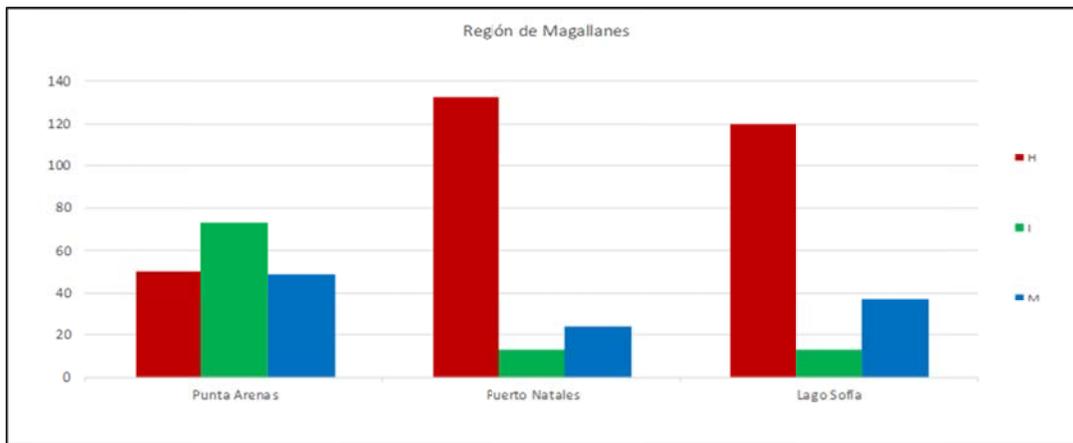


Figura 18. Estratificación por género, para la región de Magallanes.

En relación al hallazgo de parásitos detectados al examen anatomopatológico de los peces, respecto del total de los individuos que fueron capturados en las zonas comprometidas (n=4699), un 8,11% (n=381) de los peces presentaron hallazgos representados como presencia de parásitos, caracterizados por distintas especies parasitarias (Figura 19). Del total de hallazgos parasitarios, un 50,5% (n=212) de ellos se encontró representado por endoparásitos, mientras que un 49,5% (n=208) por ectoparásitos (Figura 20).

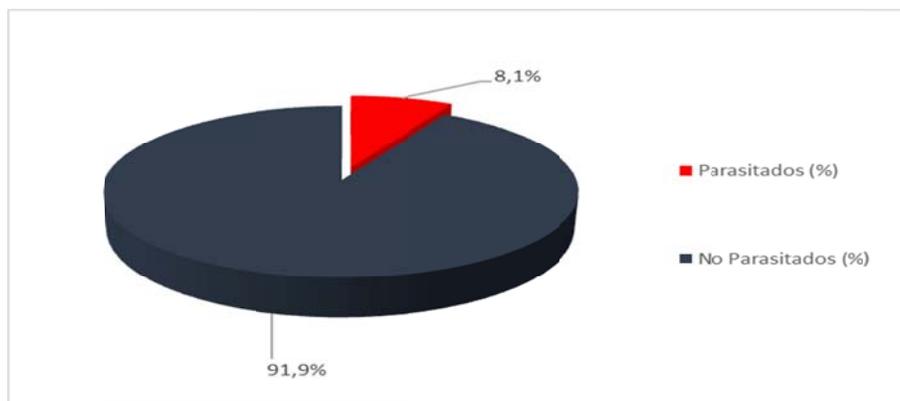


Figura 19. Distribución de ejemplares con presencia de parásitos respecto del total de peces capturados en las zonas geográficas.

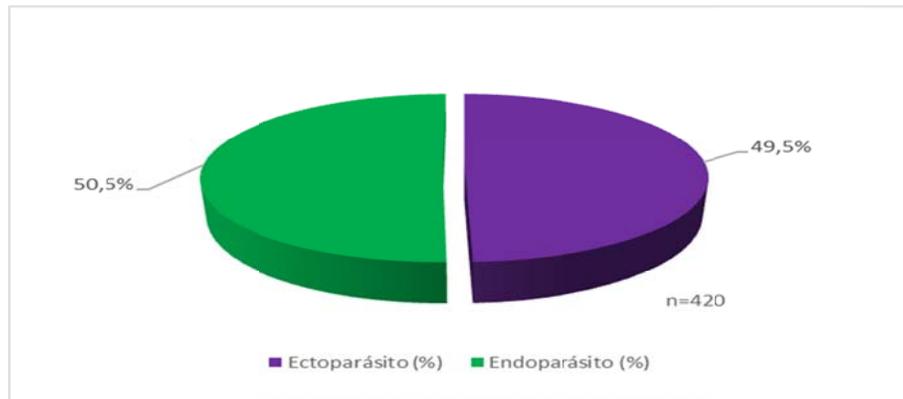


Figura 20. Clasificación de parásitos detectados de acuerdo a su ubicación en el pez.

Respecto de la distribución de los peces parasitados de acuerdo al tipo de cuerpo de agua en el cual fueron capturados, se observó que el 58,0% (n=221) de los peces parasitados se obtuvieron desde cuerpos de agua salina, el 36% (n=137) desde cuerpos de agua dulce, y un 6,0% (n=23) desde cuerpos de agua estuarina (Figura 21).

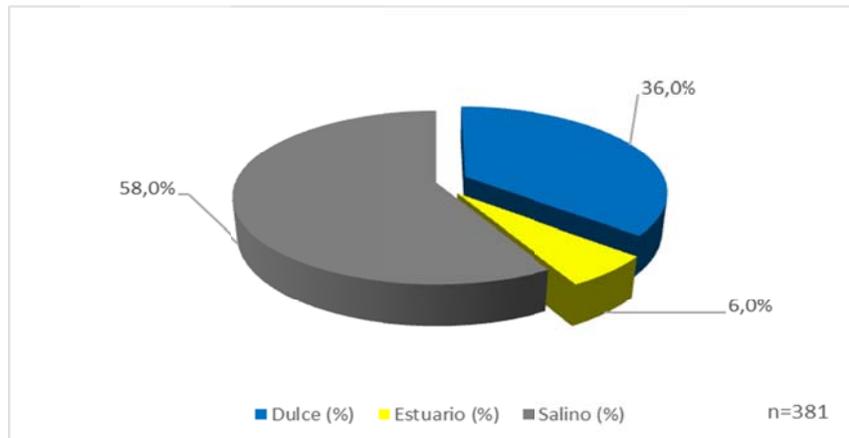


Figura 21. Distribución de peces parasitados de acuerdo al tipo de cuerpo de agua.

En relación a los hallazgos de parasitosis observados en la necropsia de los ejemplares obtenidos en el total de capturas realizadas (n=4699), se debe destacar que en 18 zonas fue posible identificar hallazgos parasitarios. Se detalla que las 5 zonas con mayor porcentaje de individuos parasitados sobre el total de capturas corresponden a: Lago Llanquihue (L1) (1,8%, 83/4699),

Macrozona 2 (M2) (1,9%, 90/4699) correspondiente a Chiloé norte, Macrozona 3 (M3) (1,2%, 56/4699) en Chiloé Central, Macrozona 4 (M4) (0,8%, 37/4699) correspondiente a Chiloé Sur, y finalmente Macrozona 6 (M6) (0,5%, 24/4699) correspondiente a Melinka y Guaitecas Norte. El resto de las zonas no superó el 0,5% de individuos parasitados del total de capturas (Tabla 7).

Mayor detalle del número de peces parasitados y capturas por zona geográfica definida, junto al porcentaje de individuos parasitados, se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Número de peces parasitados y capturas de peces por zona, junto al porcentaje de ejemplares parasitados por zona y total de capturas.

Zonas	N° peces parasitados	N° capturas por zona	% Parasitados por zona	% Parasitados sobre el total capturas
Lago Llanquihue (L1)	83	163	50,90%	1,80%
Chiloé Norte (M2)	90	180	50,00%	1,90%
Chiloé Central (M3)	56	170	32,90%	1,20%
Chiloé Sur (M4)	37	170	21,8%	0,8%
Melinka y Guaitecas norte (M6)	24	172	14,0%	0,5%
Estuario y Seno de Reloncaví (M1)	17	173	9,8%	0,4%
Lago Panguipulli (L12)	16	165	9,7%	0,3%
Estuario y río Valdivia (EV)	14	171	8,2%	0,3%
Lago Colico (L9)	8	161	5,0%	0,2%
Lago Riñihue (L13)	7	165	4,2%	0,1%
Lago Huillinco (L4)	7	170	4,1%	0,1%
Lago Villarrica (L10)	6	163	3,7%	0,1%
Hornopirén y Fiordo Comau (M5)	6	173	3,5%	0,1%
Punta Arenas (PA)	3	173	1,7%	0,1%
Lago Puyehue (L16)	2	143	1,4%	0,0%
Macrozona 7 (M7)	2	172	1,2%	0,0%
Fiordo Aysén (FA)	2	174	1,1%	0,0%
Macrozona 8 (M8)	1	174	0,6%	0,0%
Total general				8,1%

En cuanto a la composición de especies parasitadas, el róbalo corresponde a la especie que ha presentado mayor porcentaje de parasitismo (66,1%, n=252), seguido de la especie salmón coho (20,7%, n=79), trucha arcoíris (8,4%, n=32), pejerrey de agua dulce (1,8%, n=13), pejerrey de mar (1,3%, n=5), y finalmente salmón del Atlántico y trucha fario con valores menores al 1% (Figura 22).

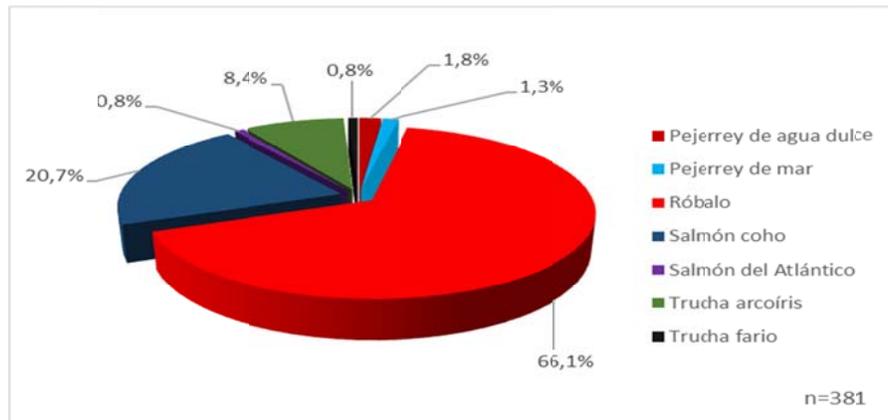


Figura 22. Composición de especies parasitadas por diversos tipos de parásitos.

Se debe destacar que no se realizó un muestreo sistemático taxonómico de los parásitos, ya que se priorizó determinar la presencia/ausencia de parásitos en los peces a modo general. De todas formas, se rescataron un total de 420 parásitos que representaron aquellos fácilmente reconocibles a ojo desnudo o simple vista y/u observables. Se debe destacar que el número de parásitos no coincide con el número de individuos parasitados (n=381), ya que en algunos casos los peces presentaron más de un parásito. La recolección de ejemplares parásitos desde las capturas ha permitido la identificación de éstos a nivel de género y/o especie. Las familias parasitarias registradas corresponden a: Anisakidae, Argulidae, Caligidae, Chondracanthidae, Diphyllbothriidae y Hypoechinorhynchidae. En la Tabla 8, se observa la composición por zonas de muestreo, especies parasitadas, órgano desde el cual fue obtenido y los géneros y/o especies parasitarias encontradas en las zonas de captura.

Tabla 8. Especie de pez, órgano parasitado y género parasitario para las zonas con ejemplares parasitados

Zona de muestreo	Especie	Órganos	Género o especie parasitaria
Estuario y río Valdivia (EV)	Robalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Argulus sp.; Caligus rogercresseyi; Udonella sp.</i>

	Trucha arcoíris	Piel	<i>Argulus sp.</i>
Fiordo Aysén (FA)	Pejerrey de mar	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
Lago Llanquihue (L1)	Salmón coho	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium sp.</i> ; <i>Diphyllbothrium latum</i> ; <i>Diphyllbothrium dendriticum</i>
	Salmón del Atlántico	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
	Trucha arcoíris	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>
Lago Villarrica (L10)	Pejerrey de agua dulce	Branquias	<i>Contracaecum sp.</i>
		Cavidad abdominal	<i>Contracaecum sp.</i>
	Trucha arcoíris	Branquias	<i>Contracaecum sp.</i>
Lago Panguipulli (L12)	Trucha arcoíris	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium latum</i> ; <i>Diphyllbothrium dendriticum</i>
	Trucha fario	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
Lago Riñihue (L13)	Salmón coho	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
		Intestino	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
	Trucha arcoíris	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium latum</i>
Lago Puyehue (L16)	Trucha arcoíris	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>
Lago Huillinco (L4)	Róbalo	Piel	<i>Argulus sp.</i>
Lago Colico (L9)	Pejerrey de agua dulce	Branquias	<i>Hysterothylacium sp.</i>
	Trucha arcoíris	Cavidad abdominal	<i>Diphyllbothrium latum</i>
		Intestino	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
	Trucha fario	Intestino	<i>Diphyllbothrium sp.</i>
Estuario y Seno del Reloncaví (M1)	Pejerrey de mar	Cavidad abdominal	<i>Lepeoptheirus sp.</i>
	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Lepeoptheirus sp.</i>
Chiloé norte (M2)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Intestino	<i>Hypoechinorhynchus magellanicus</i>
		Piel	<i>Caligus sp.</i> ; <i>Caligus rogercresseyi.</i> ; <i>Lepeoptheirus sp.</i> ; <i>Udonella sp.</i>
Chiloé Central (M3)	Pejerrey de	Piel	<i>Caligus sp.</i>

	mar		
	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
Piel		<i>Caligus sp.; Caligus rogercresseyi; Lepeoptheirus sp.</i>	
Chiloé sur (M4)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Caligus sp.; Caligus rogercresseyi; Lepeoptheirus sp.</i>
Hornopirén y Fiordo Comau (M5)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Caligus sp.</i>
Melinka y Guaitecas norte (M6)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Caligus sp.; Caligus rogercresseyi; Lepeoptheirus sp.</i>
Macrozona 7 (M7)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
		Piel	<i>Caligus rogercresseyi; Udonella sp.</i>
Macrozona 8 (M8)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
Punta Arenas (PA)	Róbalo	Branquias	<i>Acanthochondria sp.</i>
	Salmón coho	Cavidad abdominal	<i>Diphyllobothrium dendriticum</i>

Respecto a la tipificación de las muestras para 500 SNPs, se hizo envío de un total de 95 muestras de salmón del Atlántico, al equipo de investigadores del Laboratorio de Genómica en Ecología, Evolución y Conservación del Departamento de Zoología de la Universidad de Concepción.

Al respecto, se corroboró que el 100% de las muestras de órganos/tejidos correspondieron a salmón del Atlántico (SdA). De los 500 SNPs, 484 SNPs amplificaron de manera consistente y se encontraron presentes en la base de datos de poblaciones de SdA y de vida libre. Sólo 16 SNPs fueron descartados del análisis.

En cuanto a la estructura genética de las poblaciones y grupos de referencia, los genotipos utilizados para generar grupos de referencia (Tabla 9) mostraron estar agrupados en dos grupos genéticos claramente identificables, mediante ambas aproximaciones, ADCP y STRUCTURE. En el caso de ADCP se diferenciaron según la ubicación geográfica de la cepa que dio origen a las poblaciones estudiadas, ya sean silvestres o de cultivo. El primer grupo genético (grupo azul) se conformó a partir de genotipos provenientes de centros de cultivo F1, F2, F3, F4 y F6 y la población silvestre Escocesa. Dado que el origen de los SdA de cultivo de nuestro país son cepas de Noruega, definimos este grupo de referencia como “Cepa Noruega-Escocesa” (Figura 23). Esto se condice con la metadata asociada a las poblaciones de referencia de SdA de cultivo. El segundo

grupo genético (grupo verde) se conformó de las muestras de SdA de ancestría de Norteamérica y del centro de cultivo F5. Definimos a este grupo como “Cepa Norteamericana.”

Tabla 9. Poblaciones de Salmón del Atlántico de cultivo (F1 – F6) o silvestres (Escocia, Norteamérica), grupo de referencia genético definido, tamaños muestrales y porcentaje de auto-asignación.

Población	Grupo de referencia	N	% Auto-asignación
F1	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	86	100.00%
F2	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	91	100.00%
F3	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	74	100.00%
F4	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	43	100.00%
F5	Cepa Norteamericana (Verde)	37	100.00%
F6	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	40	100.00%
Escocia	Cepa Noruega-Escocesa (Azul)	41	100.00%
Norteamérica	Cepa Norteamericana (Verde)	44	100.00%

Los dos grupos de poblaciones inferidos en los análisis genéticos anteriormente descritos e identificados como Cepa Noruega-Escocesa (Grupo Azul) y Cepa Norteamericana (Grupo Verde) fueron utilizadas como grupos de referencia. Las muestras de SdA de vida libre obtenidas desde muestreos ejecutados en las campañas de pesca de investigación (IFOP), fueron contrastadas con los grupos de referencia con el fin de evaluar su ancestría y parentesco.

La Figura 23 presenta el ADCP una vez que se incorporaron los genotipos de SdA de vida libre, los que se visualizan como círculos de color rojo. Se puede apreciar que las muestras contrastadas contra los grupos de referencia se dividieron en dos grupos. La mayor parte de los SdA de vida libre presentó una ancestría cercana a la Cepa Noruega-Escocesa, una de las más abundantes de la industria. Sin embargo, un porcentaje menor tuvo una ancestría más cercana a la Cepa Norteamericana. Estas muestras no parecen tener un origen genético único, pero descienden probablemente de la Cepa Norteamericana.

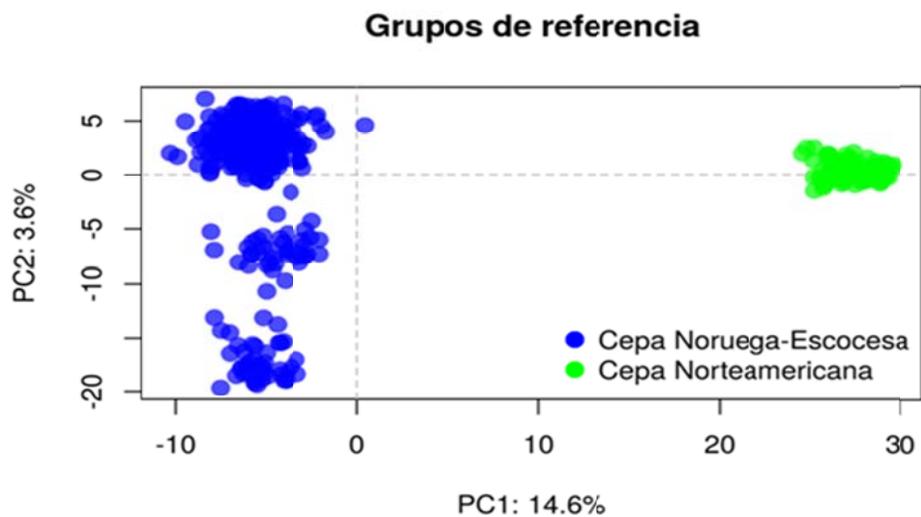


Figura 23. Grupos de referencia genéticos obtenidos vía análisis discriminante de componentes principales

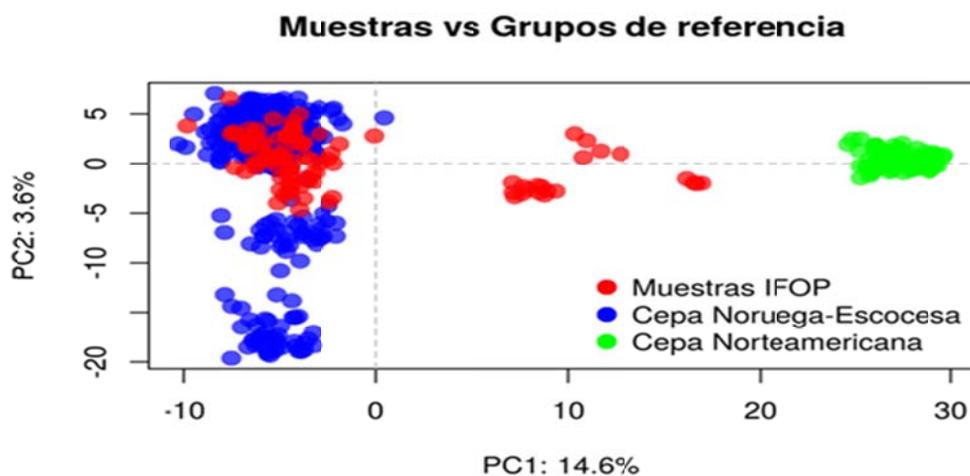


Figura 24. Grupos de referencia genéticos y ancestría de las muestras de Salmón del Atlántico de vida libre (campañas de muestreo) obtenidos vía análisis discriminante de componentes principales.

El análisis de asignación individual Bayesiana (Figura 25) muestra que los individuos que no fueron asignados claramente a los grupos de referencia corresponden a individuos que podrían contener

un grado de mezcla entre la Cepa Noruega-Escocesa y la Cepa Norteamericana. Es posible que esto sea el resultado de hibridación entre estas dos variedades.

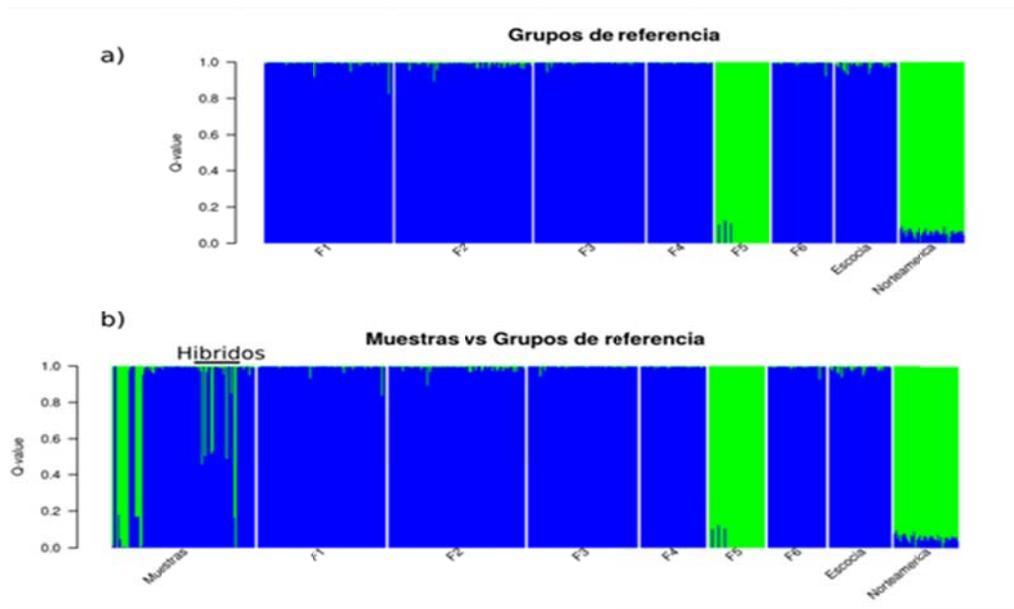


Figura 25. Grupos de referencia genéticos y ancestría de las poblaciones de Salmón del Atlántico de vida libre (muestras campañas pesca investigación – IFOP) obtenidos vía asignación individual Bayesiana.

Respecto de la probabilidad de asignación individual de 95 SdA de vida libre a poblaciones de cultivo de referencia, los análisis realizados en ONCOR indican que los grupos de referencia son robustos al algoritmo leave-one-out con valores de auto-asignación del 100%; esto sugiere que de 100 veces que se asignó una muestra conocida a uno de estos grupos, el 100% de las veces los individuos fueron re-asignados a al grupo genético de donde provienen, sin error.

Las probabilidades de asignación individual de las muestras de SdA de vida libre fueron de 100% a la Cepa Noruega-Escocesa o Cepa Norteamericana. Lo anterior sugiere fuertemente que la ancestría de los SdA de vida libre serían las poblaciones de cultivo más populares de la industria salmonicultura de Chile.

No encontramos evidencia genética a favor de la hipótesis que SdA de vida libre pudieran tener un origen en poblaciones asilvestradas, asumiendo que dichas poblaciones deben ser divergentes de las poblaciones de cultivo.

En cuanto al análisis diagnóstico de Enfermedades de Alto Riesgo (EAR), la totalidad de las muestras obtenidas fueron analizadas en forma individual por medio de la metodología de PCR tiempo real, de acuerdo a los protocolos montados en el Laboratorio de Biología Molecular de IFOP. En lo que respecta a los patógenos ISAV, PD, PMVC, VHS, IHN, EHN y BKD, la totalidad de las muestras analizadas arrojaron resultados negativos, por lo que del total de ejemplares que fueron capturados en las 29 zonas comprometidas (n= 4699), 3 muestras de este total no ingresaron para análisis, debido a la calidad de la muestra al momento de recepción en el laboratorio.

Respecto de la distribución de los patógenos en vigilancia con resultado PCR positivo en las distintas regiones, distribución de los patógenos en vigilancia con resultados positivos a PCR y su porcentaje de ocurrencia, respecto del total de las muestras que han sido analizadas a la fecha mediante PCR. La región de Los Lagos ha mostrado la mayor ocurrencia de detección de patógenos causantes de EAR con un 22,5% (418), seguido de la Región de Magallanes con un 18,3% (94), en tercer lugar, la región de Aysén con un 17,1% (177), en cuarto lugar, la Región de Los Ríos con un 15,5% (102) y finalmente la región de La Araucanía con un 1,3% (8). De igual modo, se puede observar que el patógeno más prevalente ha sido *P. salmonis*, con 703 muestras positivas, seguido de *F. psychrophilum* con 77 muestras positivas, y finalmente PRV e IPN, con 10 y 4 muestras positivas, respectivamente.

Tabla 10. Distribución de patógenos en vigilancia con resultados PCR positivos, y su ocurrencia por región de captura.

Región	<i>P. salmonis</i>	PNv	PRV	<i>F. psychrophilum</i>	(+)/Total	Ocurrencia (%)
Araucanía	0	0	0	8	8/636	1,3%
Los Ríos	62	1	5	34	102/656	15,5%
Los Lagos	375	3	1	39	418/1854	22,5%
Aysén	174	0	2	1	177/1038	17,1%
Magallanes	92	0	2	0	94/513	18,3%
Total	703	4	10	82	799/4696	17,0%

En la Figura 26, se aprecia la distribución de los patógenos en vigilancia con resultado PCR positivo en las distintas regiones. Para el caso del patógeno *P. salmonis*, la mayor ocurrencia de casos positivos se presentó en la región de Los Lagos con un 53,3% (375/703), seguido de la región de Aysén con un 24,7% (174). Las regiones de Magallanes y Los Ríos presentaron un 13% (92/703) y 8,8% (62/703); respectivamente, y en la región de La Araucanía no se presentaron casos atribuibles a este patógeno.

En el caso de IPNv, las regiones de Los Lagos y Los Ríos, son únicamente las 2 regiones que presentaron casos positivos a este patógeno, con un 75% y 25% de las muestras; respectivamente. Para el caso del patógeno PRV, la región de Los Ríos concentró la mayor cantidad de muestras

positivas con un 50%, seguido de las regiones de Aysén y Magallanes, ambas con un 20% de muestras positivas; respectivamente, y finalmente la región de Los Lagos con un 10% de las muestras positivas. Finalmente, para el caso de *F. psychrophilum*, el mayor número de casos se presentaron las regiones de Los Lagos y Los Ríos, con un 51% (39/77) y 44% (34/77), en tanto que las regiones de La Araucanía y Aysén, presentaron un 3,9% (3/77) y 1,3% (1/77) de casos positivos, respectivamente.

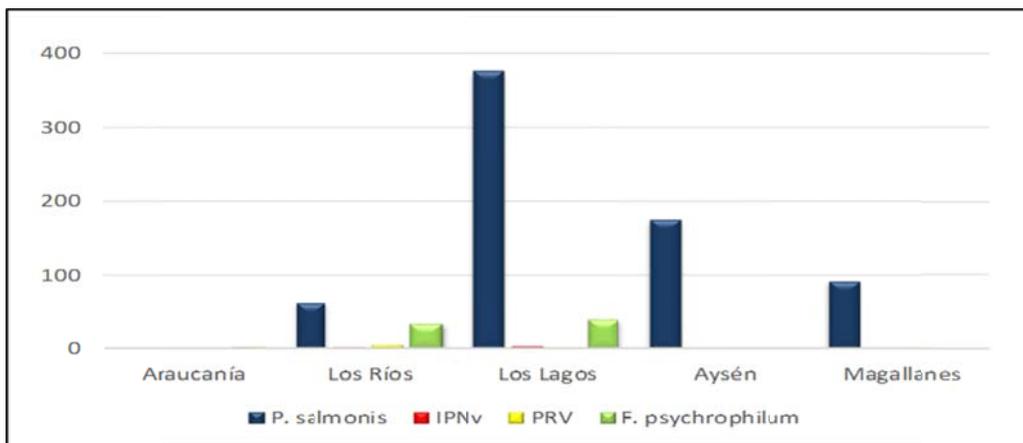


Figura 26. Distribución de patógenos PCR positivos por región de estudio.

En la Tabla 11, se puede observar la distribución de las frecuencias para el patógeno *P. salmonis* por especie capturadas de muestras analizadas mediante PCR. Todas las especies que fueron capturadas en cuerpos de agua salina y/o estuarina presentaron resultados positivos, con excepción de la Peladilla, el pejerrey de agua dulce y el salmón chinook. Las ocurrencias más altas encontradas fueron en pejerrey de mar con un 37,9% (259/683), seguido de la especie róbalo con un 29,7% (377/1268), salmón del Atlántico con un 25% (3/12), pejerrey de agua dulce con un 22,2% (20/90), y trucha fario con un 20,4% (33/162). La proporción total de muestras positivas de *P. salmonis* para la totalidad de especies analizadas fue de un 28,8% (703/2443).

Tabla 11. Ocurrencia de *P. salmonis* por especie capturada

Especie	N° muestras analizadas	Positivo (+) a <i>P. salmonis</i>	Negativo (-) a <i>P. salmonis</i>	Proporción de muestras (+) a <i>P. salmonis</i>
Pejerrey de agua dulce	90	0	90	0,0%
Pejerrey de mar	683	259	424	37,9%
Peladilla	13	0	13	0,0%
Róbalo	1268	377	891	29,7%
Salmón coho	141	20	121	14,2%
Salmón Atlántico	12	3	9	25,0%
Salmón chinook	2	0	2	0,0%
Trucha arcoíris	72	11	61	15,3%
Trucha fario	162	33	129	20,4%
Total general	2443	703	1740	28,8%

En la Figura 27, se puede apreciar que el mayor número de muestras positivas a *P. salmonis* las presentó la especie róbalo, con 53,6% del total, seguido por pejerrey de mar con un 36,8%, en tercer lugar, trucha fario con un 4,6%, en cuarto lugar, la especie salmón coho con un 2,8% y en quinto lugar la especie trucha arcoíris con un 1,5%. Finalmente, con un valor igual o inferior al 1% se encontró la especie salmón del Atlántico.

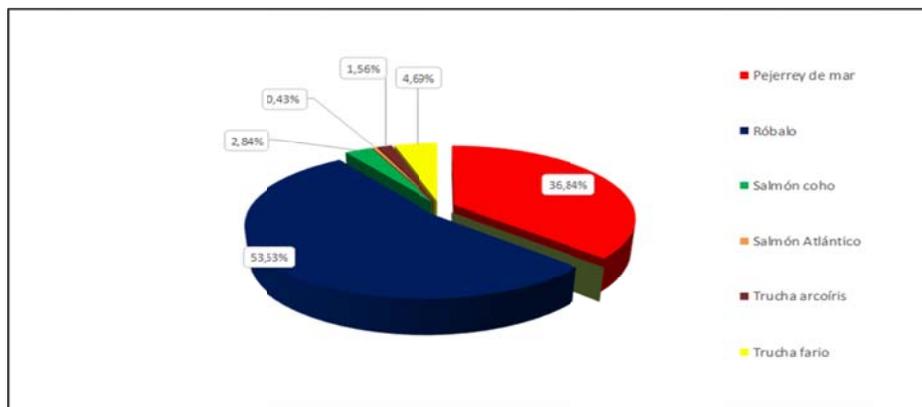


Figura 27. Distribución de muestras positivas a *P. salmonis* por especie capturada (n= 703)

En lo referente a la Región de los Ríos (Figura 28), la totalidad de las muestras positivas a *P. salmonis* se obtuvieron en el Estuario del Río Valdivia (n= 62), 26 de las cuales se presentaron en la especie róbalo, seguido de pejerrey de mar con 24 muestras, trucha arcoíris con 9 muestras y finalmente salmón coho con 3 muestras.

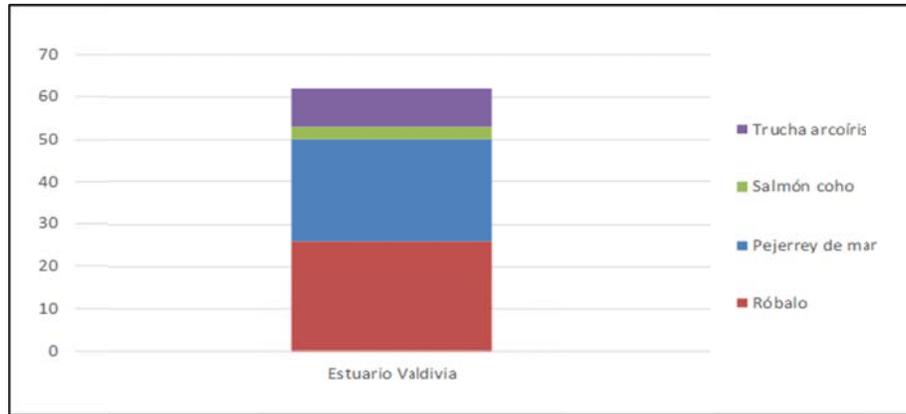


Figura 28. Distribución de especies positivas a *P. salmonis* por zona en la región de Los Ríos.

En la Figura 29, se puede apreciar que las especies con más casos positivos a *P. salmonis* en la Región de Los Lagos correspondieron principalmente a ejemplares de róbalo y pejerrey de mar, con 176 y 195 casos; respectivamente. En el caso de la especie róbalo, esta se distribuyó principalmente y en mayor número en las macrozonas 1, 2, 3, 4 y 5, en tanto que en la macrozona 5 y lago Huillincó predominó la especie pejerrey de mar por sobre el róbalo

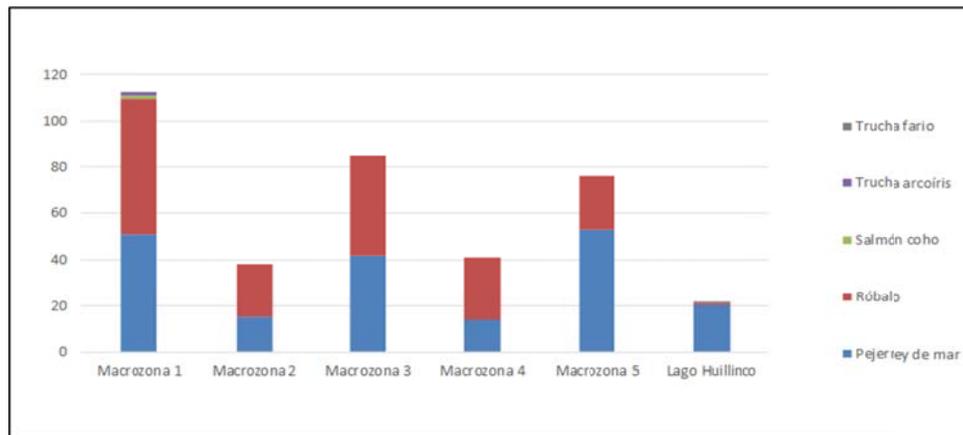


Figura 29. Distribución de especies positivas a *P. salmonis* por zona en la región de Los Lagos.

En la Figura 30, se observa que la especie con más casos positivos a *P. salmonis* en la Región de Aysén correspondió a róbalo con 129 muestras positivas. De ellas, 64 casos se presentaron en la Macrozona 6, 24 casos en la Macrozona 7, 19 y 17 casos en la macrozona 8 y Fiordo Aysén; respectivamente, y finalmente 5 casos en la zona de control negativo. Las otras especies donde se detectaron casos positivos correspondieron a pejerrey de mar, con 38 casos, distribuidos en la

Macrozona 6, 7, 8 y Fiordo Aysén y control negativo. En el caso de los salmónidos, solo se presentaron en total 7 ejemplares, los que se distribuyeron en las macrozonas 6, 8, Fiordo Aysén y Control Negativo.

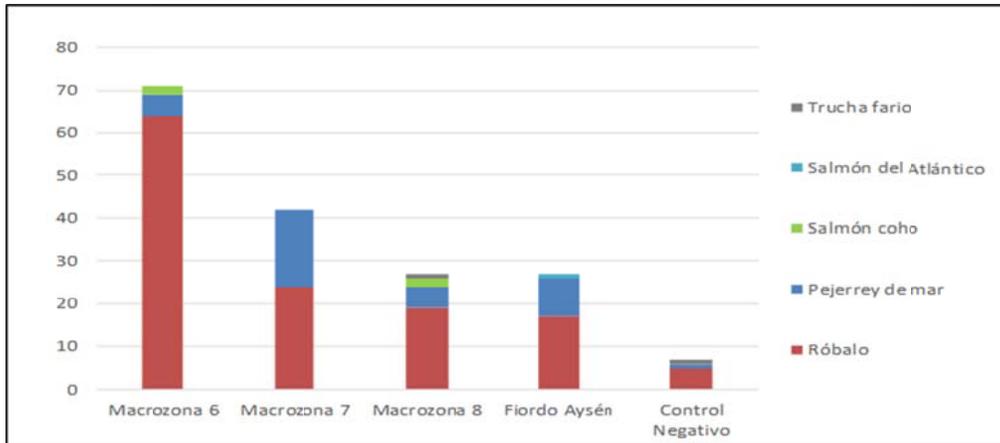


Figura 30 Distribución de especies positivas a *P. salmonis* por zona en la región de Aysén.

En la Figura 31, se observa que la especie con más casos positivos a *P. salmonis* en la Región de Magallanes correspondió a róbalo con 46 muestras positivas, el 91,3% de ellas distribuidas en la zona de Puerto Natales y el 8,7% en la zona de Punta Arenas. En el caso de trucha fario, el 93,3% de los casos positivos ($n=28$) se detectaron en la zona de Puerto Natales, situación similar se registró para salmón coho, pejerrey de mar y salmón del Atlántico, donde la totalidad de casos positivos para cada especie ($n=10$, $n=2$ y $n=2$, respectivamente) se registraron en la zona de Puerto Natales, con un total de muestras positivas del 83,3% para salmón coho, y 100% de muestras positivas para las especies pejerrey de mar y salmón del Atlántico.

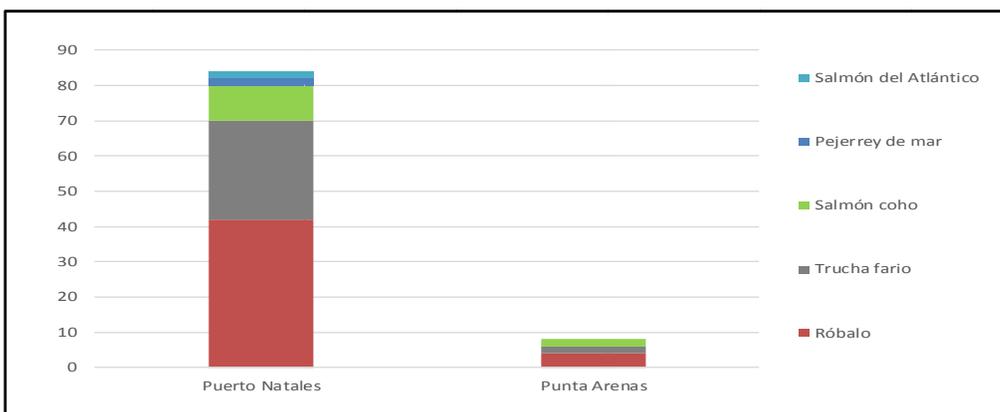


Figura 31. Distribución de especies positivas a *P. salmonis* por zona en la región de Magallanes.

En la Tabla 12, se puede observar la distribución de las frecuencias para IPNV por especie capturada analizada mediante PCR. En general, el número de muestras positivas fueron muy bajas, presentándose solo 1 caso en las especies pejerrey de agua dulce y trucha arcoíris; respectivamente, y 2 casos para la especie trucha fario, registrándose en total 4 casos de muestras positivas del total de muestras analizadas (n=4696). La proporción total de muestras positivas a IPNV en todas las especies analizadas alcanzó el 0,1% (4/4696).

Tabla 12. Ocurrencia de IPNV por especie capturada.

Especie	N° muestras analizadas	Positivo (+) a IPNV	Negativo (-) a IPNV	Proporción de muestras (+) a IPNV
Pejerrey de mar	928	0	928	0,0%
Pejerrey de agua dulce	683	1	682	0,1%
Peladilla	23	0	23	0,0%
Perca trucha	180	0	180	0,0%
Róbalo	1268	0	1268	0,0%
Salmon chincok	3	0	3	0,0%
Salmón coho	446	0	446	0,0%
Salmón Atlántico	18	0	18	0,0%
Trucha arcoíris	676	1	675	0,1%
Trucha fario	471	2	469	0,4%
Total general	4696	4	4692	0,1%

En la Figura 32, se puede apreciar que el mayor número de muestras positivas a IPNV se presentaron en la especie trucha fario con 50% del total (n=2) seguido por pejerrey de agua dulce y trucha arcoíris ambas con un 25% (n=1); respectivamente. En el resto de las especies no se detectó la presencia del agente en las muestras analizadas.

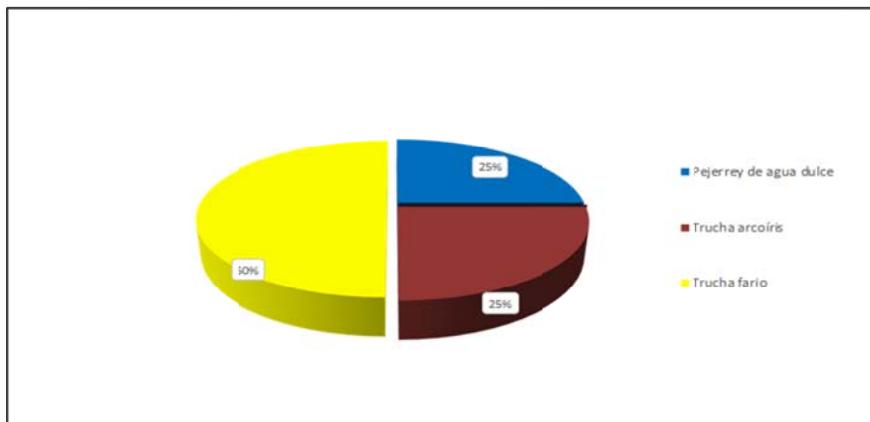


Figura 32. Distribución de muestras positivas a IPNV por especie capturada (n= 4)

Del total de muestras positivas a IPNV (Figura 33), 1 de ellas se presentó en la zona del Estuario Valdivia en la región de Los Ríos, en tanto que las otras 3 se presentaron el lago Yelcho en la región de Aysén.

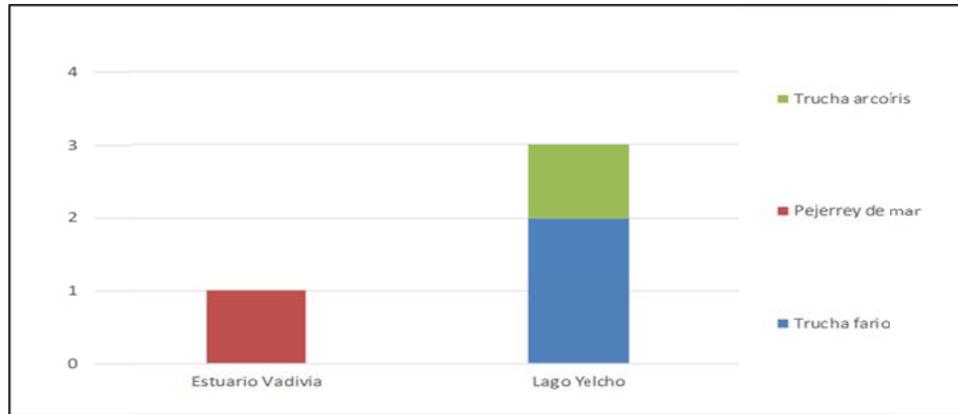


Figura 33. Distribución de especies positivas a IPNV por zona en las regiones de Los Ríos (Estuario Valdivia) y Aysén (lago Yelcho).

En la Figura 34, se observa que la especie con más casos positivos a *P. salmonis* en la Región de Magallanes correspondió a róbalo con 46 muestras positivas, el 91,3% de ellas distribuidas en la zona de Puerto Natales y el 8,7% en la zona de Punta Arenas. En el caso de trucha fario, el 93,3% de los casos positivos (n=28) se detectaron en la zona de Puerto Natales, situación similar se registró para salmón coho, pejerrey de mar y salmón del Atlántico, donde la totalidad de casos positivos para cada especie (n= 10, n=2 y n=2, respectivamente) se registraron en la zona de Puerto Natales, con un total de muestras positivas del 83,3% para salmón coho, y 100% de muestras positivas para las especies pejerrey de mar y salmón del Atlántico.

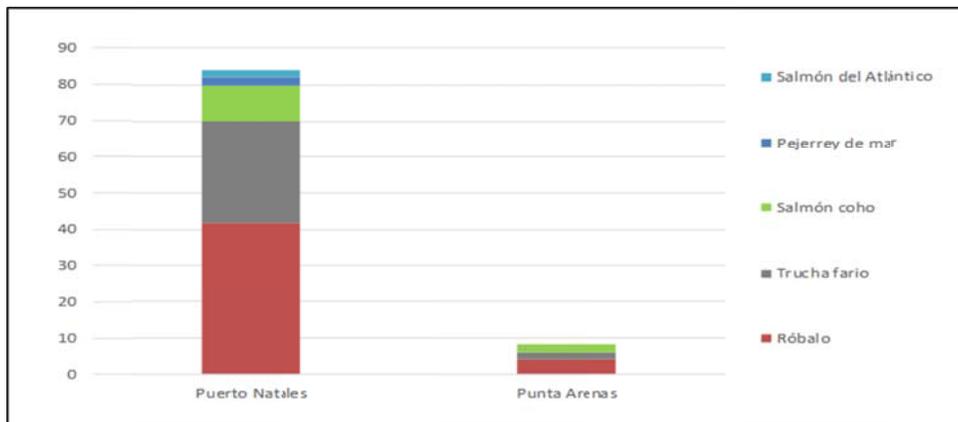


Figura 34. Distribución de especies positivas a *P. salmonis* por zona en la Región de Magallanes

En la Tabla 13, se puede observar la distribución de las frecuencias para IPNV por especie capturada analizada mediante PCR. En general, el número de muestras positivas fueron muy bajas, presentándose solo 1 caso en las especies pejerrey de agua dulce y trucha arcoíris; respectivamente, y 2 casos para la especie trucha fario, registrándose en total 4 casos de muestras positivas del total de muestras analizadas (n=4696). La proporción total de muestras positivas a IPNV en todas las especies analizadas alcanzó el 0,1% (4/4696).

Tabla 13. Ocurrencia de *IPNV* por especie capturada

Especie	N° muestras analizadas	Positivo (+) a <i>IPNV</i>	Negativo (-) a <i>IPNV</i>	Proporción de muestras (+) a <i>IPNV</i>
Pejerrey de mar	928	0	928	0,0%
Pejerrey de agua dulce	683	1	682	0,1%
Peladilla	23	0	23	0,0%
Perca trucha	180	0	180	0,0%
Róbalo	1268	0	1268	0,0%
Salmon chinook	3	0	3	0,0%
Salmón coho	446	0	446	0,0%
Salmón Atlántico	18	0	18	0,0%
Trucha arcoíris	676	1	675	0,1%
Trucha fario	471	2	469	0,4%
Total general	4696	4	4692	0,1%

En la Figura 35, se puede apreciar que el mayor número de muestras positivas a IPNV se presentaron en la especie trucha fario con 50% del total (n=2) seguido por pejerrey de agua dulce y trucha arcoíris ambas con un 25% (n=1); respectivamente. En el resto de las especies no se detectó la presencia del agente en las muestras analizadas.

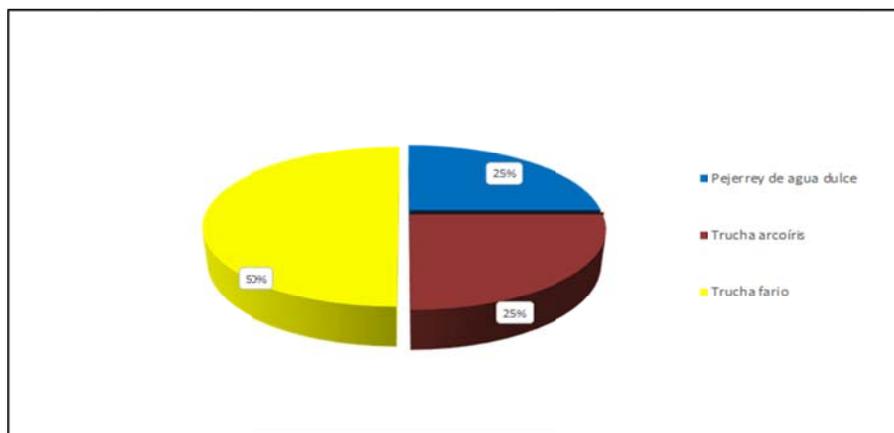


Figura 35. Distribución de muestras positivas a IPNV por especie capturada (n= 4)

Del total de muestras positivas a IPNV (Figura 36), 1 de ellas se presentó en la zona del Estuario Valdivia en la Región de Los Ríos, en tanto que las otras 3 se presentaron el lago Yelcho en la Región de Aysén.

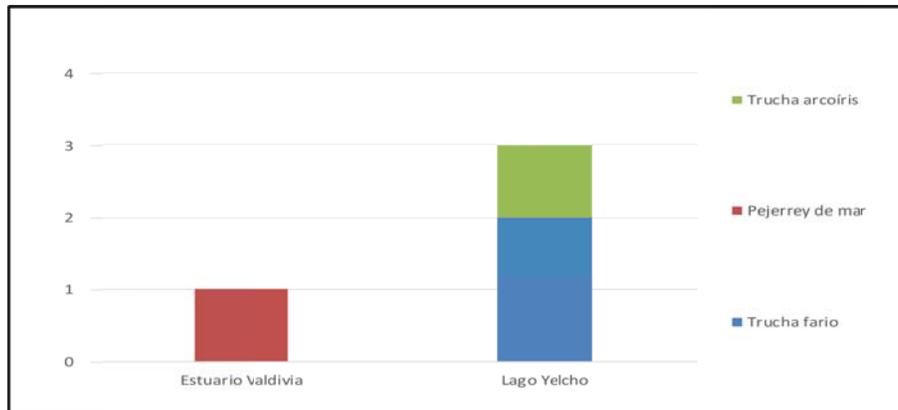


Figura 36. Distribución de especies positivas a *IPNV* por zona en las regiones de Los Ríos (Estuario Valdivia) y Aysén (lago Yelcho).

En la tabla 14, se puede observar la distribución de las frecuencias para PRV por especies capturadas analizada mediante PCR. Se presentaron en total 10 muestras positivas, donde la mayor proporción de muestras positivas se presentó en la especie salmón del Atlántico con un 5,6% (1/18), seguido de la especie salmón coho con un 0,9% (4/446), trucha arcoíris con un 0,6% (4/673) y finalmente la especie trucha fario con un 0,2% (1/471). La proporción de muestras positivas total de PRV en todas las especies analizadas fue de 0,6% (10/1611).

Tabla 14. Ocurrencia de PRV por especie capturada.

Especie	N° muestras analizadas	Positivo (+) a PRV	Negativo (-) a PRV	Proporción de muestras (+) a PRV
Salmón coho	446	4	442	0,9%
Salmón Atlántico	18	1	17	5,6%
Salmon chinook	3	0	3	0,0%
Trucha arcoíris	673	4	669	0,6%
Trucha fario	471	1	470	0,2%
Total general	1611	10	1601	0,6%

En la Figura 37, se puede apreciar que el mayor número de muestras positivas a PRV las presentaron las especies salmón coho y trucha arcoíris, ambas con un 40% del total, seguidos por

salmón del Atlántico y trucha fario, con un 10% del total de muestras positivas cada una de las especies.

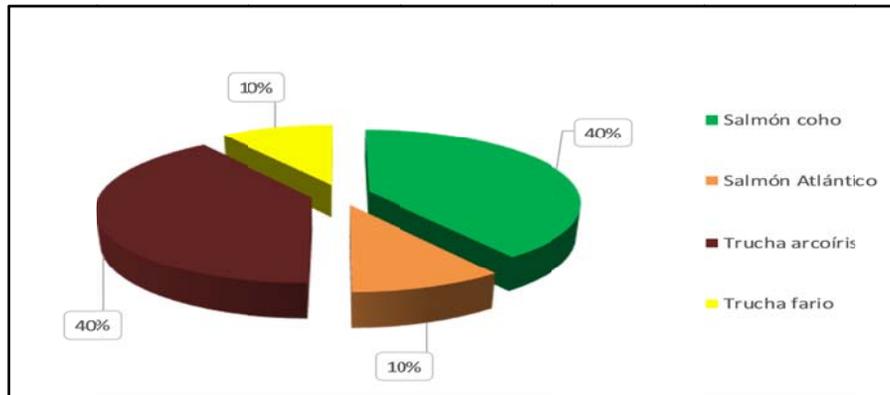


Figura 37. Distribución de muestras positivas a PRV por especie capturada (n= 10)

En relación a la distribución de especies positivas a PRV por región y zona geográfica (Figura 38), la Región de Los Ríos presentó 5 muestras positivas las que se presentaron únicamente en la zona del Estuario Valdivia, 1 en la especie salmón coho y los 4 restantes en trucha arcoíris. En la Región de Los Lagos, solo se presentó 1 caso de positividad a PRV en un ejemplar de salmón del Atlántico capturado desde la zona del Lago Llanquihue. Para la Región de Aysén, se presentaron 2 casos de ejemplares positivos, uno de los cuales se presentó en la especie trucha fario y en otro en la especie salmón coho, capturados en las zonas de Fiordo Aysén y Macrozona 8; respectivamente. Finalmente, en la Región de Magallanes, se presentaron 2 casos positivos a PRV, ambos en ejemplares de la especie salmón coho capturados en la zona de Puerto Natales.

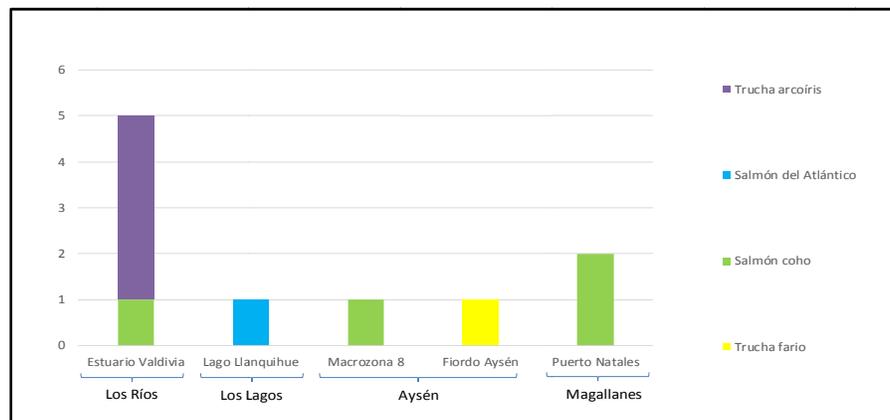


Figura 38. Distribución de especies positivas a PRV por zona en las regiones de Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.

En la tabla 15, se observa la distribución de las frecuencias para *F. psychrophilum* por especies capturadas analizada mediante PCR. En general, estas fueron muy bajas, presentándose las más alta en la especie trucha arcoíris con un 7,8% (50/641), seguido de la especie pejerrey de agua dulce con un 2,2% (20/928), trucha fario con un 1,8% (7/380) y finalmente las especies róbalo y salmón coho, ambas con un 1% (1/96; 3/307); respectivamente. Si bien en el caso del salmón chinook, la proporción de muestras positivas fue del 100%, esto fue sobre la base de una única muestra analizada que resultó positiva al agente patógeno. La proporción total de muestras positivas a *F. psychrophilum* en todas las especies analizadas alcanzó el 3,1% (82/2627).

Tabla 15. Ocurrencia de *F. psychrophilum* por especie capturada.

Especie	N° muestras analizadas	Positivo (+) a <i>F. psychrophilum</i>	Negativo (-) a <i>F. psychrophilum</i>	Proporción de muestras (+) a <i>F. psychrophilum</i>
Pejerrey de agua dulce	928	20	908	2,2%
Pejerrey de mar	64	0	64	0,0%
Peladilla	23	0	23	0,0%
Perca trucha	180	0	180	0,0%
Róbalo	96	1	95	1,0%
Salmón coho	307	3	304	1,0%
Salmón del Atlántico	7	0	7	0,0%
Salmón chinook	1	1	0	100,0%
Trucha arcoíris	641	50	591	7,8%
Trucha fario	380	7	373	1,8%
Total general	2627	82	2545	3,1%

En la Figura 39, se puede apreciar que el mayor número de muestras positivas las presentó la especie trucha arcoíris, con 61% del total, seguido por pejerrey de agua dulce con un 24%, luego le siguen las especies trucha fario y salmón coho, con un 9% y 4%; respectivamente. Finalmente, con un 1% de muestras positivas cada uno, se presentaron las especies róbalo y salmón chinook; respectivamente.

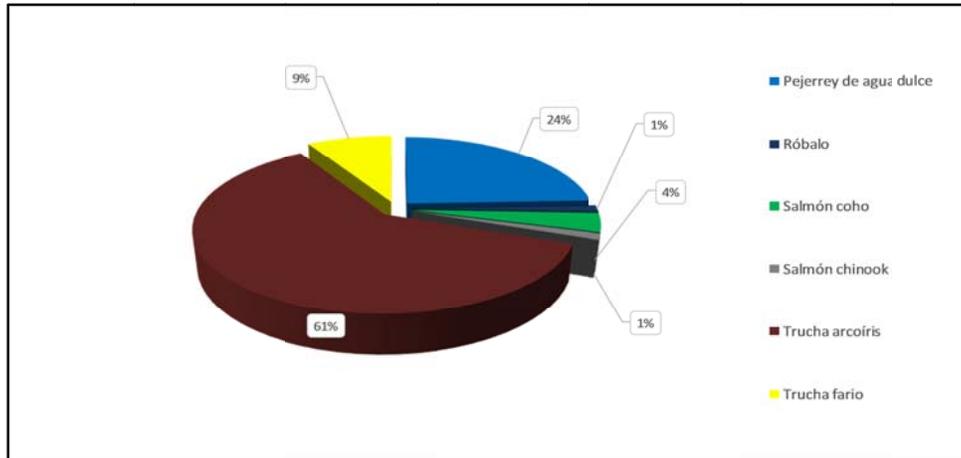


Figura 39. Distribución de muestras positivas a *F. psychrophilum* por especie capturada (n= 82).

En lo que respecta a la Región de La Araucanía (Figura 40), el 75% (n=6) de las muestras positivas se presentaron en la especie trucha arcoíris, con 4 muestras en Lago Villarrica, 1 en el Lago Colico y 1 en el Lago Calafquén. El 25% restante de muestras positivas se presentaron en el Lago Colico, donde 1 muestra (12,5%) se presentó en la especie pejerrey de agua dulce y la otra con igual porcentaje se encontró en la especie trucha fario.

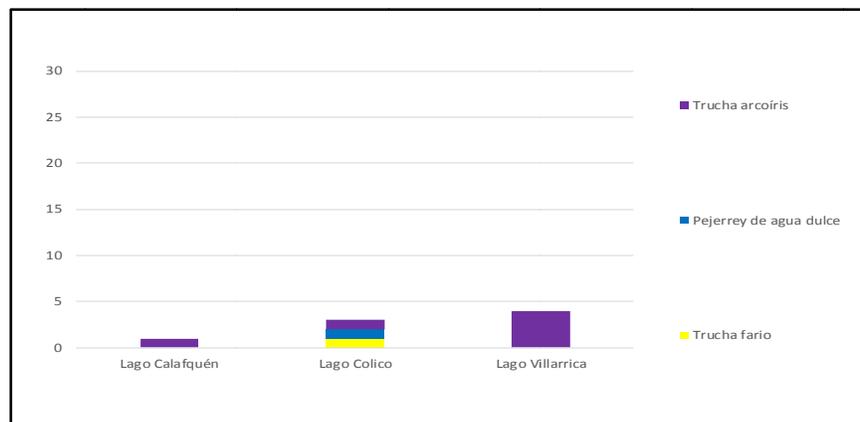


Figura 40. Distribución de especies positivas a *F. psychrophilum* por zona para la Región de La Araucanía.

En relación a la Región de Los Ríos, el 56% (19/34) de las muestras positivas se presentaron en la especie pejerrey de agua dulce, el 38% (13/34) en la especie trucha arcoíris, y el 3% (1/34) se

presentó tanto en la especie trucha fario como en el salmón chinook; respectivamente. La zona del Lago Panguipulli, fue la que concentró el mayor número de muestra positivas, con un 85% (29/34) del total de positividades en las diferentes especies analizadas (Figura 41).

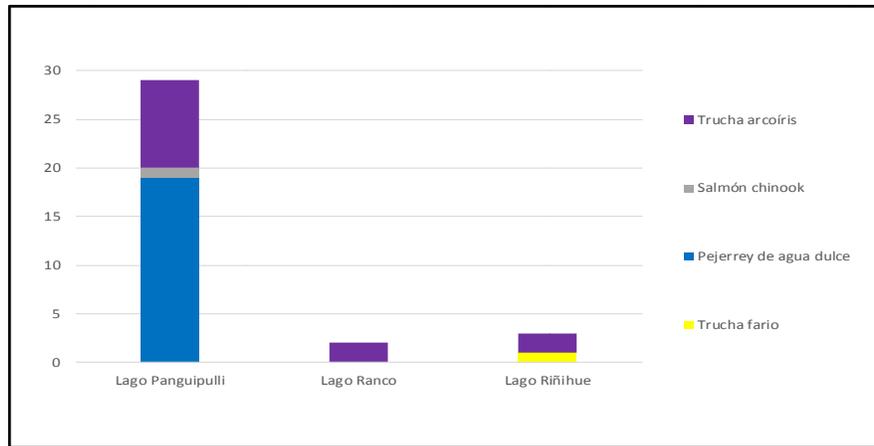


Figura 41. Distribución de especies positivas a *F. psychrophilum* por zona para la Región de Los Ríos.

Respecto de las muestras positivas de *F. psychrophilum* obtenidas de la Región de Los Lagos, el 79% (31/39) de ellas se presentaron en la especie trucha arcoíris, seguido del 13% (5/39) en la especie trucha fario y finalmente el 8% (3/39) en la especie salmón coho. La zona del lago Natri fue la que concentró en mayor número de muestras positivas con un 62% (24/39), seguido del lago Rupanco con un 33% (13/39), y finalmente el lago Yelcho con un 5% (2/39) de especies positivas (Figura 42).

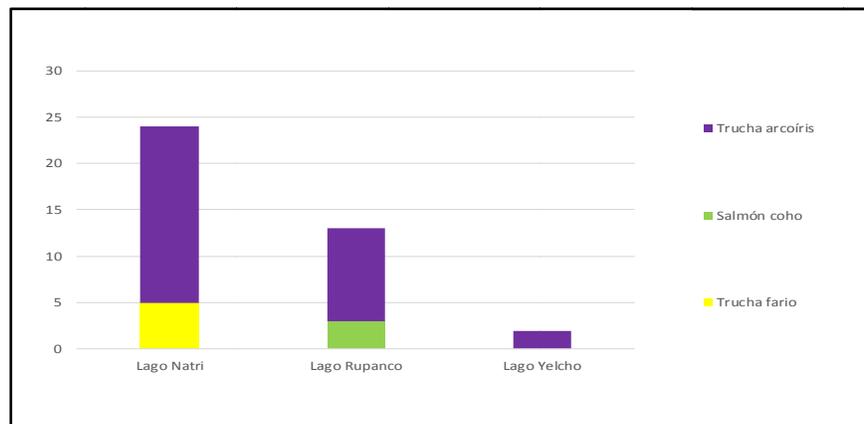


Figura 42. Distribución de especies positivas a *F. psychrophilum* por zona para la Región de Los Lagos.

Finalmente, en la Región de Aysén, solo se presentó una muestra positiva a *F. psychrophilum*, la cual fue obtenida desde un ejemplar de la especie róbalo, capturado en la zona de caleta Tortel.

Del total de especies salmónidas capturadas en las zonas definidas (n= 1614), el 61% (978/1614) correspondió a salmónidos escapados, el 10% (163/1614) a salmónidos asilvestrados, y el 29% restante (473/1614) a salmónidos silvestres.

En cuanto a la clasificación por especie de salmónido capturados (Figura 43) en la categoría de escapados, se encontró trucha arcoíris (520 individuos), salmón coho (440 individuos) y salmón del Atlántico (18 individuos). En cuanto a la categoría de asilvestrados, esta estuvo representada por trucha arcoíris (154 individuos), salmón coho (8 individuos) y salmón del Atlántico (1 individuo). Finalmente, en la categoría de salmónidos silvestres, esta se encontró representada por la especie trucha fario (470 individuos) y salmón chinook (3 individuos).

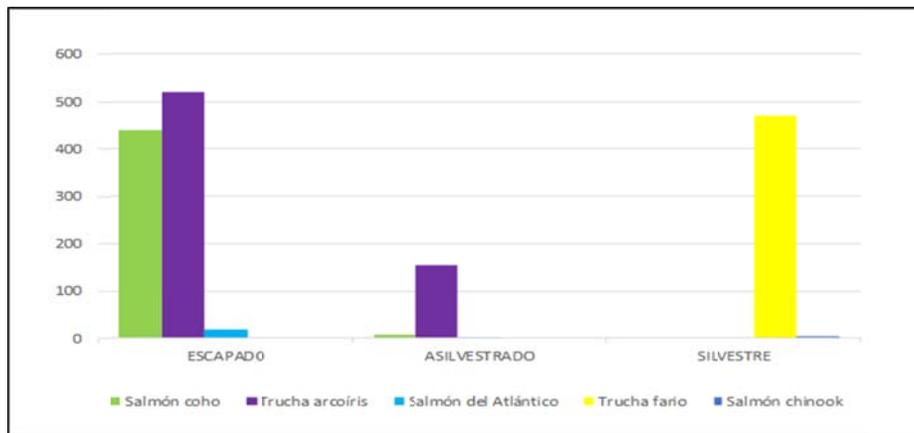


Figura 43. Distribución según especie salmónida capturada

En la tabla 16, se presentan los salmónidos positivos a los patógenos en vigilancia por la zona donde fueron capturados. Mediante análisis anatomopatológico, hallazgos externos y de necropsia, se logró determinar si estos correspondían a ejemplares escapados desde centros de cultivo de salmónidos, asilvestrados y silvestres, éste último para el caso de la especie trucha fario. El patógeno que presentó mayor número de casos fue *P. salmonis* con 67, las zonas más afectadas fueron Puerto Natales (40), Estuario Valdivia (12), Punta Arenas, Macrozona 1, Macrozona 8, y Macrozona 6, con 4, 3, 3 y 2 casos; respectivamente. La especie más afectada fue Trucha fario (33), seguido de salmón coho y trucha fario, con 20 y 11 casos; respectivamente. En el caso de *F. psychrophilum*, se presentaron en total 61 casos en salmónidos, siendo las zonas más afectadas Lago Natri (24), Lago Rupanco (13) y Lago Panguipulli (10). Para este patógeno, la especie más afectada correspondió a trucha arcoíris con 50 casos, seguido de trucha fario con 7 casos, y la

menos afectada fue salmón coho y salmón chinook con 3 y 1 caso; respectivamente. Para el patógeno PRV, se presentaron en total 10 casos, siendo la zona más afectada el Estuario Valdivia (5) y Puerto Natales (2). La zona de Fiordo Aysén, Macrozona 8 y Lago Llanquihue, presentaron 1 caso cada uno. La especie mayormente afectada correspondió a trucha arcoíris y salmón coho 4 casos cada una, y la menos afectada fue salmón del Atlántico y trucha fario con 1 solo caso cada una. Para el patógeno IPNV, se presentaron 3 casos, siendo única zona afectada el Lago Yelcho (3). Las especies más afectadas fueron trucha fario y trucha arcoíris con 2 y 1 caso; respectivamente.

Del total de especies salmónidas positivas ($n=141$), 16,3% fueron asilvestrados (23/141), 31,9% correspondieron a truchas fario silvestres (45/141) y el 51,8% restante a salmónidos escapados desde centros de cultivo (73/141).

Tabla 16. Muestras positivas a patógenos causantes de Enfermedades de Alto Riesgo en especies salmónidas

Zona	Especie	Nº de muestra	Patógeno	Clasificación Salmónidos
Lago Yelcho	Trucha fario	5	IPNv	Silvestre
Lago Yelcho	Trucha arcoiris	14	IPNv	Escapado
Lago Yelcho	Trucha fario	96	IPNv	Silvestre
Macrozona 1	Trucha arcoiris	22	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 1	Trucha arcoiris	83	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 1	Salmón coho	87	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 6	Salmón coho	89	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 6	Salmón coho	127	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 8	Trucha fario	94	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Macrozona 8	Salmón coho	97	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Macrozona 8	Salmón coho	99	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Lago Huillinco	Trucha fario	29	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Fiorde Aysén	Salmón del Atlántico	144	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Control Negativo	Trucha fario	121	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Estuario Valdivia	Salmón coho	2	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Salmón coho	4	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Salmón coho	8	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	88	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	92	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	94	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	96	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	97	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	100	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	105	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	108	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	110	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Punta Arenas	Salmón coho	1	<i>P. salmonis</i>	Asilvestrado
Punta Arenas	Salmón coho	2	<i>P. salmonis</i>	Asilvestrado
Punta Arenas	Trucha fario	12	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Punta Arenas	Trucha fario	13	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	10	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	12	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	13	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Salmón coho	15	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón del Atlántico	92	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón del Atlántico	93	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Trucha fario	94	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	95	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	96	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	97	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	98	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	99	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	100	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	102	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	103	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	105	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	106	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	107	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	108	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	109	<i>P. salmonis</i>	Silvestre

Puerto Natales	Trucha fario	110	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	111	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	112	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	113	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	114	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	115	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	116	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	117	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	118	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	158	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Trucha fario	159	<i>P. salmonis</i>	Silvestre
Puerto Natales	Salmón coho	161	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	162	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	163	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	164	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	165	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	166	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	167	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	168	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	169	<i>P. salmonis</i>	Escapado
Lago Natri	Trucha fario	7	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha arcoiris	8	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha arcoiris	9	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha fario	10	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha fario	11	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha arcoiris	12	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	13	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	14	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	15	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	16	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	17	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	19	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	20	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha fario	22	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha fario	23	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Natri	Trucha arcoiris	26	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	27	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	28	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	29	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	30	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	31	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	32	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	33	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Natri	Trucha arcoiris	34	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Calafquén	Trucha arcoiris	96	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Colico	Trucha arcoiris	82	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Colico	Trucha fario	96	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Villarrica	Trucha arcoiris	79	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Villarrica	Trucha arcoiris	98	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Villarrica	Trucha arcoiris	158	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Villarrica	Trucha arcoiris	159	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Ranco	Trucha arcoiris	2	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Ranco	Trucha arcoiris	3	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado

Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	2	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	91	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	99	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	125	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	126	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	127	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	130	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	131	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Trucha arcoiris	147	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Panguipulli	Salmón chinook	150	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Ríñihue	Trucha arcoiris	4	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Ríñihue	Trucha arcoiris	91	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Ríñihue	Trucha fario	132	<i>F. psychrophilum</i>	Silvestre
Lago Yelcho	Trucha arcoiris	4	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Yelcho	Trucha arcoiris	29	<i>F. psychrophilum</i>	Asilvestrado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	53	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	55	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	58	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	69	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	72	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	74	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Salmón coho	79	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Salmón coho	82	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	86	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	95	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Salmón coho	106	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	128	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Lago Rupanco	Trucha arcoiris	134	<i>F. psychrophilum</i>	Escapado
Macrozona 8	Salmón coho	43	PRV	Escapado
Lago Llanquihue	Salmón del Atlántico	64	PRV	Escapado
Fiordo Aysén	Trucha fario	32	PRV	Silvestre
Estuario Valdivia	Salmón coho	5	PRV	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	90	PRV	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	91	PRV	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	97	PRV	Escapado
Estuario Valdivia	Trucha arcoiris	103	PRV	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	16	PRV	Escapado
Puerto Natales	Salmón coho	169	PRV	Escapado

Por otra parte, en relación al análisis epidemiológico de brotes de una EAR en peces de cultivo con el estatus sanitario de las especies silvestres muestreadas, se realizó el análisis epidemiológico, específicamente para el patógeno *Piscirickettsia salmonis*, debido a la importancia sanitaria que representa actualmente en la salmonicultura chilena. Por consiguiente, se vinculó la información de la mortalidad mensual específica por *Piscirickettsia salmonis* en los centros de cultivo en conjunto con la información obtenida a partir del programa de vigilancia de especies silvestres y ferales.

Como primera aproximación, se analizó la información del porcentaje de mortalidad mensual por *P. salmonis* en los barrios (Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura) de las regiones de Los

Lagos y Aysén en los últimos 12 meses (desde Julio 2016 a Junio 2017). Con ello, se estimó una tasa de mortalidad mensual específica a *P. salmonis* y se obtuvo un promedio por cada barrio (Figura 44). Además, en el análisis se incluyó la Región de Magallanes, pese a que en esta región no se registró mortalidad asociada a *P. salmonis* desde la información obtenida a partir de la industria (no se incluyó en la gráfica).

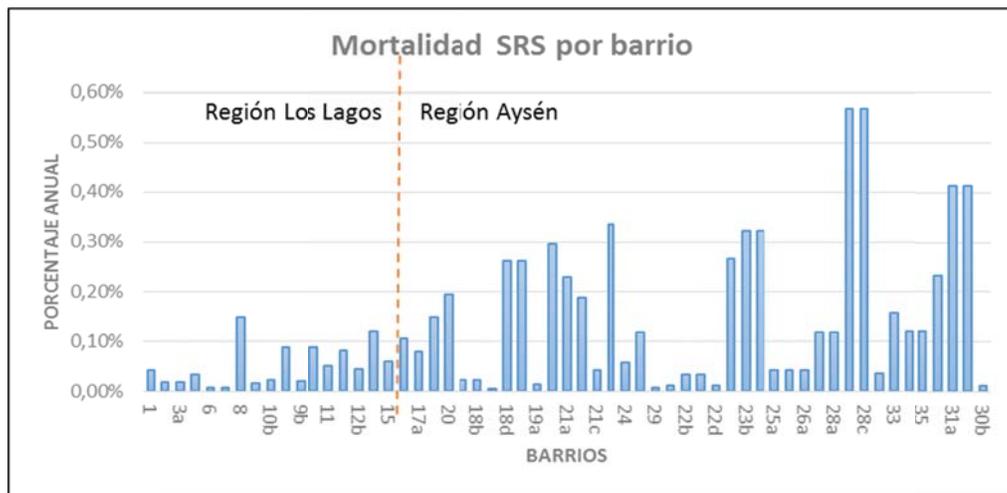


Figura 44. Gráfico de tasa de mortalidad específica por *P. salmonis* por cada barrio (ACS) en los últimos 12 meses.

Una vez estimado el promedio anual de la tasa de mortalidad mensual por *P. salmonis* por cada barrio de las Macrozonas sanitarias de las regiones de Los Lagos y de Aysén, se asignaron espacialmente en un mapa coropleto (Figura 45 y 46).

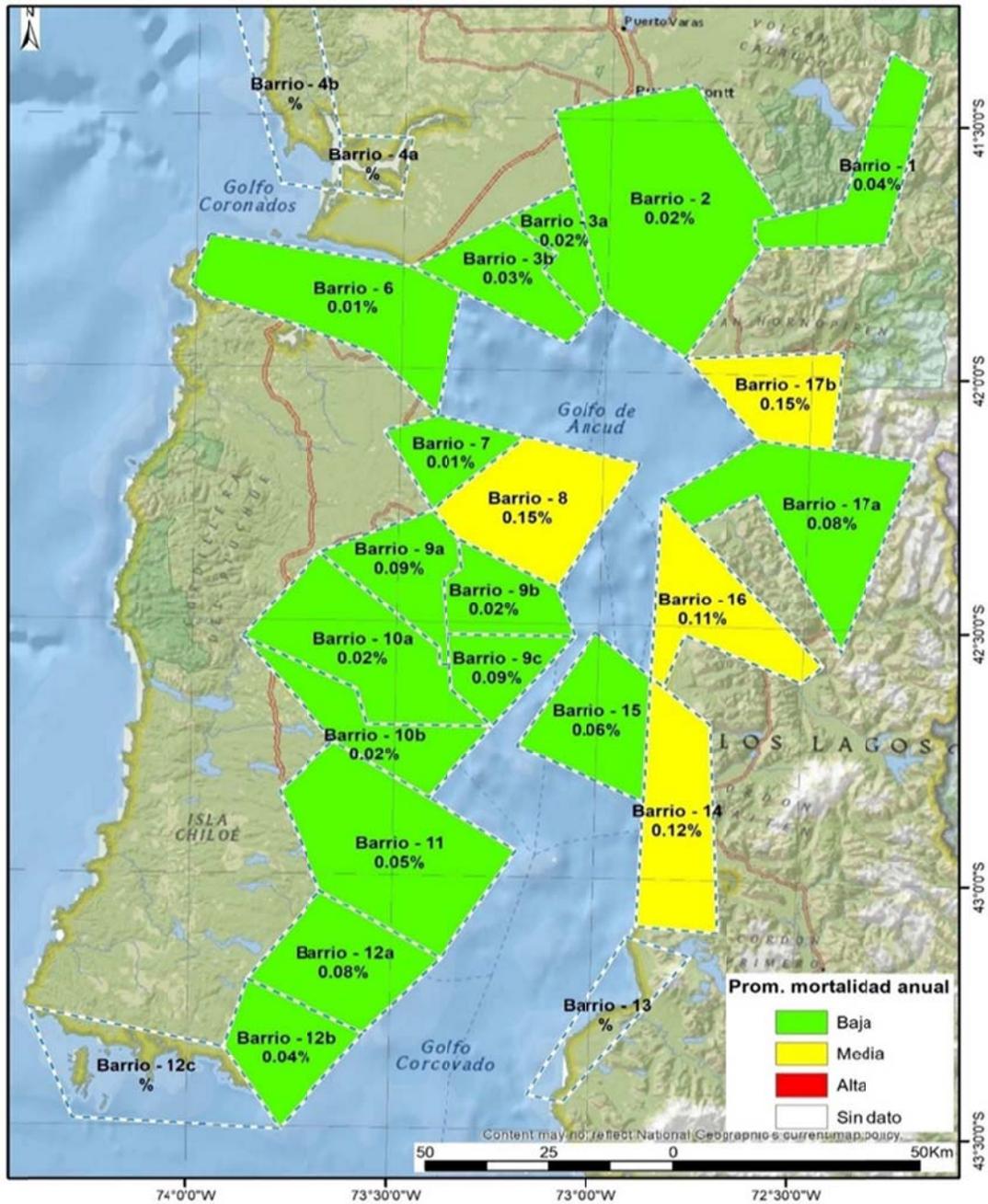


Figura 45. Mapa coropleto de los valores estimados por el promedio anual de la tasa de mortalidad mensual por barrio en la Región de Los Lagos.

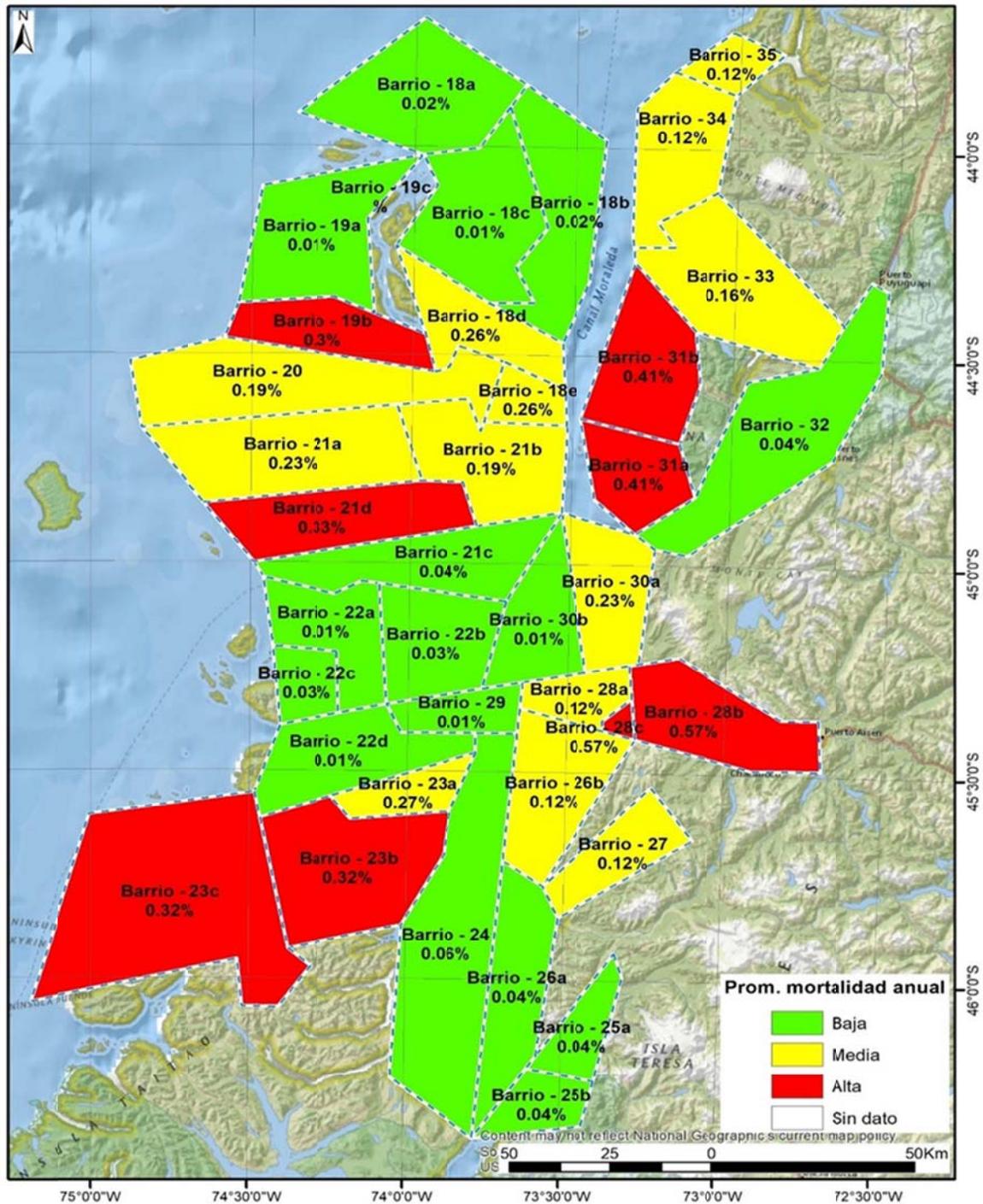


Figura 46. Mapa coropleto de los valores estimados por el promedio anual de la tasa de mortalidad mensual por barrio en la Región de Aysén

Con respecto a la información obtenida desde el programa de vigilancia de especies silvestres y ferales, se realizó una estimación de la proporción de peces positivos a *P. salmonis* respecto al total de peces capturados para cada barrio (ACS) de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, durante el período 2016-2017.

La información analizada del programa de vigilancia constó de: Georreferencia de los puntos de pesca, número de peces capturados por coordenada, fecha de captura, especies capturadas, características morfométricas, muestras de órganos y análisis de PCR para las EAR en estudio (*P. salmonis*). La base de datos fue analizada mediante el programa Microsoft Excel para estimar el porcentaje de ocurrencia para cada barrio (ACS). Además, Las georreferencias de cada punto de pesca fueron analizadas espacialmente con el programa ArcGis v10.4. con los porcentajes de la ocurrencia de *P. salmonis* en cada barrio para elaborar un mapa coropleto.

Del total 1898 peces silvestres y ferales capturados en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, exclusivamente en cuerpos de agua donde se desarrolla el proceso de engorda de los salmónidos (dejando fuera las zonas del Estuario Valdivia y los Lagos Huillinco y Natri), 612 muestras resultaron positivas a *Piscirickettsia salmonis*, representando un 32,2% del total de los individuos, durante el período 2016-2017.

La distribución por región de las muestras positivas a *P. salmonis* en los barrios (ACS): el 58% correspondió a muestras positivas capturadas en la Región de Los Lagos, 27% en la Región de Aysén y un 15% en la Región de Magallanes (Figura 47).

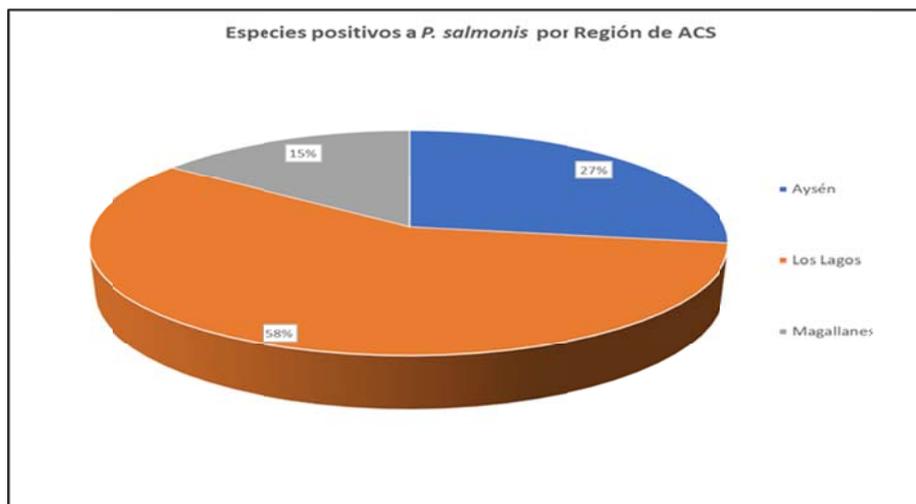


Figura 47. Distribución de especies positivas a *P. salmonis* en los barrios (ACS) por región.

La distribución por especie de las muestras positivas a *P. salmonis* en los barrios se dividió en: róbalo con 56% (345) de las especies, pejerrey de mar con 35% (214), seguido por trucha fario con un 5% (31), salmón coho con un 3% (17) y en una menor proporción con el 1% de las muestras se encontraron las especies salmón del Atlántico y trucha arcoíris (Figura 48).

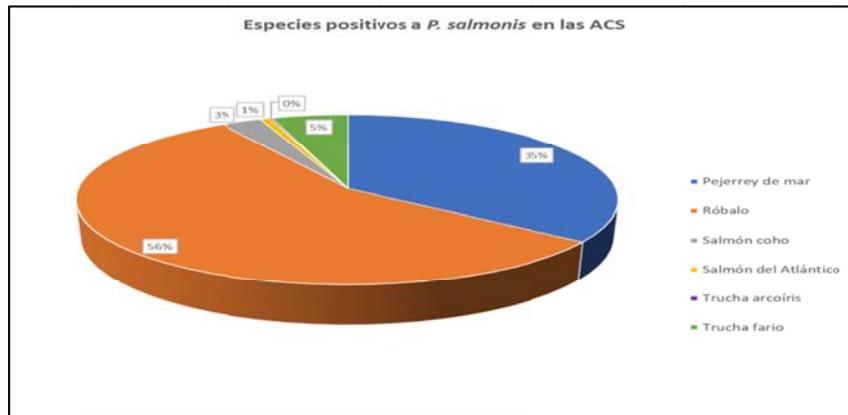


Figura 48. Distribución de muestras positivas por especie capturada en los barrios (ACS).

La distribución espacial de las muestras positivas en los barrios se dividió en: barrios 10a y 46 con un 14% del total, seguido por 17b con 12%, barrio 1 con un 11%, 21d con un 9%, los barrios 2, 12a y 27 con un 7%, seguido por el barrio 6 con un 6%, los barrios 32 y 28b ambos de la Región de Aysén con un 4% y con un 3% el barrio 21b. Además, las muestras positivas capturadas en el sector de Capitán Aracena, en la Región de Magallanes (sin barrio) presentaron el 1% del total (Figura 49).

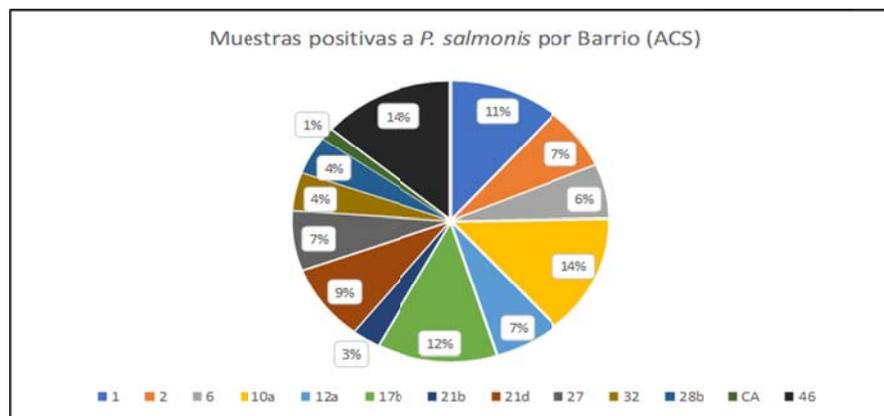


Figura 49. Distribución de muestras positivas por especie capturada en los barrios (ACS).

En la tabla 17, se describe la distribución porcentual de las muestras positivas a *P. salmonis* por cada barrio muestreado en las pescas de investigación, realizadas durante el período 2016-2017. Las zonas con mayor prevalencia fueron: el barrio 1 con un 67% de sus muestras resultaron positivas, seguido por el barrio 21d con un 64,3%, también el barrio 2 con un 62,9%, el barrio 10a con un 50% de las muestras y con un 49,4% el barrio 46 de la Región de Magallanes.

Tabla 17. Distribución porcentual de las muestras positivas por barrio muestreado durante el período 2016-2017.

Zona	Barrio	Positivos	N° total capturado	Prevalencia Barrio
Macrozona 1	1	69	103	67,0%
	2	44	70	62,9%
Macrozona 2	6	38	180	21,1%
Macrozona 3	10A	85	170	50,0%
Macrozona 4	12A	41	168	24,4%
Macrozona 5	17B	76	173	43,9%
Macrozona 6	21B	17	88	19,3%
	21D	54	84	64,3%
Macrozona 7	27	42	172	24,4%
Macrozona 8	32	27	174	15,5%
Fiordo Aysén	28B	27	174	15,5%
Punta Arenas	Capitán Aracena	8	172	4,7%
Puerto Natales	46	84	170	49,4%

Una vez estimadas las prevalencias de los barrios de las Macrozonas sanitarias, se asignaron espacialmente en un mapa coropleto tanto para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes (Figura 50, 51 y 52).

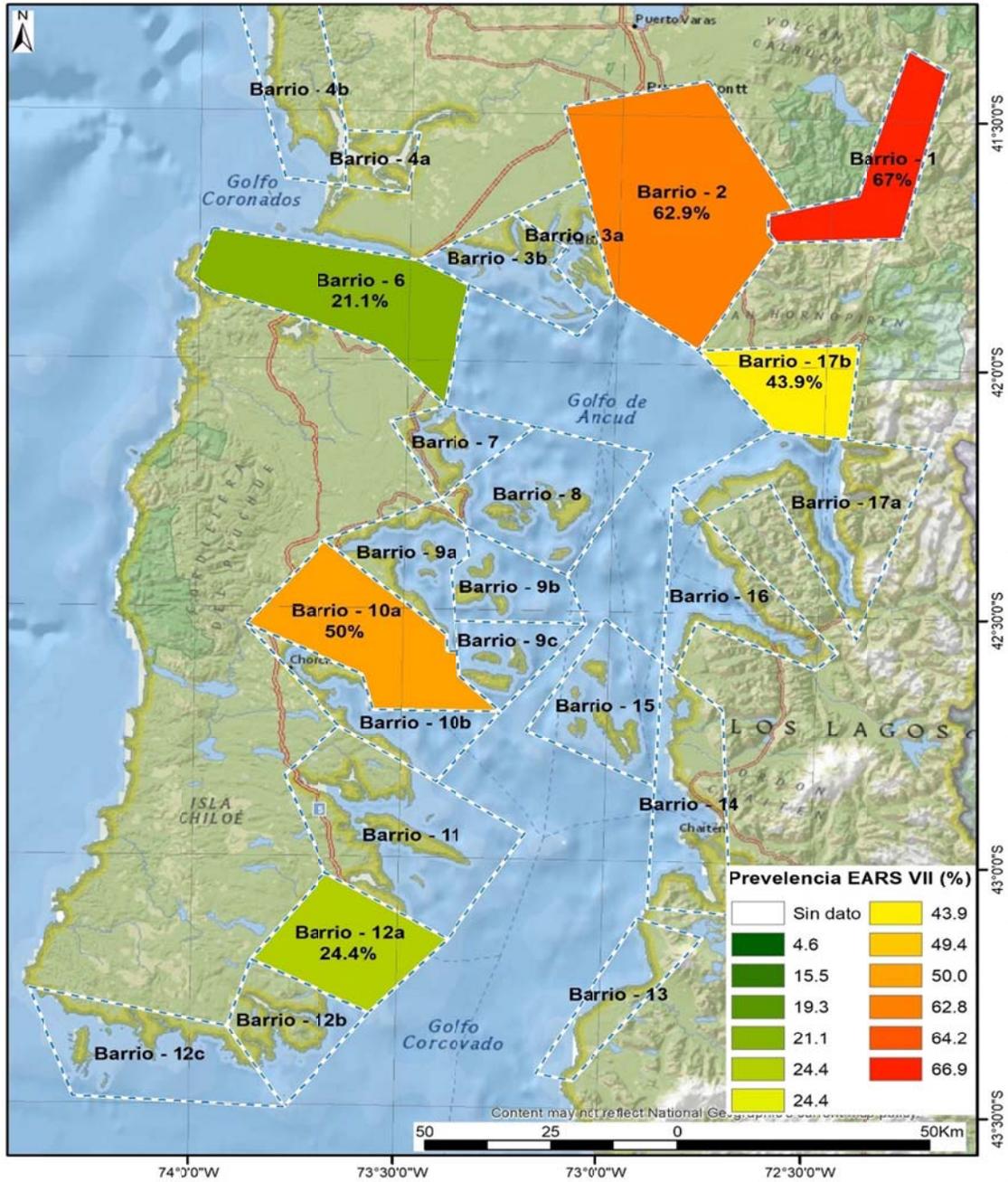


Figura 50. Mapa coropleto de la ocurrencia de *P. salmonis* en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Los Lagos.

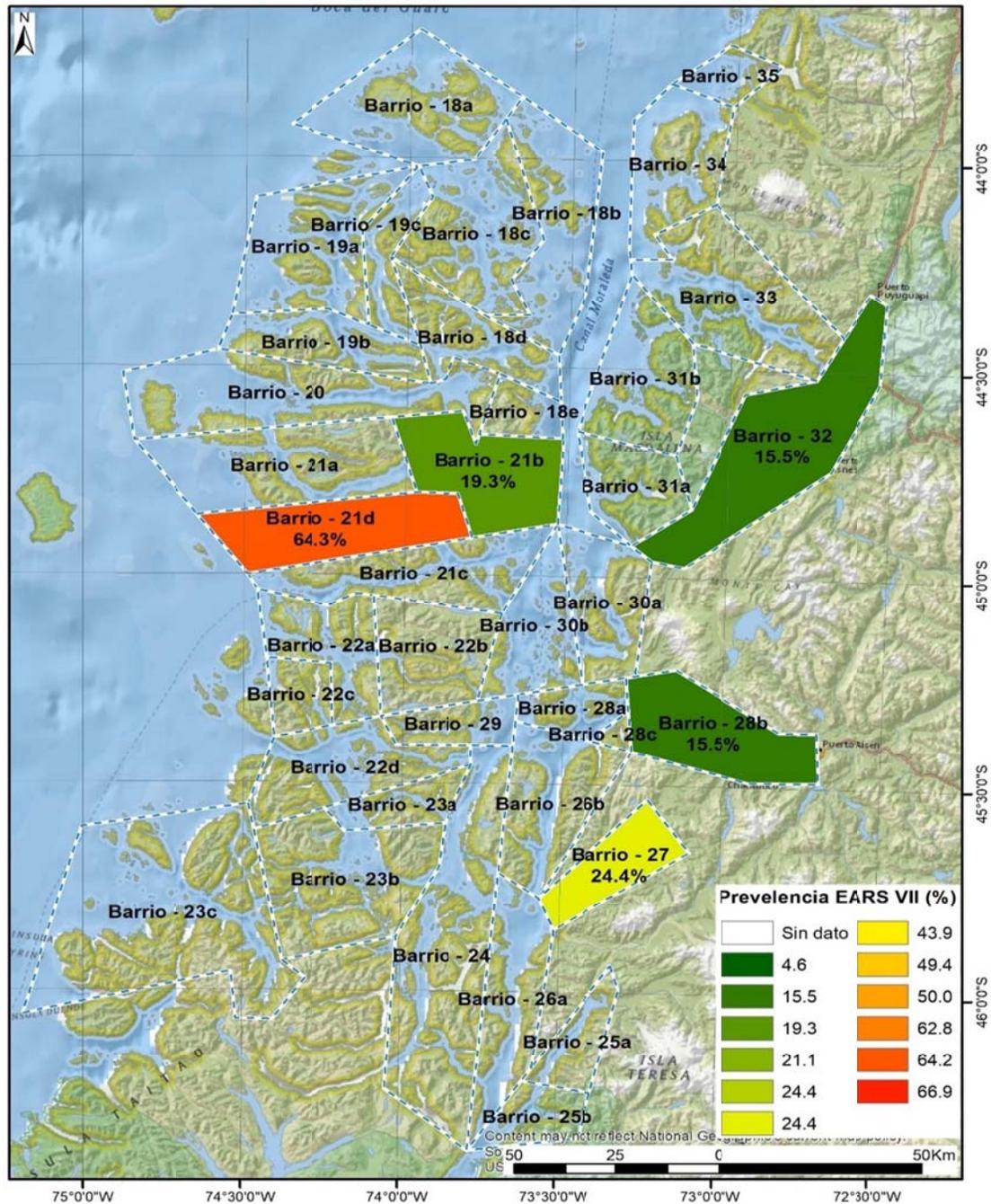


Figura 51. Mapa coropleto de la ocurrencia de *P. salmonis* en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Aysén.

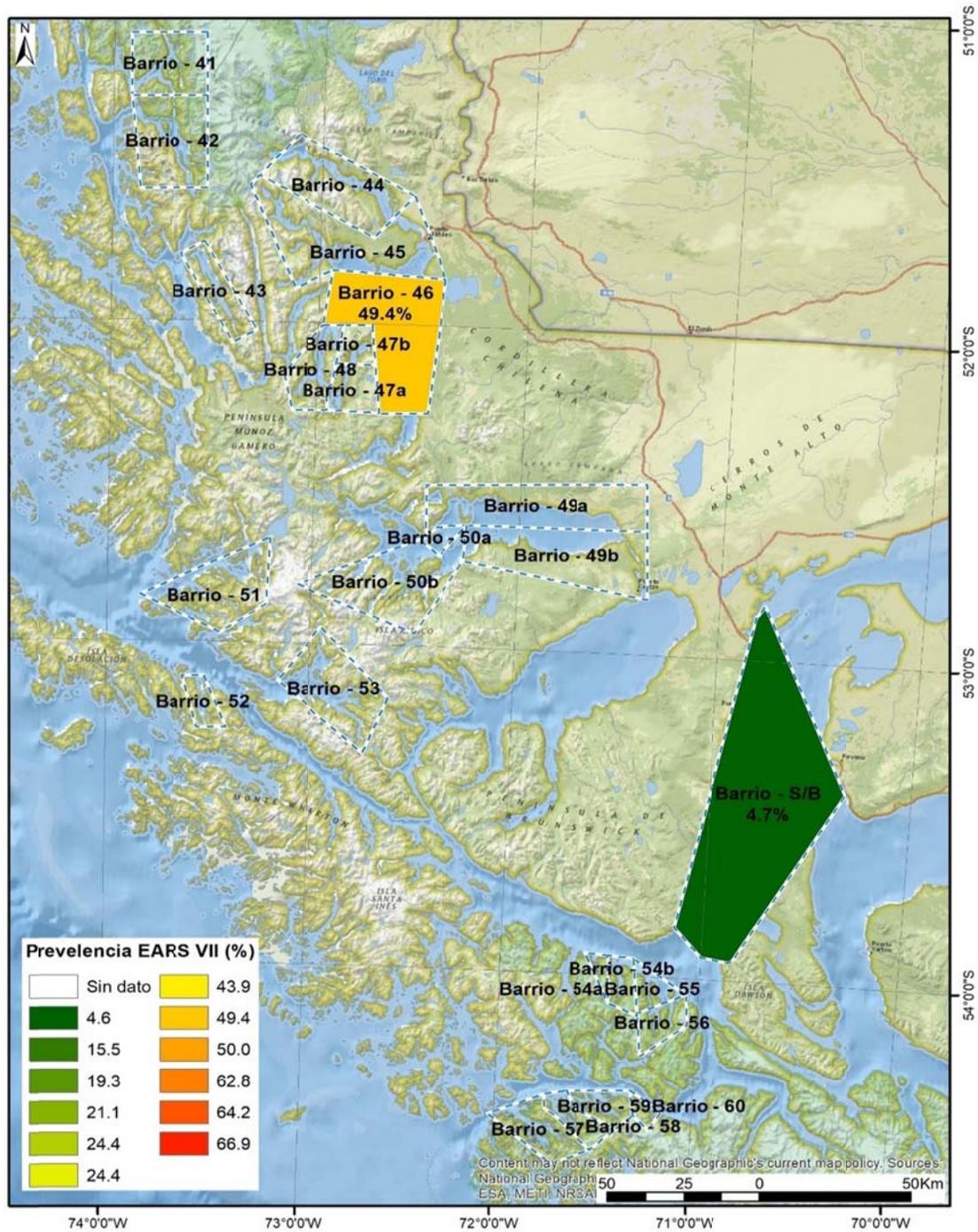


Figura 52. Mapa coropleto de la ocurrencia de *P. salmonis* en las especies silvestres y ferales capturadas entre 2016-2017, en la Región de Magallanes.

Con el objetivo de detectar una posible relación entre los resultados obtenidos en los barrios muestreados en el programa de vigilancia de especies silvestres 2016-2017 y la información de la mortalidad por *P. salmonis* en los centros de cultivo, se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson sólo entre los barrios muestreados durante el programa de vigilancia.

La correlación entre las muestras positivas en las especies silvestres de los barrios muestreados, con la tasa de mortalidad mensual en los últimos 12 meses por *P. salmonis* es levemente negativa, es decir, existió una leve correlación negativa entre las zonas de alta mortalidad en los centros de cultivo y las zonas de baja prevalencia en las especies silvestres y viceversa. La situación planteada con anterioridad se asemeja al escenario presentado en el análisis de la información en el estudio previo 2015-2016, donde la correlación entre la prevalencia en especies silvestres y la mortalidad en los centros de cultivo, también fue levemente negativa ($r = -0,23$).

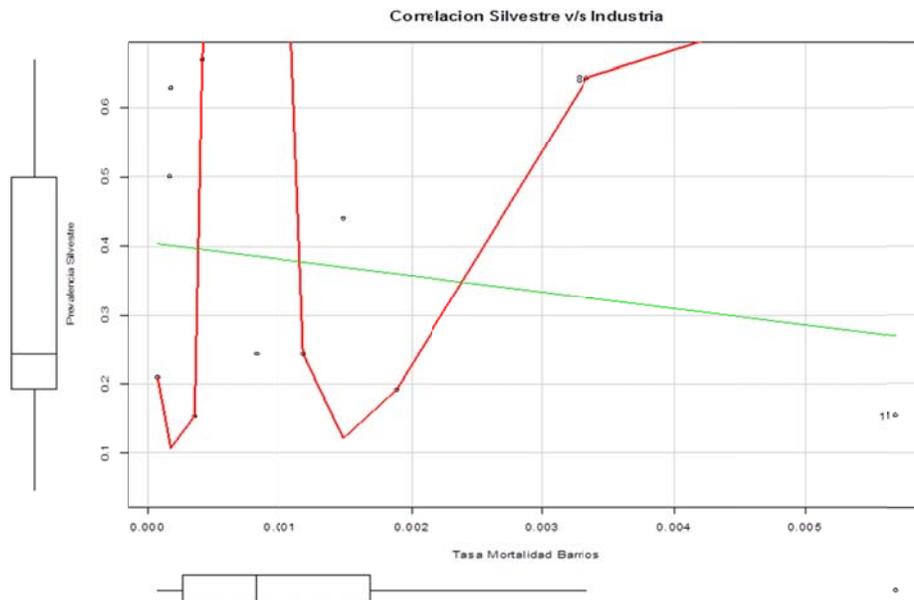


Figura 53. Gráfico de la distribución de los datos con el análisis de correlación.
(Correlación de Pearson = $-0,198$ (IC95= $-0,7134912 - 0,455555$))

Respecto del estudio de cohabitación, de acuerdo a lo descrito en la literatura (Miquel et al. 2003; Mikalsen et. al. 2008; Gunther, 2007; Lhorente et al., 2014), se esperaba obtener mortalidad de los salares troyanos, a partir del día 15 (aprox.) post inoculación, con una curva de mortalidad asociada a la enfermedad y con signología clínica a la necropsia atribuible al patógeno *P. salmonis*. Sin embargo, cumplidos s 35 días (pi) no se presentó mortalidad en los salares troyanos del Grupo 3 (control positivo), solo se presentó mortalidad inespecífica, no asociada al patógeno inoculado.



De forma adicional, tampoco se observaron cambios en cuanto al comportamiento de los peces, los que se alimentaron normalmente, sin presentar evidencia alguna de la enfermedad, como oscurecimiento, baja apetencia, peces orillados, entre otros signos. No obstante lo anterior y de acuerdo a lo establecido en el protocolo del estudio, el ensayo se mantuvo hasta cumplir los menos los 45 días pi.

4. CONCLUSIONES

1. Se mantuvieron las 29 zonas de muestreo distribuidas entre las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes, lo cual fue materia de consenso con la contraparte técnica del estudio.
2. Las campañas de pesca de investigación efectuadas en las 29 zonas comprometidas de muestreo permitieron capturar un total de 4699 ejemplares, donde el 39,5%, 22,1%, 14%, 13,5% y 10,9% de las capturas, se presentaron en las regiones de Los Lagos, Aysén, Los Ríos, La Araucanía y Magallanes, respectivamente.
3. Sobre el 94% del total de peces capturados se obtuvieron desde cuerpos de agua dulce y de agua de mar, y solo un 6% se obtuvieron desde cuerpos estuarinos.
4. Del 100% de peces capturados, el 61,3% de ellos correspondió a las especies silvestres róbalo, pejerrey de mar y pejerrey de agua dulce, cuyo número total ascendió a 2880 ejemplares. Las dos primeras especies fueron representativas de cuerpos de agua salina y estuarina, y la tercera en cuerpos de agua dulce.
5. En relación a la distribución por sexo del total de ejemplares capturados, el principal grupo capturado correspondió a ejemplares hembras, seguido de indiferenciados y finalmente individuos machos, con un 49,6%, 28,2% y 22,1%, respectivamente.
6. En relación a los hallazgos parasitarios, del total de peces capturados, el 8,1% (381) presentó parásitos, ya sea endo o ectoparásitos, de los cuales el 58% se presentó en agua de mar, un 36% en agua dulce y solo un 6% en agua estuarina.
7. Del total de hallazgos parasitarios, un 50,5% (n=212) de ellos se encontró representado por endoparásitos, mientras que un 49,5% (n=208) por ectoparásitos.
8. Las dos zonas con el mayor porcentaje de individuos parasitados, fueron la zona del Lago Llanquihue y Chiloé norte (M2), con un 50,9% y 50% de peces parasitados del total capturados; respectivamente.
9. Dentro de los géneros y especies parasitarias identificadas se encontraron: *Caligus rogercresseyi*, *Caligus sp.*, *Argulus sp.*, *Udonella sp.*, *Acanthochondria sp.*, *Diphyllbothrium latum*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Diphyllbothrium sp.*, *Contracaecum sp.*, *Hysterothylacium sp.*, *Lepeoptherius sp.*, *Hypoechinorhynchus magellanicus*.

10. En relación a los análisis genéticos, usando una base de datos de genotipos multilocus de 456 individuos de salmón del Atlántico de poblaciones cultivables en Chile, e inferencia estadística basada en análisis de componentes principales discriminante, se identificaron dos grupos de referencia, Cepa Noruega-Escocesa y Cepa Norteamericana.
11. Los grupos de salmón del Atlántico usados como referencia resultaron ser robustos con porcentajes de autoasignación del 100%.
12. Los análisis de 95 muestras de salmón del Atlántico de vida libre mostraron una ancestría muy cercana a los dos grupos de referencia usados por la industria salmonicultora. La probabilidad de asignación fue significativa a la Cepa Noruega-Escocesa o Cepa Norteamericana. Sin embargo, con las bases de datos disponibles no fue posible identificar salmón del Atlántico asilvestrados.
13. Los análisis discriminantes de componentes principales indicaron que individuos de salmón del Atlántico de vida libre incluyeron potenciales individuos de ancestría híbrida, los cuales fueron asignados a la Cepa Norteamericana por tener mayor parentesco con este grupo.
14. En relación a la detección de material genómico de los agentes patógenos sometidos a vigilancia en las muestras analizadas, solo se presentaron hallazgos positivos para los agentes *P. salmonis*, *F. psychrophilum*, IPNV y PRV.
15. El mayor número de muestras positivas a la detección de material genómico para la totalidad de agentes patógenos durante el período 2016-2017, se presentó en *P. salmonis* con un 87,9% del total de muestras positivas, donde la mayor ocurrencia de casos se presentó en las regiones de Los Lagos y Aysén.
16. En lo referente a *P. salmonis*, sobre el 90% del total de muestras positivas al material patógeno de dicho agente patógeno se presentaron en las especies róbalo y pejerrey de mar.
17. Se incrementó en casi 2,5 veces el número de muestras positivas a *P. salmonis* en las muestras analizadas, del período 2015-2016 (n=282) al período 2016-2017 (n=703).
18. Se incrementó en casi 3 veces el número de muestras positivas a *P. salmonis* en la Región de Magallanes, del período 2015-2016 (n=34) al período 2016-2017 (n=92), presentándose la mayor ocurrencia en la zona de Puerto Natales.

19. Respecto del patógeno IPNV, solo se presentaron 4 muestras positivas, 1 de las cuales se presentó en la especie pejerrey de mar, y las otras 3 en las especies trucha arcoíris y trucha fario, provenientes del Lago Yelcho.
20. Para PRV, se presentaron solo 10 muestras positivas, 4 de las cuales se presentaron en salmón coho, 4 en trucha arcoíris, y 1 en salmón Atlántico y trucha fario, respectivamente, siendo la zona de mayor ocurrencia el Estuario Valdivia, con el 50% de los casos.
21. En lo referente a *F. psychrophilum*, sobre el 85% del total de muestras positivas al material genómico de dicho agente patógeno se presentaron en las especies trucha arcoíris y pejerrey de agua dulce, presentándose la mayor ocurrencia en las zonas del Lago Panguipulli, Lago Natri y Lago Rupanco.
22. En cuanto al análisis epidemiológico, la distribución por región de las muestras positivas a *P. salmonis* (n= 612) correspondió a un 58% de muestras positivas capturadas en la Región de Los Lagos, 27% en la Región de Aysén y un 15% en la Región de Magallanes.
23. En cuanto a la distribución espacial de la prevalencia en peces silvestres a *P. salmonis* en los barrios muestreados, los mayores porcentajes se encontraron en los barrios 1 y 2 de la Macrozona 1, en el barrio 10a de la Macrozona 3, ambos en la Región de Los Lagos; seguido por el barrio 21d de la Macrozona 6 de la Región de Aysén y en el barrio 46 de la Región de Magallanes.
24. Las mayores proporciones de especies silvestres positivas a *P. salmonis* se encontraron en los barrios de la Región de Los Lagos.
25. Las mayores tasas de mortalidad anual por Piscirickettsiosis en los centros de cultivo se encontraron en los barrios (ACS) de la Región de Aysén, siendo los más altos 28b y 28c (0,57%).
26. El análisis de correlación entre las muestras positivas a *P. salmonis* en peces silvestres y la mortalidad anual por Piscirickettsiosis reportados a nivel de industria, mostró una muy baja correlación positiva, con un valor de $p = 0,5583$; determinando que no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas.
27. La proporción de especies capturadas para la totalidad de las zonas y regiones de estudio, ha presentado una relación 2:1 entre la captura de especies silvestres (65%) y especies salmónidas (34%), la cual se ha mantenido estable desde el año 2014 a la fecha.

28. En relación a la detección de material genómico de agentes patógenos en el total de muestras capturadas y analizadas en el período 2010-2017, el 8,7% de ellas fueron positivas a la presencia de material genómico ya sea bacteriano o viral.
29. La mayor ocurrencia de muestras positivas en el período 2010-2017 se presentó para el agente patógeno *P. salmonis*, con un 81,2%, seguido de *F. psychrophilum* con un 9,1%, IPNV con un 7,3% y finalmente PRV con un 2,4%.
30. Para el patógeno *P. salmonis*, para el período 2010-2017, sobre el 92% de las muestras positivas se presentaron en las especies silvestres róbalo y pejerrey de mar, con un 58% y 34%; respectivamente.
31. Para *F. psychrophilum*, para el período 2010-2017, sobre el 83% de las muestras positivas se presentaron en las especies trucha arcoíris y pejerrey de agua dulce, con un 54% y 29%; respectivamente.
32. Para IPNV, para el período 2010-2017, cerca del 78% de las muestras positivas se presentaron en la especie salmónida trucha arcoíris y en las especies silvestres pejerrey de agua dulce, róbalo y pejerrey de mar, con un 24,4%, 18,6%, 18,6% y 16,3%; respectivamente.
33. Para el patógeno viral PRV, más del 98% de las muestras positivas se presentaron en las especies salmónidas salmón del Atlántico, salmón coho y trucha arcoíris, para el período 2010-2017.
34. Las tendencias observadas para el patógeno *P. salmonis* en el período 2010-2017, éstas fueron cíclicas, con tendencia al incremento desde el año 2014, alcanzando el máximo porcentaje de detección en el período 2016-2017, con un 28,8% de muestras positivas al agente.
35. Las especies silvestres pejerrey de mar y róbalo, presentaron las mayores detecciones a *P. salmonis* durante todo el período del estudio (2010-2017), alcanzando los porcentajes más altos reportados en el período 2016-2017, con 34,9% y 29,7%; respectivamente.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, E. C., R. S. Waples, and S. T. Kalinowski. 2008.** An improved method for predicting the accuracy of genetic stock identification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65:1475-1486
- Basulto, S. 2003.** El largo viaje de los salmones. Una crónica olvidada. Propagación y cultivo de especies acuáticas en Chile. Maval Ltda. Chile. 299 pp.
- Benavente, J. N., L. W. Seeb, J. E. Seeb, I. Arismendi, C. E. Hernández, G. Gajardo, R. Galleguillos, M. I. Cádiz, S. S. Musleh, and D. Gomez-Uchida. 2015.** Temporal Genetic Variance and Propagule-Driven Genetic Structure Characterize Naturalized Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) from a Patagonian Lake Impacted by Trout Farming. *Plos One* 10:e0142040
- Clifford S.L., McGinnity P. & Ferguson A. (1998)** Genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations of northwest Irish rivers resulting from escapes of adult farm salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55, 358–363.
- Crozier W.W. (1993)** Evidence of genetic Interaction between escaped farmed salmon and wild Atlantic salmon (*Salmo-Salar L*) in a Northern Irish river. *Aquaculture* 113, 19–29.
- Chambers E., R. Gardiner, E. Peeler. 2008.** An investigation into the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and wild fish populations in selected river catchments in England and Wales between 1998 and 2000. *J Fish Dis* 31: 89-96.
- Dixon P.F., Feist S., Kehoe E., Parry L., Stone D.M. & Way K. (1997)** Isolation of viral haemorrhagic septicaemia virus from Atlantic herring *Clupea harengus* from the English Channel. *Diseases of Aquatic Organisms* 30, 81–89.



Everett, M. V., E. D. Grau, and J. E. Seeb. 2011. Short reads and nonmodel species: exploring the complexities of next-generation sequence assembly and SNP discovery in the absence of a reference genome. *Molecular Ecology Resources* 11:93-108.

Garseth ÅH, Fritsvold C, Opheim M, Skjerve E, Biering E. 2013. Piscine reovirus (PRV) in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea-trout, *Salmo trutta* L., in Norway. *J Fish Dis.* 36(5):483-93.

Glover, K. A. 2010. Forensic identification of fish farm escapees: the Norwegian experience. *Aquaculture Environment Interactions* 1:1-10.

Glover K.A., Quintela M., Wennevik V., Besnier F., Sørvik A.G.E. & Skaala Ø. (2012) Three decades of farmed escapees in the wild: a spatio-temporal analysis of atlantic salmon population genetic structure throughout Norway. *PLoS ONE* 7, e43129.

Glover K.A., Pertoldi C., Besnier F., Wennevik V., Kent M. & Skaala O. (2013a) Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. *Bmc Genetics* 14, 74.

Gunther, S. (2007) Reduced mortality in Atlantic salmon fed diets supplemented with nucleotides. In: *Nutritional biotechnology in the feed and food industries: Alltech UK Proceedings of Alltech's 23rd Annual Symposium. The new energy crisis food feed or fuel*, pp. 355-358.

Hall M., Smith R.J., Munro E.S., Matejusova I., Allan C.E.T., Murray A.G., Duguid S.J., Salama N.K.G., McBeath A., Wallace I.S., Bain N., Marcos-Lopez M. & Raynard R.S. (2013) Epidemiology and control of an outbreak of viral haemorrhagic septicaemia in wrasse around Shetland commencing 2012. *Scottish Marine and Freshwater Science* 4, Number 3.

He, C., J. Holme, and J. Anthony. 2014. SNP genotyping: the KASP assay. *Crop Breeding: Methods and Protocols*:75-86.

- Henríquez, V. P., González, M. T., Licandeo, R. & Carvajar, J. 2011b.** Metazoan parasite communities of rock cod *Eleginops maclovinus* along southern Chilean coast and their use as biological tags at a local spatial scale. *J Fish Biol*, 79, 1851-65.
- Jombart, T. 2008.** adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. *Bioinformatics* 24:1403-1405.
- Jombart, T., S. Devillard, and F. Balloux. 2010.** Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC Genetics* 11:94.
- Jombart, T., and I. Ahmed. 2011.** adegenet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics*.
- Jones, M. H., J. E. Seeb, K. I. Warheit, T. R. Seamons, T. P. Quinn, and L. W. Seeb. 2015.** Consequences of emergence timing for the growth and relative survival of Steelhead Trout fry from naturally spawning wild and hatchery parents. *Transactions of the American Fisheries Society* 144:977-989.
- Kalinowski, S., K. R. Manlove, and M. L. Taper. 2008.** ONCOR: a computer program for genetic stock identification. Department of Ecology, Montana State University.
- King J.A., Snow M., Smail D.A. & Raynard R.S. (2001)** Distribution of viral haemorrhagic septicaemia virus in wild fish species of the North Sea, north east Atlantic Ocean and Irish Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 47, 81–86.
- Lhorente JP, Gallardo JA, Villanueva B, Carabaño MJ, Neira R (2014).** Disease Resistance in Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Coinfection of the Intracellular Bacterial Pathogen *Piscirickettsia salmonis* and the Sea Louse *Caligus rogercresseyi*. *PLoS ONE* 9(4): e95397. doi:10.1371/journal.pone.0095397.
- Meyers T.R., S. Short, C. Farrington, K. Lipson, H.J. Geiger, R. Gates. 1993.** Establishment of negative-positive threshold optical density value for enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) to detect soluble antigen of *Renibacterium salmoninarum* in Alaskan Pacific salmon. *Dis Aquat Organ* 16:191-197.



Mikalsen J, Skjaervik O, Wiik-Nielsen J, Wasmuth MA, Colquhoun DJ (2008) Agar culture of *Piscirickettsia salmonis*, a serious pathogen of farmed salmonid and marine fish. *FEMS Microbiol Lett* 278: 43–47.

Miquel, A., I. Müller, P. Ferrer, P.D.T. Valenzuela, L.O. Burzio. (2003). Immunoresponse of coho salmon immunized with a gene expression library from *Piscirickettsia salmonis*. *Biol Res*, 36, pp. 313-323.

Mortensen H.F., Heur O.E., Lorenzen N., Otte L. & Olesen N.J. (1999a) Isolation of viral haemorrhagic septicaemia virus from wild marine species in the Baltic Sea, Kattegat, Skagerrak and the North Sea. *Virus Research* 63, 93–108.

Mortensen H.F., Olesen N.J. & Møllergaard S. (1999b) Isolation of viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) in the marine environment. 9th International Conference of the EAFP on Diseases of Fish and Shellfish, Rhodes, Greece, Abstract Book, O-012, 19–24 September, 1999.

Murray, A.; Peeler, E. 2005. A framework for understanding the potential for emerging diseases in aquaculture. *Prev. Vet. Med.* 67: 223-235.

Niklitschek E. & Aedo E. 2002. Estudio del ciclo reproductivo de las principales especies objetivo de la pesca deportiva en la XI Región. Informe Final FIP 2000-Coyhaique, Chile: Universidad Austral de Chile.

Oidtmann B., E. Peeler, T. Lyngstadb, E. Brun, B.B. Jensen, K. Stark. 2013. Risk-based methods for fish and terrestrial animal disease surveillance. *Prev Vet Med* 112: 13-26.

Peeler E., S.W. Feist, M. Longshaw, M.A. Thrush, S. St-Hilarie. 2008. An assessment of the variation in the prevalence of renal myxosporidiosis and hepatitis in wild brown trout, *Salmo trutta* L., within and between rivers in South England. *J Fish Dis* 31: 719-728.

Pritchard, J. K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.



Rafalski, J. A. 2002. Novel genetic mapping tools in plants: SNPs and LD-based approaches. *Plant Science* 162:329-333.

Rannala, B., and J. L. Mountain. 1997. Detecting immigration by using multilocus genotypes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94:9197-9201.

Raynard R.S., A.G. Murray, A. Gregory. 2001. Infectious salmon anemia virus in wild fish from Scotland. *Dis Aquat Organ* 46: 93-100.

SalmonChile. Departamento de estudios. 2009. Ficha industria del salmón N° 12/2008.

Skaala Ø., Wennevik V. & Glover K.A. (2006) Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., populations affected by farm escapees. *Ices Journal of Marine Science* 63, 1224–1233.

Skall H.F., Olesen N.J. & Møllgaard S. (2005b) Viral haemorrhagic septicaemia virus in marine fish and its implications for fish farming – a review. *Journal of Fish Diseases* 28, 509–529.

Smail D.A. (1995) Isolation and identification of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) virus from North Sea cod (*Gadus morhua* L.). *International Council for the Exploration of the Sea, Mariculture Committee CM 1995/F: 15.*

Smail D.A. (2000) Isolation and identification of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) viruses from cod *Gadus morhua* with the ulcus syndrome and haddock *Melanogrammus aeglefinus* having skin haemorrhages in the North Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 41, 231–235.

Smith, P.; Larenas, J.; Vera, P. 2001. Principales enfermedades de los peces salmonídeos cultivados en Chile. *Monografías de Medicina Veterinaria, Vol.21 (2).*

Snow M., P. McKay, A. J. McBeath, J. Black, F. Doig, R. Kerr, C. O. Cunningham, A. Nylund & M. Devold. (2006). Development, application and validation of a Taqman real-time RT-PCR



assay for the detection of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Dev Biol (Basel)* 126, 133–145, discussion 325–326.

Wahli T., D. Bernet, P.A. Steiner, H. Schmidt-Posthaus. Geographic distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fish in Swiss rivers: an update. *Aquat Sci* 69:3-10.

Yáñez, J. M., S. Naswa, M. E. López, L. Bassini, K. Correa, J. Gilbey, L. Bernatchez, A. Norris, R. Neira, J. P. Lhorente, P. S. Schnable, S. Newman, A. Mileham, N. Deeb, A. Di Genova, and A. Maass. 2016. Genomewide single nucleotide polymorphism discovery in Atlantic salmon (*Salmo salar*): validation in wild and farmed American and European populations. *Molecular Ecology Resources* 16:1002-1011.



EUGENIO ZAMORANO VILLALOBOS
Jefe División de Acuicultura

ABP
ABP/MAAG/maag.