

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

**“Comparación de parámetros productivos y resistencia  
a Caligidosis en *Salmo salar* de distinto origen genético  
y piscicultura”.**

**Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor  
Por  
Patricia Eliana Aceituno Abarzúa**

**Valparaíso  
2010**

**Comisión del proyecto de título:**

Profesor Guía : Dr. José Gallardo M.

Profesor (a) : Dra. (c) Mariel Campalans B.

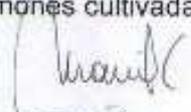
Profesor (a) : Dra. María Isabel Toledo D.

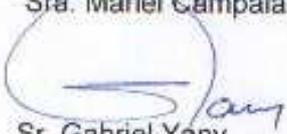
Profesor : Dr. Gabriel Yany G.

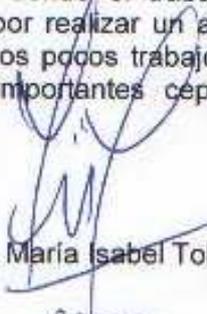
## INFORME PROYECTO DE TITULACION DE LA EGRESADA PATRICIA ACEITUNO

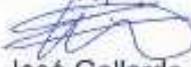
La Comisión revisó el informe escrito presentado oficialmente por La egresada Sra. Patricia Aceituno y llegó a lo siguiente:

- 1) Autorizar empaste previa corrección de aspectos menores que serán controlados por el Prof. Guía.
- 2) El informe es calificado con nota 5,8 (cinco coma ocho).
- 3) **Informe del trabajo:** El trabajo escrito presentaba algunas deficiencias que necesitaron ser corregidas antes de aceptar el informe final. Sin embargo, el trabajo cumple con los objetivos perseguidos y sus resultados son de interés para la toma de decisiones en la empresa acuícola donde el trabajo fue desarrollado. Se destaca el esfuerzo de la estudiante por realizar un análisis estadístico profundo de los datos, siendo este uno de los pocos trabajos que compara en términos productivos dos de las más importantes cepas de salmones cultivadas en Chile.

  
Sra. Mariel Campalans

  
Sr. Gabriel Yany

  
Sra. María Isabel Toledo

  
Sr. José Gallardo

## **AUTORIZACIÓN DE USO**

Al presentar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Acuicultor, autorizo a la biblioteca de la Escuela Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella para inspección y consulta.

Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

**Patricia Eliana Aceituno Abarzúa**

### **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con gran cariño a mis padres Raúl y Eliana, a quienes les debo todo lo que tengo y soy hoy día....gracias por entregarme lo mejor de ustedes, gracias por su amor....

## CONTENIDO

	Pág.
Portadilla	
Comisión del proyecto de título	i
Informe de Proyecto de titulación	ii
Autorización de uso	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Contenido	vii
Contenido de figuras	viii
Contenido de tablas	x
Resumen	xi
Abstract	xii
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Antecedentes	4
3.1. Cepas genéticas de salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ): Aquagen y Fanad- mowi	4
3.2. Mejoramiento genético	9
3.3. Caligidosis en Chile.	13
4. Metodología	19
4.1. Antecedentes del centro de engorda y peces.	19
4.2. Base de datos	21
4.2.1. Variables ambientales	21
4.2.2. Parámetros productivos	21
4.2.3. Intensidad de infestación de <i>Caligus</i> sp.	22
4.3.- Análisis estadístico	22
5. Resultados	27
5.1 Variables ambientales.	27
5.2. Parámetros productivos.	30
5.2.1. Peso promedio	30
5.2.2. Tasa de Crecimiento específica (SGR)	34
5.2.3. Mortalidad (%)	39
5.3. Intensidad de infestación de <i>Caligus</i> sp.	44
6. Discusión	50
7. Conclusion	53
8. Referencias	54
9. Anexos	59

## CONTENIDO DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Evolución de la intensidad de caligus totales, durante el período 2000-2007 según especie salmonidea.	15
<b>Figura 2.</b> Análisis mensual 2000 - 2006: Intensidad promedio Caligus totales en Salmón Coho, Salar y trucha. X Región.	16
<b>Figura 3.</b> Análisis mensual 2006-2007: Intensidad promedio Caligus Totales en salmón Coho, Salar y Trucha. X Región.	17
<b>Figura 4.</b> Fiordo Hornopirén. A la derecha se muestra Isla Pelada donde se encuentra el centro de engorda del presente estudio.	19
<b>Figura 5.</b> Comparaciones a realizar entre los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas y diferente origen genético.	23
<b>Figura 6.</b> Variación mensual de la temperatura del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades.	27
<b>Figura 7.</b> Variación mensual de oxígeno disuelto del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades.	28
<b>Figura 8.</b> Variación mensual de la salinidad del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades.	29
<b>Figura 9.</b> Peso promedio del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	30
<b>Figura 10.</b> Peso promedio del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	31
<b>Figura 11.</b> Medias muestrales del peso promedio por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)	33
<b>Figura 12.</b> Medias muestrales del peso promedio por grupo de peces. (1: Cepa Aquagen; 2: Cepa Fanad-mowi)	34
<b>Figura 13.</b> SGR promedio del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	35
<b>Figura 14.</b> SGR promedio del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	36
<b>Figura 15.</b> Medias muestrales de SGR por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)	38
<b>Figura 16.</b> Medias muestrales de SGR por grupo de peces. (1: Cepa Aquagen; 2: Cepa Fanad-mowi)	39
<b>Figura 17.</b> % Mortalidad acumulada del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	40
<b>Figura 18.</b> % de mortalidad acumulada del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	41
<b>Figura 19.</b> Medias muestrales de mortalidad (%) por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)	43

<b>Figura 20.</b> Medias muestrales de mortalidad (%) por grupo de peces. (1: Ceba Aquagen; 2: Ceba Fanad-mowi)	44
<b>Figura 21.</b> Intensidad promedio de Caligus sp. del grupo de peces de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	45
<b>Figura 22.</b> Intensidad promedio de Caligus sp. del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.	46
<b>Figura 23.</b> Medias muestrales de Intensidad de Caligus sp por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)	48
<b>Figura 24.</b> Medias muestrales de intensidad de Caligus por grupo de peces. (1: Ceba Aquagen; 2: Ceba Fanad-mowi)	49

## CONTENIDO DE TABLAS

	Pág
<b>Tabla 1.</b> Rasgos efectivos en el programa de selección de AquaGen S.A. de Salmo salar y Oncorhynchus mykiss.	6
<b>Tabla 2.</b> Rasgos robustos en el programa de selección de AquaGen S.A. de Salmo salar y Oncorhynchus mykiss.	7
<b>Tabla 3.</b> Variabilidad genética por rasgo.	12
<b>Tabla 4.</b> Variabilidad genética en Caligidosis.	13
<b>Tabla 5.</b> Ranking de importancia de los principales impactos en la rentabilidad de la industria del salmón en el control de Caligus sp.	14
<b>Tabla 6.</b> Grupos de peces, según cepa y piscicultura de origen.	20
<b>Tabla 7.</b> Resumen del Análisis de varianza del Peso promedio de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.	32
<b>Tabla 8.</b> Resumen del Análisis de varianza del Peso promedio de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.	33
<b>Tabla 9.</b> Resumen del Análisis de varianza de SGR de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.	37
<b>Tabla 10.</b> Resumen del Análisis de varianza de SGR de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.	38
<b>Tabla 11.</b> Resumen del Análisis de varianza de mortalidad (%) de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.	42
<b>Tabla 12.</b> Resumen del Análisis de varianza de mortalidad (%) de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.	43
<b>Tabla 13.</b> Resumen del Análisis de varianza de intensidad de Caligus sp. de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.	47
<b>Tabla 14.</b> Resumen del Análisis de varianza de intensidad de Caligus sp. de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.	48

## RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo entre *Salmo salar* de un Centro de Engorda de la X Región, evaluando parámetros productivos de interés económico; Tasas de Crecimiento Específico (SGR), Peso promedio mensual, y Mortalidad mensual (%), entre los meses de Septiembre del 2006 y Enero del 2008, además de resistencia a Caligidosis en el período de Octubre del 2007 a Febrero del 2008. Las comparaciones se realizaron entre peces de diferente origen genético, analizando dos cepas distintas (Aquagen y Fanad-mowi) provenientes de una piscicultura en común (Nilahue), y entre peces de cepa Fanad-mowi provenientes de dos pisciculturas distintas (Nilahue e Iculpe). Los resultados arrojaron que existen diferencias significativas entre las cepas, en % de mortalidad mensual, intensidad de Caligus y peso promedio mensual de los peces, no así en las Tasas de Crecimiento Específica. En cuanto al origen de agua dulce de donde provienen los peces en engorda, existen diferencias entre las pisciculturas en el Peso promedio de los peces y % mortalidad mensual, pero no en SGR e intensidad de parásitos.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- La cepa Fanad-mowi presentó el mejor desempeño respecto a mortalidad y resistencia a Caligidosis.
- La cepa Aquagen presentó el mejor desempeño respecto a Peso promedio de los peces.
- Los peces provenientes de la piscicultura Iculpe presentaron el mejor desempeño en crecimiento en peso en la fase de engorda en agua de mar.
- Los peces provenientes de la piscicultura Nilahue presentaron el mejor desempeño con respecto a mortalidad en la fase de engorda en agua de mar.

## ABSTRACT

A comparative study of *Salmo salar* in a farming center the X Region was performed, evaluating productive parameters of economic interest, such as; Specific Growth rates (SGR), and average Weight and Mortality per month (%), (September 2006 and January 2008), as well as Resistance to Caligidosis (October 2007 to February 2008). Comparisons were made among fish from different genetic origin, analyzing two different strains (Aquagen and Fanad-mowi) from the same fish farming facility (Nilahue) and among fish from the Fanad-mowi strain from two different fish farming facilities (Nilahue and Iculpe). The results showed significant differences between the strains in the Mortality per month (%), as well as in the Intensity of Caligus and average Weight per month. However, no significant differences were established in the Specific Growth rates. Regarding the freshwater origin for farmed fish, differences in the average weight of fish and mortality per month (%) were detected, although none could be established for SGR and parasite intensity.

Considering these results it may be concluded that:

- The Fanad-mowi strain showed the best performance with respect to mortality and resistance to Caligidosis.
- The Aquagen strain showed the best performance for the average weight of fish.
- Fish from the Iculpe farming facility showed the best growth performance in weight during the fat phase in seawater.
- Fish from the Nilahue farming facility showed the best performance with respect to mortality during the fat phase in seawater.

## 1. INTRODUCCION

La Salmonicultura en Chile ha tenido un gran crecimiento durante los últimos años. El país es el segundo productor mundial, después de Noruega, y primero de truchas cultivadas. Mientras que el país nórdico ha incrementado la producción de salmón cultivado en los últimos cinco años en cerca de 174.000 toneladas, nuestro país lo ha hecho en poco más de 178.000, cubriendo un 38% del mercado mundial; es decir, sólo un 1,5% menos que Noruega (Varas, 2007).

A pesar de este buen diagnóstico, se ha presenciado en los últimos dos años, brotes de enfermedades que han provocado a la industria salmonera importantes dificultades productivas y han hecho surgir con urgencia la necesidad de tomar medidas que permitan controlarlas, y neutralizar su potencial impacto futuro, como es el caso del virus ISA y las altas cargas de *Caligus* en la X Región ([www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)).

En relación a la Caligidosis, las principales pérdidas económicas ocasionadas por el parásito se relacionan con bajas de productividad por estrés, aumento de la susceptibilidad a contraer enfermedades, la reducción del valor comercial, debido a las lesiones en piel y musculatura, y costos de tratamientos para controlar la enfermedad (Carvajal et al., 1998). En Chile, los costos de tratamiento y reducción en el rendimiento de los peces, han sido estimados en aproximadamente € 0,19 por Kg. de pez (Costello, 2009).

Las estrategias de control que se aplican en la actualidad en las empresas salmoneras para la Caligidosis se basan principalmente en uso de antiparasitarios (Rozas & Asencio, 2007). Uno de los productos mas utilizados y que ha dado la mejor protección frente al parásito es el Benzoato de Emamectina, que sin embargo, debido a que fue el único fármaco autorizado para el control de *caligus* por más de siete años, generó que estos parásitos desarrollaran resistencia a este medicamento (Bravo, 2007).

Debido a las consecuencias que presenta la Caligidosis en la productividad de la industria del salmón, es que se han buscado diferentes medidas de control de esta enfermedad. Dentro de las principales estrategias para el control de este parásito se encuentran el incorporar nuevos productos, con diferente composición molecular, para realizar rotación de tratamientos y minimizar riesgos de desarrollo de resistencia; instaurar períodos de descanso entre ciclos de producción, implementación de un plan de manejo integrado nacional para caligus e incentivar proyectos de investigación de *Caligus* en busca de medidas alternativas (Leal & Woywood, 2007).

En acuicultura, una actividad que busca aumentar la eficiencia de un sistema productivo, ha sido la investigación de mejoramiento genético, específicamente en la selección de reproductores que manifiestan superioridad genética en un carácter determinado dentro de una población (Neira et al., 1999), entre los cuales los de mayor interés económico en la industria son el peso final al momento de la cosecha, tasas de crecimiento, mortalidad, calidad del producto (medido en composición química, color, etc) y resistencia a enfermedades (Martínez & Figueroa, 2007).

En la actualidad, gran parte de las empresas chilenas de cultivo de salmón, utilizan regularmente peces mejorados genéticamente para rasgos de crecimiento, pero no para Caligidosis. Es por esta razón que es necesario evaluar, en el caso particular de la empresa en estudio, si existen diferencias entre grupos de peces de salmón del Atlántico, con distinto origen genético y procedencia de pisciculturas, en cuanto a la resistencia de parásitos y su respuesta en el rendimiento productivo durante la etapa de engorda.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Comparar parámetros productivos y resistencia a Caligidosis en *Salmo salar* de distinto origen genético y piscicultura en un ciclo de engorda.

### **Objetivos específicos**

1.- Describir y comparar Peso, Tasa de Crecimiento Específica (SGR) y Mortalidad (%) de *Salmo salar* de distinto origen genético y piscicultura en el ciclo de engorda.

2.- Determinar y comparar la intensidad de infestación de *Caligus* entre los peces de distintos grupos genéticos y piscicultura del centro de engorda.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Cepas genéticas de salmón del Atlántico (*Salmo salar*): Aquagen y Fanad-mowi

Hasta principios del año 2008, los principales productores de salmón del Atlántico fueron Noruega (43,3%), Chile (36%), Reino Unido (7,6%) y Canadá (6,5%) ([www.salmonchile.cl](http://www.salmonchile.cl)). La producción mundial de salmón del Atlántico se basa en unas pocas cepas de reproducción originarias del continente europeo, principalmente de Noruega (Thorstad, 2008). En ese país, la producción actual se basa mayormente en peces producidos por Aqua Gen AS, Salmobreed AS, y la cepa Mowi. En Irlanda y Escocia, una gran proporción de la producción de esta especie se basa en el material genético noruego, utilizando además peces de origen local y provenientes de otros países del continente (Glover, 2009). En British Columbia, Canadá, el salmón cultivado es primordialmente descendiente de importaciones de cepas noruegas (“Mowi”) y escocesas (“McConnell”), no obstante las cepas de origen norteamericano (“Cascade”) también han sido usadas (Withler, 2005). En Maine, Estados Unidos, el salmón cultivado comenzó con cruces de peces de origen norteamericano y europeo, estimándose una influencia genética de este continente, entre el 30-50%, sin embargo, en la actualidad el salmón cultivado no tendría una ascendencia europeo significativa (Thorstad, 2008). En cuanto al origen del salmón del Atlántico cultivado en Chile, se sabe que proviene del continente europeo, principalmente de cepas noruegas (Thorstad, 2008).

En general, gran parte del salmón cultivado en la actualidad se basa en 5 cepas noruegas representativas, que datan entre los años 1960 y 1970 (Skaala, 2005). Cuatro de estas cepas, constituyen a un programa de selección reproductiva (Akvaforsk), representando cuatro cohortes bien definidas de peces, recolectados de 40 ríos de la costa central de Noruega entre los años 1971 y 1974 (Thorstad, 2008). Desde el inicio del programa de selección, estas cuatro cohortes han sido conservadas por separado y proliferadas cada cuatro años (Skaala, 2005). En la actualidad Aqua Gen S.A., principal

empresa productora, se encuentra en un proceso de mezclar estas líneas de reproducción, con el fin de extender la base genética de la población de cultivo (Thorstad, 2008). Esta empresa cuenta con 800 familias que conforman el núcleo reproductivo lo que da una amplia base para la selección de los reproductores. El trabajo de reproducción está basado en la selección de familias durante 9 generaciones (36 años) ([www.aquagen.no](http://www.aquagen.no)).

AquaGen S.A. en su programa de selección, trabaja con 22 rasgos o caracteres, en un total de 100.000 peces por cada generación. La empresa categoriza a estos rasgos como efectivo, que tiene que ver con un carácter cualitativo y técnico-productivo; y robusto el que está relacionado a la salud y bienestar animal (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1:** Rasgos efectivos en el programa de selección de AquaGen S.A. de Salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

<b>Rasgos</b>	<b>Salmón Atlántico</b>	<b>Trucha Arcoiris</b>
• Crecimiento en Agua Dulce	X	X
• Crecimiento en Agua de Mar relacionado al género	X	X
• Reducción de maduración temprana	X	X
• Factor de Condición (peso/crecimiento) relacionado al género	X	X
• Peso Engorda	X	X
• Peso a Cosecha	X	X
• Porcentaje de grasa del filete relacionado al género	X	X
• Color del Filete	X	X
• Peso del Filete, correlacionado al género	X	
• Espesor del Filete (punto más y menos grueso)	X	
• Pérdida entre smolt y 3 kg.	X	
• Color de la piel		X
• Color de la piel, espalda		X

**Tabla 2:** Rasgos robustos en el programa de selección de AquaGen S.A. de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

Rasgos	Salmón Atlántico	Trucha Arcoiris
• Resistencia a Furunculosis	X	
• Resistencia a ISA	X	
• Resistencia a IPN	X	X
• Resistencia a Piscirickettsiosis	X	
• Resistencia a heridas de invierno	X	
• Tolerancia al Estrés	X	
• Peso del Corazón, relacionado al género	X	
• Peso del Corazón / peso del cuerpo	X	
• Deformidades del esqueleto	X	X
• Reducción de efectos secundarios de las vacunas / relacionado al género	X	

**Fuente:** [www.aquagen.no](http://www.aquagen.no)

La quinta cepa noruega de importancia, fue establecida por Mowi S.A. en el año 1960, basándose en un programa de selección masiva, con peces provenientes de poblaciones nativas del Río Bolstad, Noruega. (Thorstad, 2008).

En 1981, Marine Harvest de Irlanda, importa cepas mowi de smolts vivos vía wellboat desde Noruega, adquiriendo la cepa desde aquel momento el nombre de Fanad-mowi. Los primeros salmones salieron del país en 1984. Dos años más tarde los niveles de producción permitieron la comercialización con Escocia, mientras que con

Chile los primeros intercambios ocurrieron en 1988, desde entonces ha sido un importante abastecedor de ovas de salmón del atlántico para el mercado nacional ([www.aqua.cl](http://www.aqua.cl)).

La empresa productora de ovas Fanad-mowi, lleva actualmente un registro del pedigrí de cada pez, mediante la técnica de marcado de ADN, es decir, todos los peces son identificados en relación a sus padres de acuerdo con su ADN. Para combinar los rendimientos con el pedigrí, la empresa creó una base de datos donde se identifica al pez en cuanto a sexo, ubicación, jaula y mortalidad; todo esto se incluye en un programa de evaluación, con el fin de indicar la superioridad genética de un pez con respecto a otros ([www.aqua.cl](http://www.aqua.cl)).

Se han realizado varios estudios en Europa comparando cepas de *Salmo salar* en diferentes parámetros productivos (Glover et al., 2005; Glover et al., 2009; Singer et al., 2002; Witheler et al., 2005; Handeland et al., 2003; Handeland et al., 2004). Sin embargo en la mayoría de estos, se investiga las diferencias entre cepas nativas y las de cultivo.

Glover et al., 2009, en un estudio realizado en Noruega, determinaron que existen diferencias en el peso de los peces durante la etapa de agua dulce y en las tasas de smoltificación, donde la cepa Mowi presentó mejores desempeños que una segunda cepa nativa proveniente de un río noruego, no así en el contenido de grasa y fibra muscular donde no existe diferencia entre ambas cepas. Sin embargo Johnston et al., en el año 2000 compararon parámetros de calidad de la carne de *Salmo salar* entre una cepa nativa del Río Esk en Escocia y otra cultivada en un centro productivo del mismo país, encontrando contenidos de grasa muscular mayor en los peces de la cepa productiva, y una textura más firme del músculo en los peces de cepa nativa.

En el año 2002, se realizó un estudio entre cepas noruegas de *Salmo salar*, una nativa (Imsa) proveniente de un río con el mismo nombre, y otra de un centro de producción (cepa Aquagen), evaluando la tolerancia al agua de mar en el proceso de smoltificación. Al realizar la comparación, no se encontró diferencias significativas en

la actividad enzimática ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  -adenosin trifosfatasa), ni en los niveles de mRNA de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase, entre ambas cepas (Singer et al., 2002).

Actualmente la empresa Aqua Gen SA, se encuentra desarrollando un proyecto de investigación, el cual tiene como objetivo estimar diferencias entre variedades de cepas actuales de salmón en la acuicultura noruega, mediante información de desempeño de las cepas Salmobreed, Aquagen y Fanad-mowi, y cruces entre estas dos últimas cepas ([www.aquagen.no](http://www.aquagen.no)). En cuanto al desempeño de las cepas Aquagen y Fanad-mowi en Chile, no se encuentran datos publicados ni referencias por parte de las grandes empresas que las utilizan.

### **3.2. Mejoramiento genético**

El mejoramiento genético es una actividad probadamente lucrativa que se está llevando a cabo en la acuicultura en diferentes partes del mundo. El objetivo de esta actividad es aumentar la eficiencia de un sistema productivo en términos económicos, a través de una modificación continua de los atributos biológicos, es decir, conseguir que los descendientes posean atributos genéticos mejores a los de sus padres en un sistema productivo, generación tras generación, para lo cual es necesario establecer un Programa de Mejoramiento genético (Neira et al., 1999).

Los sistemas de mejoramiento utilizados en acuicultura son: Importación de reproductores o gametos de otro stock genéticamente superiores, selección de aquellos reproductores que manifiestan superioridad genética en un o varios caracteres determinados dentro de una población, y por último, los cruzamientos entre razas o líneas genéticas distintas con lo que se obtiene que la respuesta productiva obtenida de la descendencia es mayor al promedio de los padres (Neira et al., 1999).

Noruega fue el primer país que desarrolló programas de mejoramiento genético en salmónidos, a fines de 1969, con un programa nacional en el cual fueron recolectados ovas fertilizadas desde más de 40 ríos del país, con el fin de seleccionar a los futuros reproductores. A partir de esto, diferentes programas de mejoramiento privados fueron

iniciados entre 1970 y 1980. El programa de mejoramiento genético nacional en salmón del Atlántico fue comercializado dentro de una compañía de reproducción (Aqua Gen) en 1992. Cinco años después varias compañías privadas y el centro de genética Akvaforsk (AFGC) establecieron una segunda compañía de reproducción utilizando reproductores del programa privado de mejoramiento. Estas dos grandes compañías tienen productos similares, pero diferentes estrategias en como desarrollar el programa de mejoramiento genético y la forma de distribución de las ovas en la industria salmonera de Noruega. Como un resultado de la eficiencia de la diseminación del programa de mejoramiento genético de Salmón del Atlántico, la industria de salmón noruego ha reducido sus costos de alimentación por más de US\$ 230 millones por año (Thodesen & Gjedrem, 2006).

En los programas de selección genética lo que se busca es que el stock reproductivo posea en su genoma el mejor material genético de la población en ciertas características o “caracteres” de interés económico. En acuicultura los caracteres de mayor importancia en peces, están representados principalmente por el tiempo necesario para llegar al peso comercial y la cantidad del alimento consumido para alcanzarlo, sin embargo ninguno de ellos suele ser objeto de valoración directa. El primero se substituye por el peso a una edad fija, aquella a la que normalmente se comercializa el producto, y el segundo por la ganancia en peso por unidad de tiempo hasta esa edad, ambos rasgos de más fácil valoración y cuyas correlaciones con los primeros se supone que deben ser altas (Martínez & Figueroa, 2007). Además de estos atributos, otros caracteres que pueden ser de interés en el cultivo de peces, son la mortalidad en la edad comercial; calidad del producto final, medidos en rendimiento, composición química, color, etc.; resistencia a enfermedades, que es un rasgo complejo por la diversidad de agentes patógenos, y debe definirse con más exactitud precisando cuál es el agente concreto implicado; entre otros (Martínez & Figueroa, 2007).

El inconveniente de esta práctica selectiva, es que es un proceso con resultados lentos, pero que sin embargo son acumulativos, por lo que se asegura que a través de éste, el mejoramiento genético obtenido permanezca en la población. Es importante mencionar, además, que estos manejos difieren sustancialmente de las manipulaciones cromosómicas, tales como triploidía y neomachos, los cuales producen un efecto

inmediato, pero que sin embargo, son de corta duración dentro de la población, por lo que es necesario implementarlos en cada generación (Martínez & Neira, 1995).

Un requisito necesario para hacer una selección genética, es que las características o caracteres escogidos muestren variación genética, lo que puede ser medido en la heredabilidad de estos. Según expertos, la heredabilidad es considerada alta cuando es mayor a 0.50, media cuando se encuentra entre 0,20 y 0,50 y baja si es menor a 0,20 (Pistorale et al., 2008).

La empresa Aqua Gen S.A. en el año 1995 realizó la primera selección para incrementar la resistencia a enfermedades, específicamente en el virus ISA y furunculosis, y en el año 2001 en el IPN, presentando heredabilidades entre un rango de 0.2 a 0.3. El 2005 la empresa de reproducción comenzó a experimentar en enfermedades bacterianas como la Piscirickettsiosis y la correlación entre las distintas enfermedades, con lo que se obtiene un progreso genético para otras características o enfermedades no seleccionadas (Aqua Gen, 2005).

Aquabreeding, proyecto creado por 6 representantes de la industria (Akvaforsk, Marine Harvest, entre otros) y 5 organizaciones de investigación representantes de la Acuicultura europea, realizaron una revisión de la crianza y reproducción de las principales especies en cultivo, en la cual estimaron las heredabilidades de los rasgos de mayor importancia económica en salmón del Atlántico (Tabla 3).

**Tabla 3:** Variabilidad genética por rasgo.

<b>Rasgo (Referencia)</b>	<b>Heredabilidad estimada ± error estándar</b>
<b>Madurez sexual</b>	
Año de madurez (Glebe, 1987)	0.48 ± 0.20
Año de madurez (Gjerde, 1984)	0.39
Año de madurez (Gjerde, 1994)	0.16 ± 0.06
Índice gonodasomático (Norris, 2002)	0.17 ± 0.09
<b>Peso y Longitud</b>	
Peso, 12 meses (Bailey, 1986)	0.35 ± 0.29
Peso, 6 meses (Bailey, 1986)	0.40 ± 0.26
Peso, 2 años en mar (Gunnes, 1978)	0.31
Peso de cosecha (Standal, 1987)	0.38 ± 0.15
Peso corporal s/vísceras (Rye, 1995)	0.36 ± 0.10
Peso corporal s/vísceras (Gjerde, 1994)	0.44 ± 0.11
Longitud a cosecha (Standal, 1987)	0.42 ± 0.16
Longitud a cosecha (Gjerde, 1994)	0.33 ± 0.10
<b>Resistencia a enfermedades</b>	
Resistencia a <i>Vibrio anguillarum</i> (Fjalestad, 1996)	0.12 ± 0.05
Resistencia a <i>A. salmonicida</i> (Gjoen, 1997)	0.38 ± 0.53
Susceptibilidad a <i>A. salmonicida</i> (Gjedrem, 1991)	0.48 ± 0.17
Deformidad vertebral (Gjerde, 2005)	0.22 ± 0.36
<b>Calidad de la carne</b>	
Contenido de grasa % (Rye, 1996)	0.30 ± 0.09
Contenido de grasa % (Norris, 2006)	0.12 ± 0.02
Color (Norris, 2006)	0.12 ± 0.02
Color (contenido en pigmentos)	0.07 ± 0.01
Grosor promedio del estomago (Rye, 1996)	0.27 ± 0.09

**Fuente:** Norris, 2008.

En relación a los ectoparásitos, se han reportado diferencias genéticas significantes en la abundancia del ectoparásito *Lepeophtheirus salmonis* y *Caligus elongatus* (Tabla

4). En recientes investigaciones se ha encontrado que en la intensidad de infestación de *Lepeophtheirus salmonis*, la heredabilidad varía entre 0.02 y 0.26 lo que muestra un gran potencial para mejorar la resistencia al *Caligus* en salmón del Atlántico con la crianza selectiva (Kolstad et al., 2005).

**Tabla 4:** Variabilidad genética en Caligidosis.

<b>Resistencia a Caligidosis</b>	<b>Heredabilidad estimada ± error estándar</b>
Intensidad de infestación de <i>Lepeophtheirus salmonis</i> (Kolstad, 2005).	0.22
Número total de <i>Lepeophtheirus salmonis</i> en condiciones de campo (Kolstad, 2005)	0.14 ± 0.02
Número total de <i>Lepeophtheirus salmonis</i> en condiciones de laboratorio (Kolstad, 2005)	0.26 ± 0.07
Susceptibilidad de infestación de <i>Caligus elongatus</i> (Mustafa, 1999)	0.22
Intensidad de infestación de <i>Lepeophtheirus salmonis</i> (Glover, 2005)	0.074 ± 0.022

Actualmente, el principal método de control de estos parásitos es a partir del uso de químicos, sin embargo, como se observa de la tabla anterior, existen investigaciones de resistencia a la Caligidosis, atractivo método alternativo de control.

### **3.3. Caligidosis en Chile.**

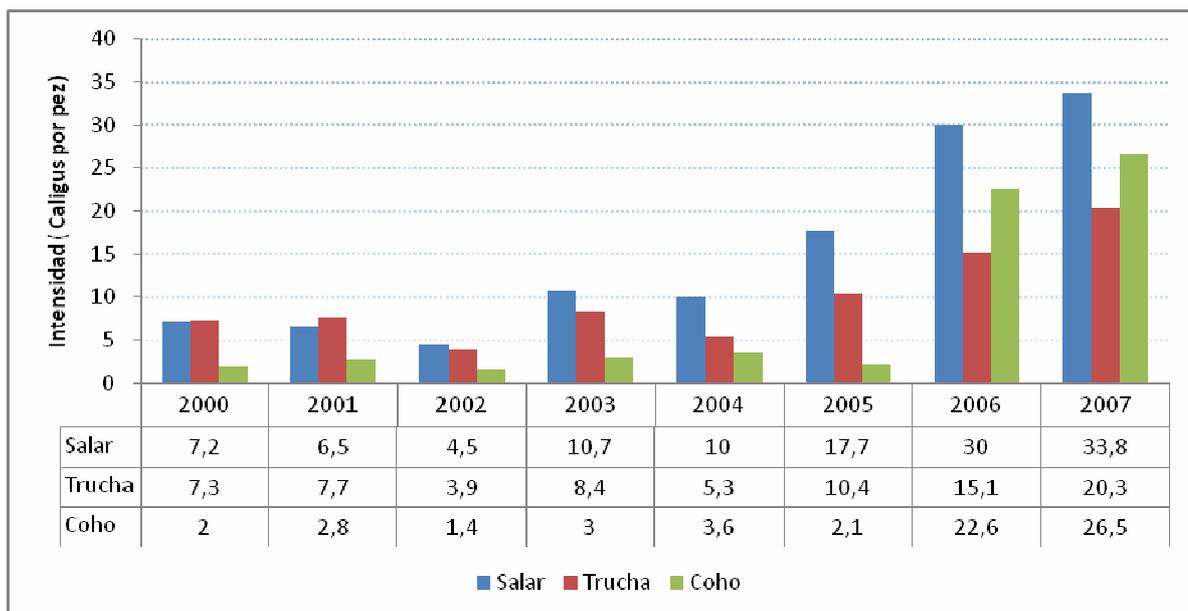
Durante el 2007, la industria salmonera se vio afectada por una alta carga de *Caligus* en la X Región, en conjunto a una condición sanitaria desmejorada (Virus ISA), lo que influyó directamente en la productividad de la industria ([www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)). Las pérdidas económicas ocasionadas por el parásito *Caligus* en Chile, se deben principalmente a los costos de tratamientos de control, crecimiento reducido del pez, y reducción de la eficiencia de conversión del alimento (Tabla 5) (Costello, 2009).

**Tabla 5:** Ranking de importancia de los principales impactos en la rentabilidad de la industria del salmón en el control de *Caligus sp.*

Ranking de importancia	Impactos	Significancia
1	Costos de compra de antiparasitarios  Costos de compra y mantención de equipamiento  Tiempo del personal de investigación, gerencia y control.	17 – 30% del costo total de control del ectoparásito
2	Reducción del crecimiento del pez	5 – 15% menor de peso
3	Reducción de la eficiencia de conversión del alimento	5% más de requerimiento de alimento.
4	Reducción del valor comercial por lesiones	1% de pérdida en Salmón del Atlántico en Canadá y hasta un 15% en Escocia
5	Stress y mortalidades accidentales por el uso de tratamientos	Sólo significativo para los tratamientos de baño e incluido en los costos anteriores

**Fuente:** Costello, 2009.

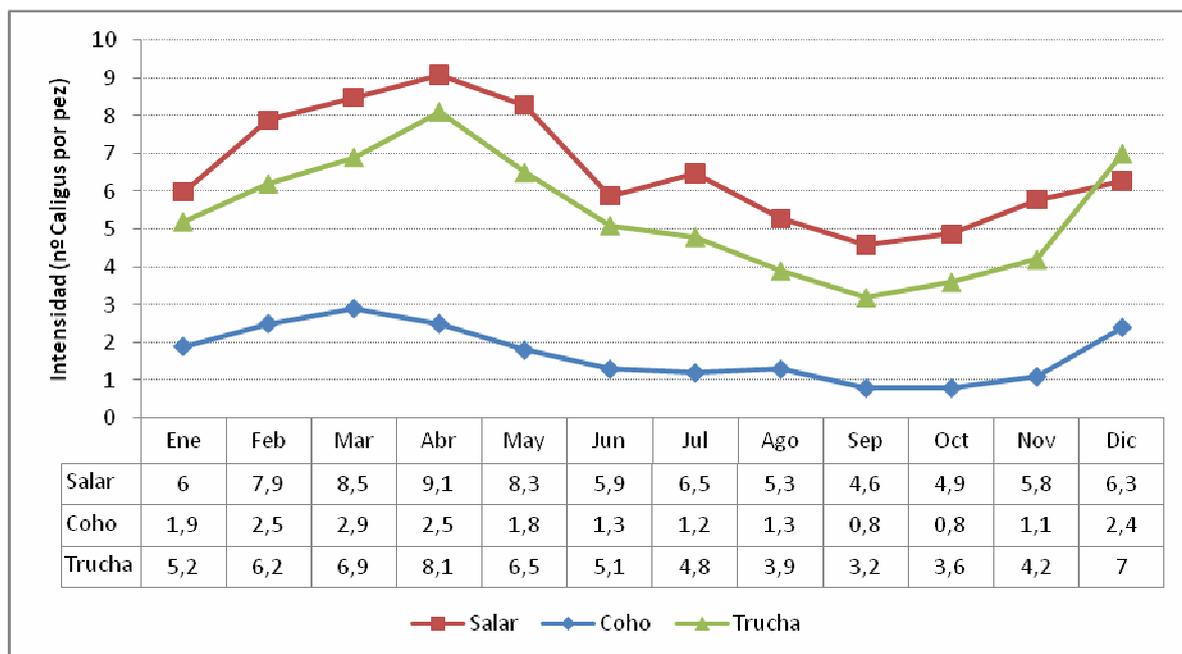
Para el control de esta enfermedad, Intesal de SalmonChile ha creado un programa de monitoreo en Chile desde el año 1999, el cual tiene por objetivo entregar a las empresas información sistemática respecto a la carga parasitaria en los centros y estimular la acción coordinada entre éstas, con el fin de controlar el *Caligus* de manera asociativa e integrada. Para este objetivo Intesal obtiene reportes de diferentes empresas con sus respectivos centros, estableciendo una base con 10.000 datos (73% salar, 18% trucha y 9% coho), a partir de los cuales generan informes trimestrales con la situación epidemiológica, además de la evolución de esta enfermedad en los últimos años (Figura 1).



**Figura 1.** Evolución de la intensidad de caligus totales, durante el período 2000-2007 según especie salmonidea. (**Fuente:** Rozas & Asencio, 2007).

La figura anterior muestra que para el salmón del Atlántico, la intensidad de *Caligus*, expresada en número de parásitos totales (considera juveniles, adultos y hembras ovígeras) por pez, aumentó desde 10 parásitos totales/pez en el año 2004 hasta 34 parásitos totales/pez en 2007, y que el incremento más imprevisto, producto de su menor susceptibilidad, se observa en el salmón Coho con una intensidad de 3 parásitos total /pez en el año 2004 hasta una intensidad de 29 parásitos totales/pez en 2007 (Rozas & Asencio, 2007).

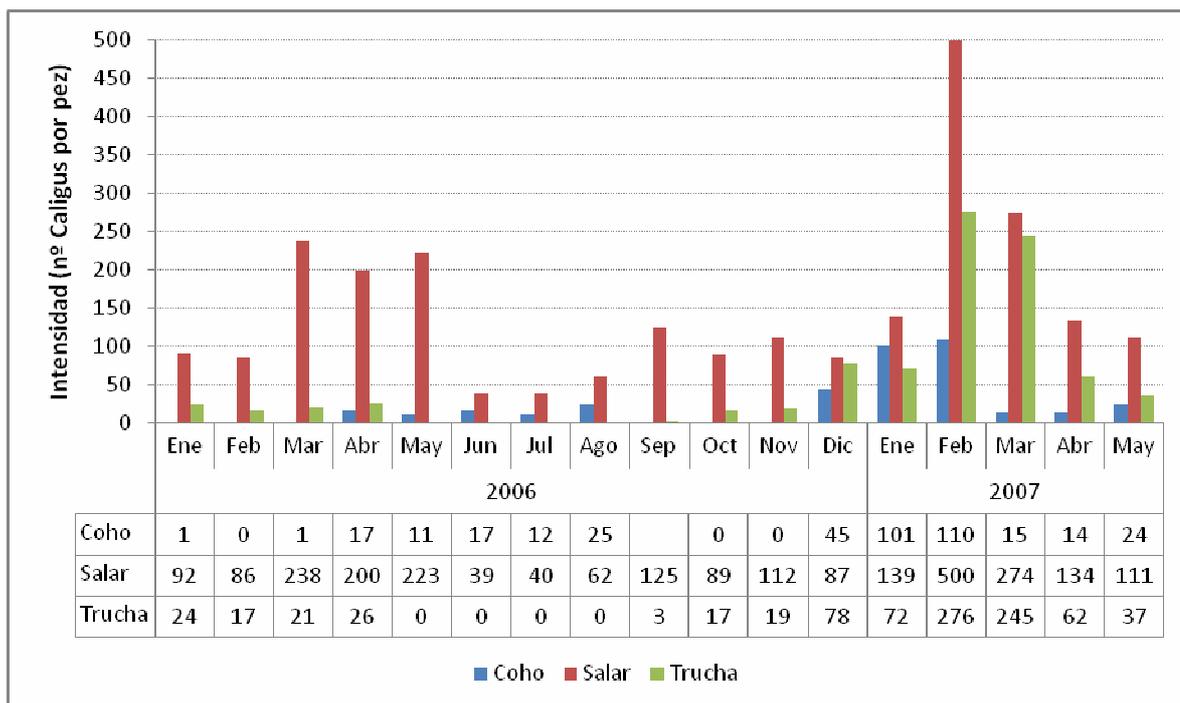
De la figura 1 se observa además, un incremento de la intensidad del *Caligus* desde el año 2005 al 2006 en cerca de un 100% en el Salar y la Trucha, y cómo esta tendencia al aumento en intensidad, continua en el año 2007. Esta situación se ha asociado a la pérdida de eficacia del benzoato de Emamectina, única droga disponible y registrada en Chile hasta esos momentos (Leal & Woywood, 2007).



**Figura 2.** Análisis mensual 2000 - 2006: Intensidad promedio *Caligus* totales en Salmón Coho, Salar y trucha. X Región. (**Fuente:** Leal & Woywood, 2007).

El análisis mensual, muestra como la intensidad de *Caligus* aumenta desde Septiembre hasta Abril en las tres especies, produciéndose luego un descenso hasta el mes de Agosto. Esto puede estar directamente relacionado a la condición de las variables ambientales dentro del año, ya que en general, el ciclo biológico del parásito está fuertemente influenciado por las variables hidrodinámicas del agua, tales como mareas, patrones de circulación de agua, corrientes, temperatura y salinidad (Rozas & Asencio, 2007).

Además, se puede observar de la figura anterior, que las especies salmonídeas que presentan los niveles más altos de intensidad fue el Salar, seguido de la Trucha y en último lugar el salmón Coho, en promedio mensual entre los años 2000 y 2006 (Leal & Woywood, 2007).



**Figura 3:** Análisis mensual 2006-2007: Intensidad promedio Caligus Totales en salmón Coho, Salar y Trucha. X Región. (Fuente: Leal & Woywood, 2007).

En el análisis mensual entre el año 2006 y 2007 de la X Región, realizado por Intesal, se observa un aumento en forma acelerada en los primeros 3 meses del 2007, para luego presentar en Abril y Mayo intensidades similares al 2006 en las tres especies controladas (Leal & Woywood, 2007).

Además, el Servicio Nacional de Pesca estableció un programa de vigilancia y control de Caligidosis, implementado en Agosto del 2007, el cual tiene dentro de sus principales objetivos determinar los niveles de infestación parasitaria en las áreas donde se realiza la producción de salmones en nuestro país y así generar las pautas necesarias para el control de esta enfermedad. Esto se lleva a cabo mediante la información de monitoreo quincenal de cargas parasitarias que realizan todos los centros de cultivo de especies salmonídeas presentes en mar y sectores estuarinos de la X y XI región de Chile ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)).

Actualmente los tratamientos de productos farmacéutico autorizados en Chile, son benzoato de Emamectina (vía oral), Deltametrina y Peróxido de Hidrógeno, mediante la aplicación de baños ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)).

A pesar de que el Benzoato de Emamectina, es el producto que ha dado los mejores resultados en el control de este parásito, debido a que entrega protección contra todos los estados que parasitan al pez (juveniles y adultos), se generó con el tiempo una cierta resistencia de parte de los parásitos a este medicamento, ya que fue el único fármaco autorizado para el control de *caligus* por más de siete años (Bravo, 2007). Por esta razón es que Sernapesca incorporó los tratamientos aplicados por baño con el fin de ir combinándolos con el de vía oral.

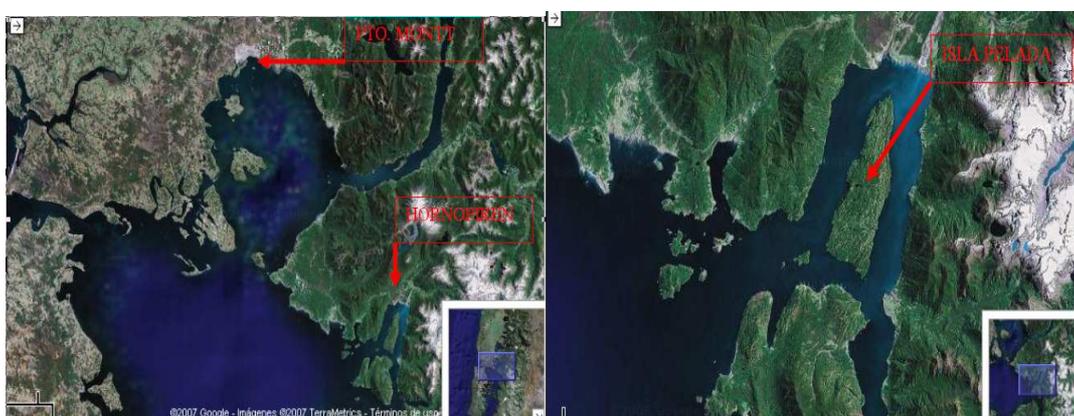
Dentro de las actuales estrategias para el control de este parásito se encuentran el incorporar nuevos productos, con diferente composición molecular, para realizar rotación de tratamientos y minimizar riesgos de desarrollo de resistencia; instaurar períodos de descanso entre ciclos de producción e incentivar proyectos de investigación de *Caligus* en busca de medidas alternativas (Leal & Woywood, 2007).

A pesar de que existen estudios de investigación, principalmente en países europeos, de resistencia al parásito por parte del salmón del Atlántico, en Chile no se encuentran datos publicados del desempeño de algunas cepas en la producción de salmones en relación a Caligidosis.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Antecedentes del centro de engorda y peces.

El centro de engorda de salmón del Atlántico del presente estudio, se encuentra localizado en el Fiordo Hornopirén (42°01'32'' Latitud Sur, 72°29'52'' Longitud Oeste), en las cercanías de Río Negro, Comuna de Hualaihue, Provincia de Palena, X Región.



**Figura 4:** Fiordo Hornopirén. A la derecha se muestra Isla Pelada donde se encuentra el centro de engorda del presente estudio.

El centro de engorda cuenta con un modulo de 18 balsas jaulas de dimensiones de 26 m de largo, 26 m ancho y 18 m de profundidad. En total son mantenidos a capacidad máxima, 1.000.000 de peces con pesos promedios de 2,9 Kg, a densidades de cultivo aproximada de 17 Kg/m<sup>3</sup>. El número de peces por jaula varió en el período de engorda entre 44.000 y 60.000, la jaula con mayor densidad. La especie en cultivo es salmón del Atlántico (*salmo salar*).

En el centro se encuentran distribuidos peces de dos cepas distintas, Aquagen y Fanad-mowi, provenientes de un piscicultura en común; Nilahue. Además existe un tercer grupo de peces que proviene de una piscicultura distinta (Iculpe), de cepa Fanad-mowi, los cuales se encuentran distribuidos en 4 jaulas del centro, a diferencia de los dos primeros grupos (de diferentes cepas), en 7 jaulas cada uno (Tabla 6).

**Tabla 6:** Grupos de peces, según cepa y piscicultura de origen.

<b>Cepa</b>	<b>Piscicultura</b>	<b>Nº de jaulas</b>
Aquagen	Nilahue	7
Fanad-mowi	Nilahue	7
Fanad-mowi	Iculpe	4

Los datos utilizados en el estudio (Peso, Tasa de Crecimiento Específica, Mortalidad (%) e Intensidad de infestación de *Caligus sp.*) corresponden a los registros diarios de producción del centro de engorda desde Julio del 2006 a Marzo del 2008. La información fue obtenida de la base de datos del software de producción Superior Control (SPK) y de los informes de Monitoreo de Caligus enviados por el centro a Sernapesca.

Los tratamientos para el control de Caligus aplicados en el centro fueron benzoato de Emamectina (vía oral) de Diciembre del 2006 a Junio 2007, cambiando luego a baños con Deltametrina hasta Enero del 2008. La frecuencia de los tratamientos fue mensual (con excepción de dos meses que no se realizaron), con aplicaciones del mismo producto a todas las jaulas, bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo.

En relación a las causas de las mortalidades registradas en el centro de engorda, se debieron principalmente a enfermedades (80% aproximadamente), stress por manejos y ataques de lobos. Dentro de las enfermedades detectadas cerca de un 70% se debe a SRS (Síndrome Rickettsial del salmón), seguido por BKD (Enfermedad bacteriana del riñón) y en menor medida por IPN (Necrosis pancreática infecciosa).

## **4.2. Base de datos**

### **4.2.1. Variables ambientales**

Debido a que el ambiente tiene una influencia en el comportamiento de los parámetros productivos evaluados, se realizará una descripción de las principales variables ambientales del centro de engorda durante el periodo de estudio. Se analizarán los registros de temperatura, oxígeno y salinidad, medidos diariamente a 0,5, 5 y 10 metros de profundidad en el centro del módulo de balsa jaula, utilizando un medidor portátil YSI (Yellow Springs Instruments), entre los meses de Julio del 2006 y Marzo de 2008.

A partir de 1667 registros de Temperatura, 1623 de Oxígeno y 1608 de Salinidad del agua, se determinarán los promedios y desviaciones estándar con el fin de describir gráficamente, la variación temporal de estas variables, durante la época de estudio.

### **4.2.2. Parámetros productivos**

Los indicadores productivos que se analizarán en el estudio son: Peso promedio mensual, Tasa de Crecimiento Específica (SGR) y Mortalidad (%) promedio entre los meses de Septiembre del 2006 y Enero 2008.

El porcentaje de mortalidad mensual calculado corresponde al número inicial de peces del mes *i*, menos número final del mismo mes, dividido por el número inicial, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{(\text{Número inicial} - \text{Número final}) * 100}{\text{Número inicial}}$$

La Tasa de Crecimiento Específica (SGR), es la ganancia en peso de los peces por unidad de tiempo (días), ó porcentaje de crecimiento diario, determinado con la siguiente fórmula:

$$\text{SGR} = \frac{(\text{Ln (Peso final)} - \text{Ln (Peso inicial)}) * 100}{\text{N}^\circ \text{ días}}$$

La descripción de los parámetros productivos se realizará mediante gráficas con los promedios mensuales de las jaulas que contienen a los peces de cada grupo. En el caso de % de Mortalidad, se describirá la acumulada durante el ciclo productivo de engorda.

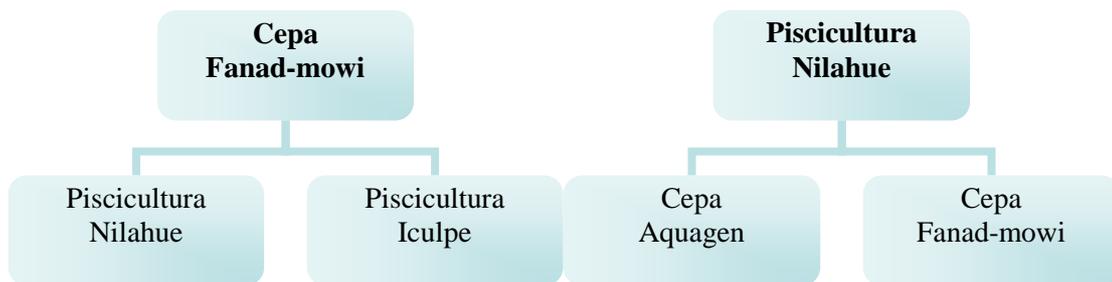
#### **4.2.3. Intensidad de infestación de *Caligus sp.***

Los datos obtenidos de los informes de *Caligus* corresponden al número total de parásitos (maduros, hembras ovígeras y juveniles) registrados en cada muestreo quincenal entre los meses de Octubre del 2007 y Febrero del 2008 (Anexo 9). El muestreo fue realizado en una jaula expuesta a la corriente y otra al azar, con un número de 10 peces al azar por jaula, como es exigido por Sernapesca.

Además, se describirá la evolución de infestación durante los meses de Octubre del 2006 a Enero del 2008, mediante una gráfica, con los promedios mensuales de intensidad de los 10 peces por jaula muestreados, obtenidos a partir de los informes de producción de la empresa.

#### **4.3.- Análisis estadístico**

Para responder el objetivo de comparación de los parámetros productivos entre los peces de distinto origen genético y piscicultura, se realizarán dos análisis de varianza (ANOVA) por parámetro a comparar; el primero con los grupos de peces de cepa Fanad-mowi provenientes de las distintas pisciculturas (Nilahue e Iculpe), y el segundo análisis, con los grupos de peces provenientes de la piscicultura Nilahue, de distinto origen genético (Cepa Aquagen y Fanad-mowi) (Figura 5).



**Figura 5:** Esquema de las comparaciones a realizar entre los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas y diferente origen genético.

Las comparaciones se realizarán a partir de un análisis de varianza de dos factores utilizando el software estadístico Statistics and Statistical Graphics Software (SYSTAT) para Windows versión 10.0, con los siguientes modelos:

- Comparación del origen de piscicultura:

$$Y_{ijk} = \mu + m_i + p_j + (mp)_{ij} + \varepsilon_{(ijk)}$$

Donde;

$Y_{ijk}$  = Peso promedio del mes i, piscicultura j

$\mu$  = Media paramétrica.

$m_i$  = Efecto del mes i

$p_j$  = Efecto de piscicultura j

$(mp)_{ij}$  = Efecto de la interacción del mes i y piscicultura j

$\varepsilon_{(ijk)}$  = Error aleatorio

- Comparación del origen genético:

$$Y_{ijk} = \mu + m_i + c_j + (mc)_{ij} + \varepsilon_{(ijk)}$$

Donde;

$Y_{ijk}$  = Peso promedio del mes i, cepa j

$\mu$  = Media paramétrica.

$m_i$  = Efecto del mes i

$c_j$  = Efecto de cepa j

$(mc)_{ij}$  = Efecto de la interacción del mes  $i$  y cepa  $j$

$\varepsilon_{(ijk)}$  = Error aleatorio

Las hipótesis del diseño estadístico son:

1. **H<sub>0</sub>** :  $\mu_1 = \mu_2$

El peso promedio es igual en los grupos de peces.

El peso promedio es igual en el tiempo.

**H<sub>1</sub>** :  $\mu_1 \neq \mu_2$

El peso promedio es distinto en los grupos de peces.

El peso promedio es distinto en al menos un período de tiempo.

2. **H<sub>0</sub>**:  $(mp)_{ij} = 0$

No existe efecto de la interacción de mes y grupo

**H<sub>0</sub>**:  $(mc)_{ij} = 0$

de peces en el peso promedio.

**H<sub>1</sub>**:  $(mp)_{ij} \neq 0$

Existe efecto de la interacción de mes y grupo de

**H<sub>1</sub>**:  $(mc)_{ij} \neq 0$

peces en el peso promedio.

La misma metodología se utilizará para realizar la comparación en la Tasa de Crecimiento específica (SGR) y % de Mortalidad promedio.

La comparación de Caligidosis, medida en infestación de parásitos, entre los grupos de peces de distinto origen genético y piscicultura, se realizará mediante un análisis de varianza de tres factores, bajo el siguiente modelo:

- Comparación del origen de piscicultura:

$$Y_{ijkl} = \mu + q_i + p_j + t_k + (pt)_{jk} + \varepsilon_{(ijkl)}$$

Donde;

$Y_{ijkl}$  = Intensidad de parásitos de la quincena  $i$ , piscicultura  $j$ , tratamiento  $k$ .

$\mu$  = Media paramétrica.

$q_i$  = Efecto de la quincena i

$p_j$  = Efecto de piscicultura j

$\text{Trat}_k$  = Efecto del tratamiento k

$(pt)_{jk}$  = Efecto de la interacción de piscicultura j y los tratamientos k

$\varepsilon_{(ijkl)}$  = Error aleatorio

- Comparación del origen genético:

$$Y_{ijkl} = \mu + q_i + c_j + t_k + (ct)_{jk} + \varepsilon_{(ijkl)}$$

Donde;

$Y_{ijkl}$  = Intensidad de parásitos de la quincena i, cepa j, tratamiento k.

$\mu$  = Media paramétrica.

$q_i$  = Efecto de la quincena i

$c_j$  = Efecto de la cepa j

$\text{Trat}_k$  = Efecto del tratamiento k

$(ct)_{jk}$  = Efecto de la interacción de la cepa j y los tratamientos k

$\varepsilon_{(ijkl)}$  = Error aleatorio

Las hipótesis del diseño estadístico son:

**1.  $H_0$  :**  $\mu_1 = \mu_2$  ;

peces.

La intensidad de parásitos es igual en los grupos de

La intensidad de parásitos es igual en el tiempo.

La intensidad de parásitos es igual al aplicar tratamientos de control.

**$H_1$  :**  $\mu_1 \neq \mu_2$

La intensidad de parásitos es distinta en los grupos peces.

La intensidad de parásitos es distinta en al menos un período de tiempo.

La intensidad de parásitos es distinta al aplicar tratamientos de control.

- 2. Ho:**  $(pt)_{ij} = 0$                       No existe efecto de la interacción de grupo y tratamiento  
**Ho:**  $(ct)_{ij} = 0$                       en la intensidad de parásitos.
- H1:**  $(gt)_{ij} \neq 0$                       Existe efecto de la interacción de grupo y tratamiento en  
**H1:**  $(ct)_{ij} \neq 0$                       la intensidad de parásitos.

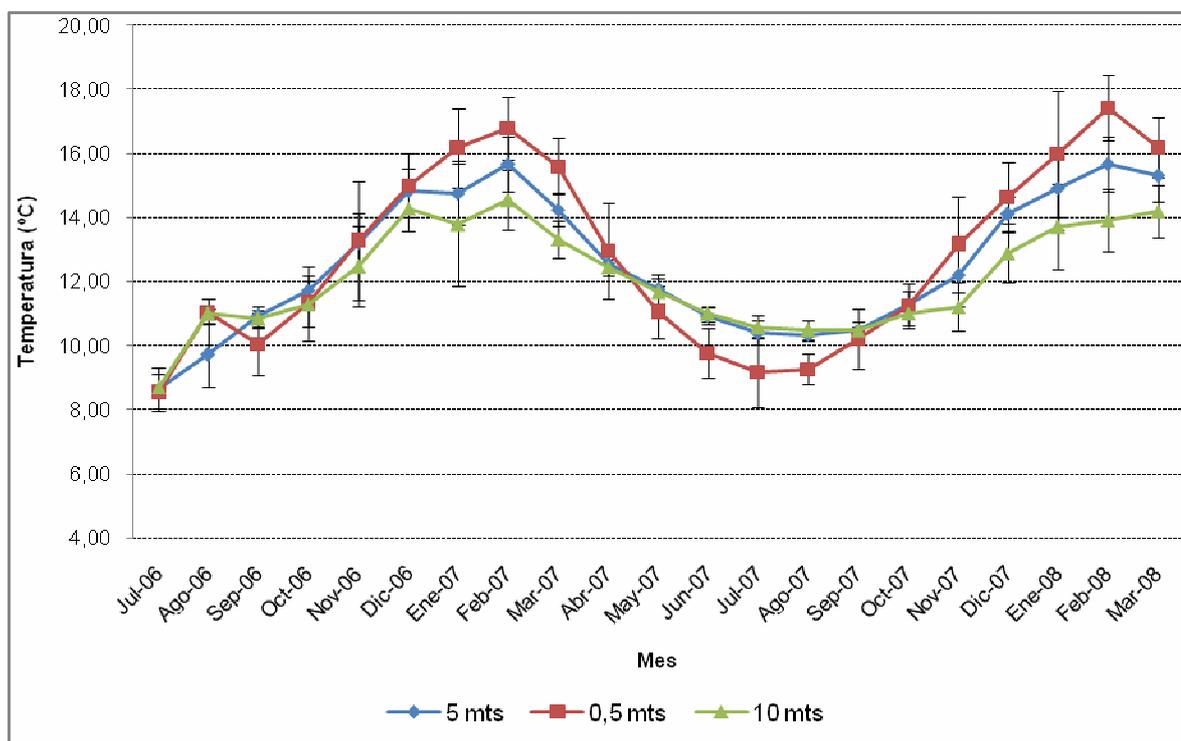
El criterio de decisión a utilizar es el p-valor (probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico encontrado en la tabla F de Fisher & Snedecor, considerando los grados de libertad de los tratamientos y del error, y con un nivel de significancia del 95%). Cuando p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, por lo que las medias de los factores son significativamente diferentes.

Todos los análisis estadísticos serán realizados mediante el software estadístico Statistics and Statistical Graphics Software (SYSTAT) para Windows versión 10.0.

## 5. RESULTADOS

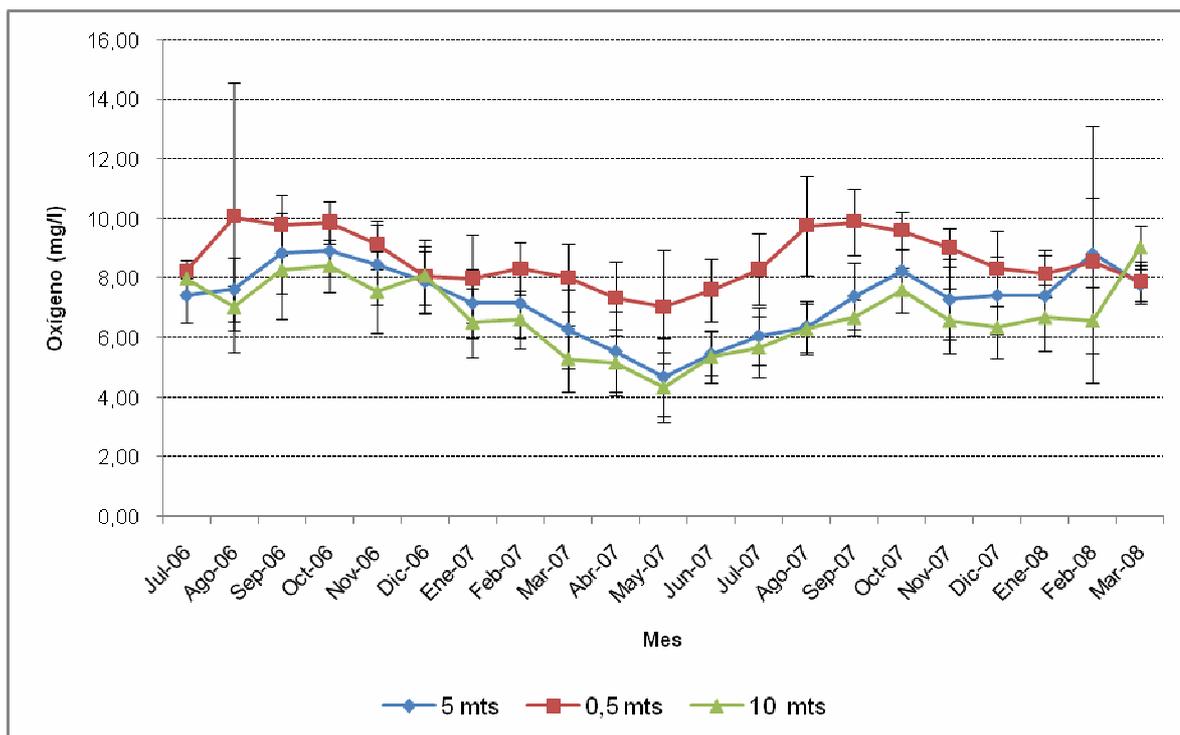
### 5.1 Variables ambientales.

La figura 6 muestra, la condición de la temperatura, oxígeno y salinidad, obtenidas a partir de los promedios mensuales del centro (Anexos 1 y 2) durante el período de engorda de los peces en estudio.



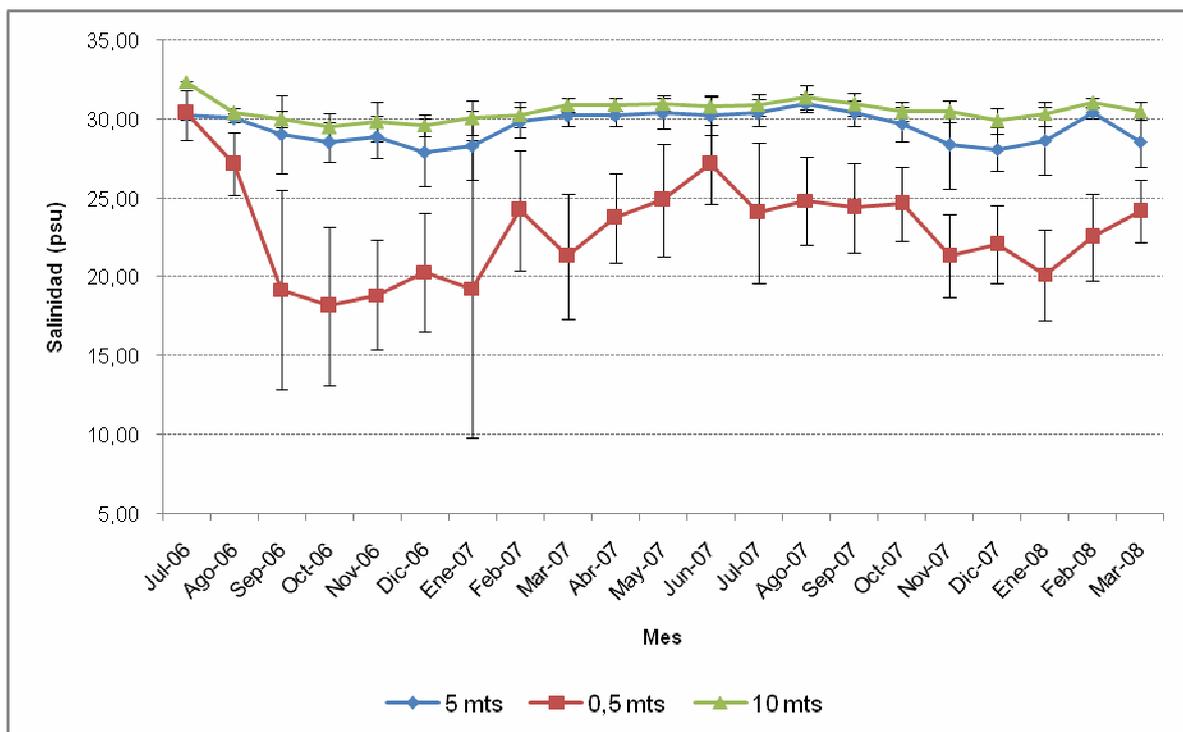
**Figura 6:** Variación mensual de la temperatura del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades (0.5, 5 y 10 metros) en Centro de Engorda Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

Se puede observar de la figura anterior cómo la temperatura del agua medida en las tres profundidades, tiene un comportamiento cíclico anual, teniendo sus máximos en los meses de verano y los mínimos en invierno. La mayor variación de temperatura entre los meses de invierno y verano se produjo a los 0.5 m de profundidad con máximos de 17°C y mínimos de 9°C.



**Figura 7:** Variación mensual de oxígeno disuelto del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades (0.5, 5 y 10 metros) en Centro de Engorda Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

En la figura 7 se puede apreciar que la mayor concentración de oxígeno disuelto se produjo entre los meses de Agosto a Octubre principalmente en la superficie del agua llegando a valores de 10 mg/l. Al contrario, la menor concentración de oxígeno disuelto se produjo entre los meses de Abril a Junio tanto a 5 como a 10 metros de profundidad, alcanzando valores bajos de hasta 4,2 mg/l.



**Figura 8:** Variación mensual de la salinidad del agua durante el periodo de Julio 2006 a Marzo 2008 a diferentes profundidades (0.5, 5 y 10 metros) en Centro de Engorda Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

Para el caso de la salinidad, se puede observar que la mayor variación mensual ocurre en la superficie del agua con valores extremos entre 18 y 30 psu, en Octubre y Julio del 2006, respectivamente. A los 5 y 10 metros de profundidad se observa una menor variación de salinidad, con registros que varían entre los 28 y 33 psu, durante Julio del 2006 y Marzo del 2008.

## 5.2. Parámetros productivos.

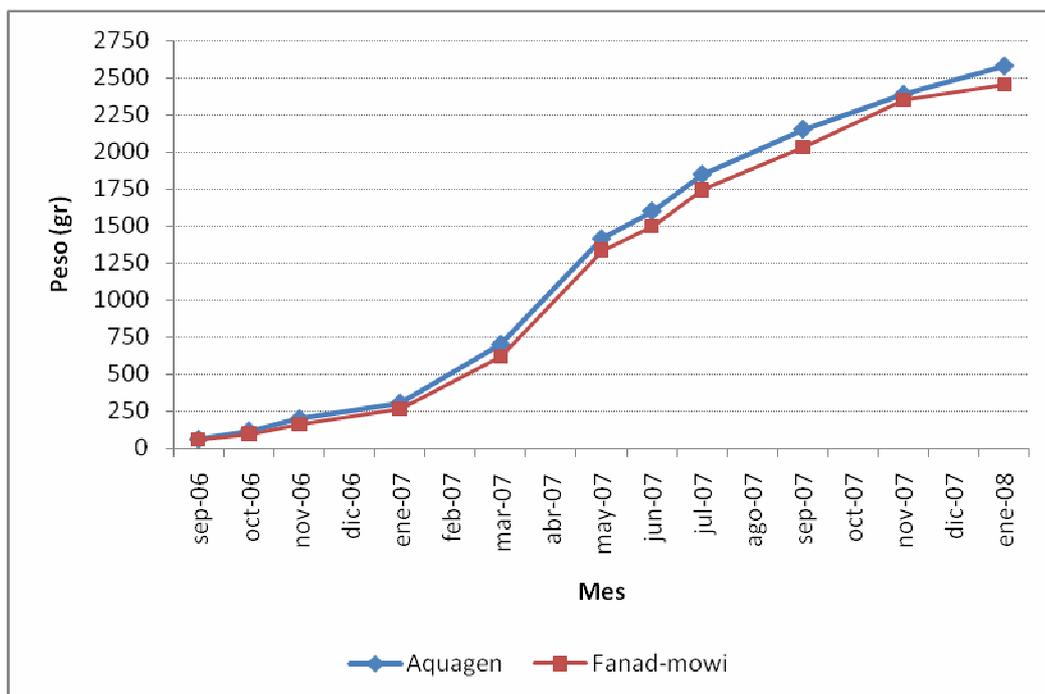
### 5.2.1. Peso promedio

Los resultados obtenidos del peso promedio de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas y con distinto origen genético son mostrados en las figuras 9 y 10, respectivamente:



**Figura 9:** Peso promedio del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En la figura 9, se pudo observar que el peso promedio fue aumentando con el tiempo en forma regular en los dos grupos de peces, donde aquellos provenientes de la piscicultura Iculpe, muestran promedios de peso por sobre los peces de la piscicultura Nilahue durante el período de engorda, alcanzando valores cercanos a los 2.5 y 2.4 Kg., respectivamente, al final del período.



**Figura 10:** Peso promedio del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En la figura anterior se aprecia, como ambos grupos de peces aumentan en peso a medida que pasa el tiempo, mostrando una superioridad la cepa Aquagen por sobre los peces de cepa Fanad-mowi, alcanzando promedios de 2.6 y 2.5, respectivamente, al final del período registrado.

A continuación se muestran los resultados de las comparaciones de los pesos promedios entre los peces provenientes de las dos pisciculturas y de cepas distintas, durante el período de engorda, de Septiembre del 2006 a Enero del 2008 (Anexo 3 y 4):

- Comparación del origen de piscicultura:

**Tabla 7:** Resumen del Análisis de varianza del Peso promedio de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.

<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
PISC	1	144695.48	20.590	0.000
MES	10	8102002.14	1152.922	0.000
PISC*MES	10	7257.46	1.033	0.423
Error	93	7027.36		

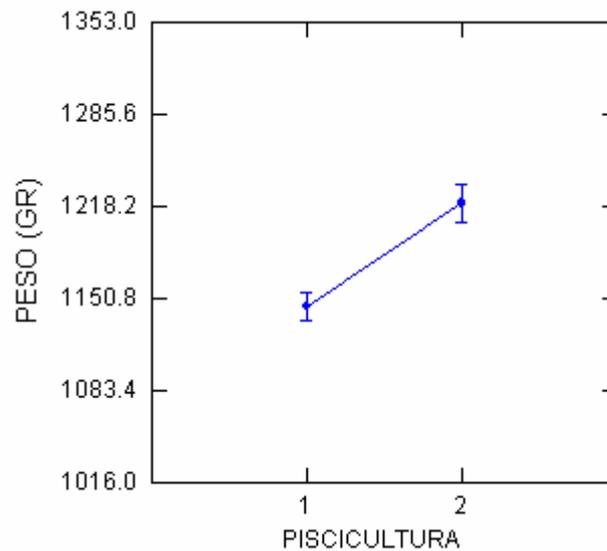
gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

Del análisis realizado, se puede señalar con un 95% de confianza, que existen diferencias significativas en los pesos promedios, entre los grupos de peces provenientes de las pisciculturas Nilahue e Iculpe. Además se puede observar de la tabla anterior, que el factor tiempo también tiene un efecto sobre la variable dependiente, no así en la interacción de éste con el grupo de peces.

En la figura 11 se puede observar que el grupo de peces que obtuvo un mayor promedio en peso durante la etapa de engorda, fue el grupo de origen de piscicultura Iculpe, con 1.218 gramos, comparado con el grupo de piscicultura Nilahue, que obtuvo un promedio de 1.148 gramos, durante el mismo periodo de tiempo.



**Figura 11:** Medias muestrales del peso promedio por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)

- Comparación del origen genético:

**Tabla 8:** Resumen del Análisis de varianza del Peso promedio de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.

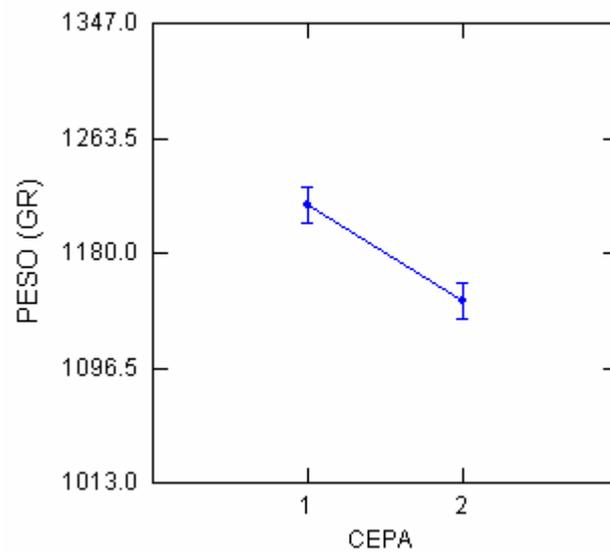
<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
CEPA	1	171983.48	13.815	0.000
MES	10	1.1049E+07	887.592	0.000
CEPA*MES	10	5411.29	0.435	0.927
Error	93			

gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

De la tabla 8 se observa, que existen diferencias significativas (con un nivel de confianza del 95%), entre los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, provenientes de la misma piscicultura. El tiempo además, tiene un efecto significativo en el peso promedio de los peces, pero no la interacción de este factor con las cepas.

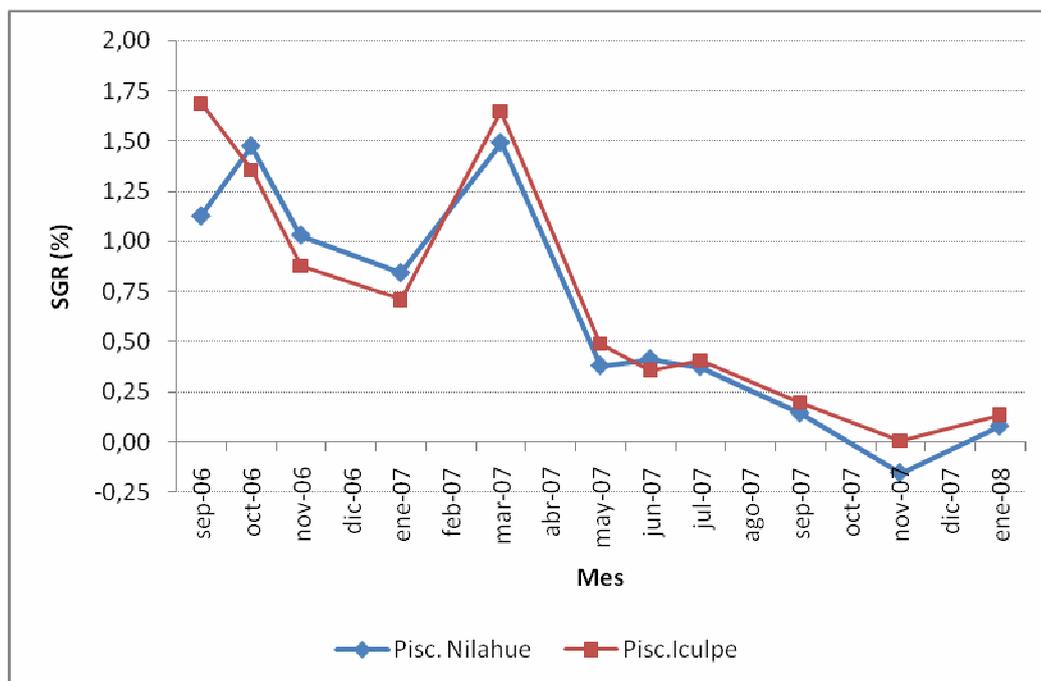


**Figura 12:** Medias muestrales del peso promedio por grupo de peces. (1: Cepa Aquagen; 2: Cepa Fanad-mowi)

En la figura anterior, se puede apreciar que el grupo de peces que presenta mayores promedios de peso, es el grupo Aquagen con 1.210 gramos, en relación a Fanad-mowi que alcanza los 1.138 gramos, en promedio durante el periodo de engorda.

### 5.2.2. Tasa de Crecimiento específica (SGR)

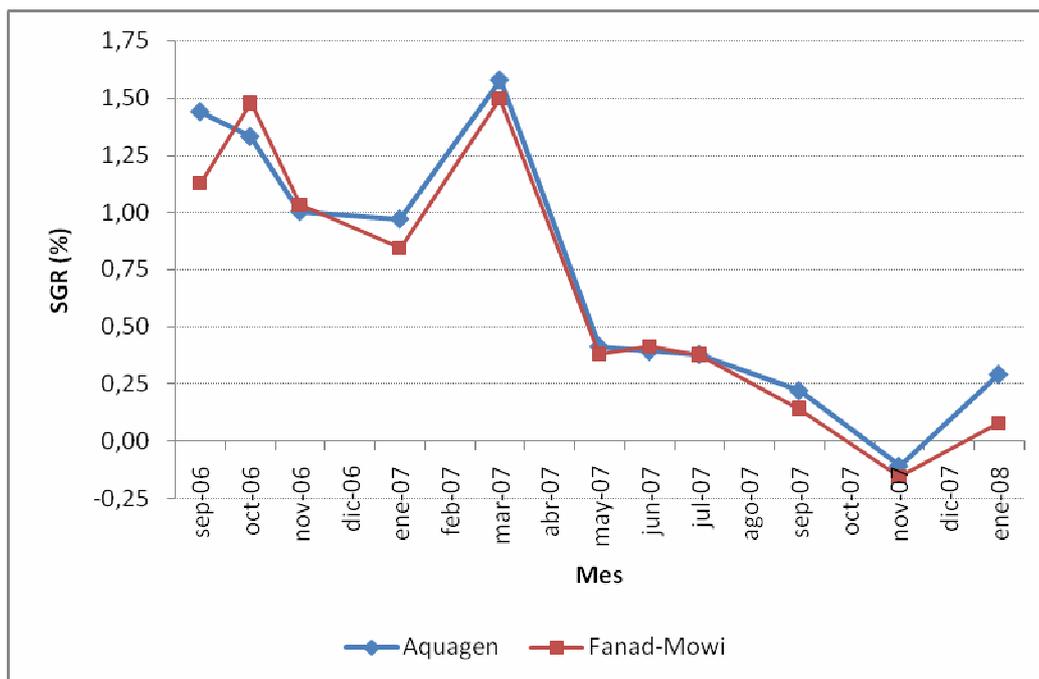
La descripción de las tasas de crecimiento específica entre los grupos de peces provenientes de las pisciculturas Nilahue e Iculpe, y de cepas Aquagen y Fanad-mowi, durante el período de engorda, se observan en las figuras 13 y 14:



**Figura 13:** Tasa de Crecimiento Específica (SGR) promedio del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En la figura 13, se observa como la Tasa de Crecimiento Específica (SGR) promedio de ambos grupos disminuye en forma similar a medida que pasa el tiempo, encontrándose los valores más bajos en el mes de Noviembre del 2008, con resultados de -0,15 y 0,01% en los peces provenientes de las pisciculturas Nilahue e Iculpe, respectivamente.

Por otra parte, los valores más altos se obtuvieron en el mes de Marzo del 2007, con 1,49 y 1,65 % de crecimiento diario en los peces de las pisciculturas Nilahue e Iculpe, respectivamente.



**Figura 14:** Tasa de Crecimiento Específica (SGR) promedio del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En cuanto al crecimiento registrado en los peces de cepa Aquagen y Fanad-mowi, tiene un comportamiento regular durante la etapa de engorda, observandose los pick de manera similar en ambos grupos, en los meses de Marzo del 2007 y Noviembre del 2008 (Figura 14).

En el anexo 5 y 6, se observan los valores utilizados en el análisis de varianza de la Tasa de Crecimiento específica (SGR), medido como parámetro productivo, el cual entregó los siguientes resultados:

- Comparación del origen de piscicultura:

**Tabla 9:** Resumen del Análisis de varianza de SGR de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.

<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
PISC	1	0.089	1.269	0.263
MES	10	3.050	43.730	0.000
PISC*MES	10	0.101	1.448	0.172
Error	93	0.070		

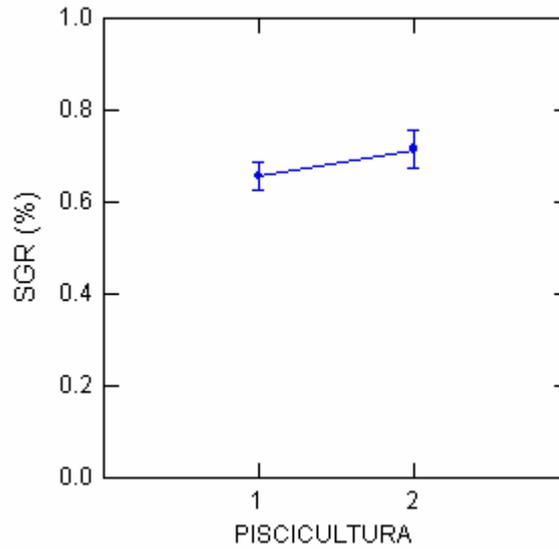
gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

En la tabla 9 se observa que con un  $p > 0,05$  no existe diferencia significativa entre las medias de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas en el incremento de peso diario, así como la interacción de esta variable con el factor tiempo. En cuanto a la variable temporal, si existe un efecto de ésta sobre el crecimiento de los peces.

La figura 15, presenta las medias muestrales de las tasas de crecimiento específica, con valores cercanos entre los peces de ambas pisciculturas, con promedios de 0,69% y 0,73% en los peces de Nilahue e Iculpe, respectivamente.



**Figura 15:** Medias muestrales de SGR por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)

- Comparación del origen genético:

**Tabla 10:** Resumen del Análisis de varianza de SGR de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.

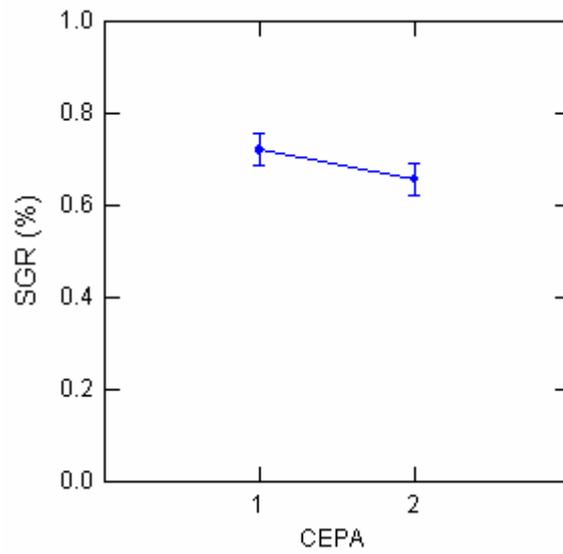
<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
CEPA	1	0.143	1.774	0.185
MES	10	4.007	49.807	0.000
CEPA*MES	10	0.050	0.627	0.788
Error	123	0.080		

gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

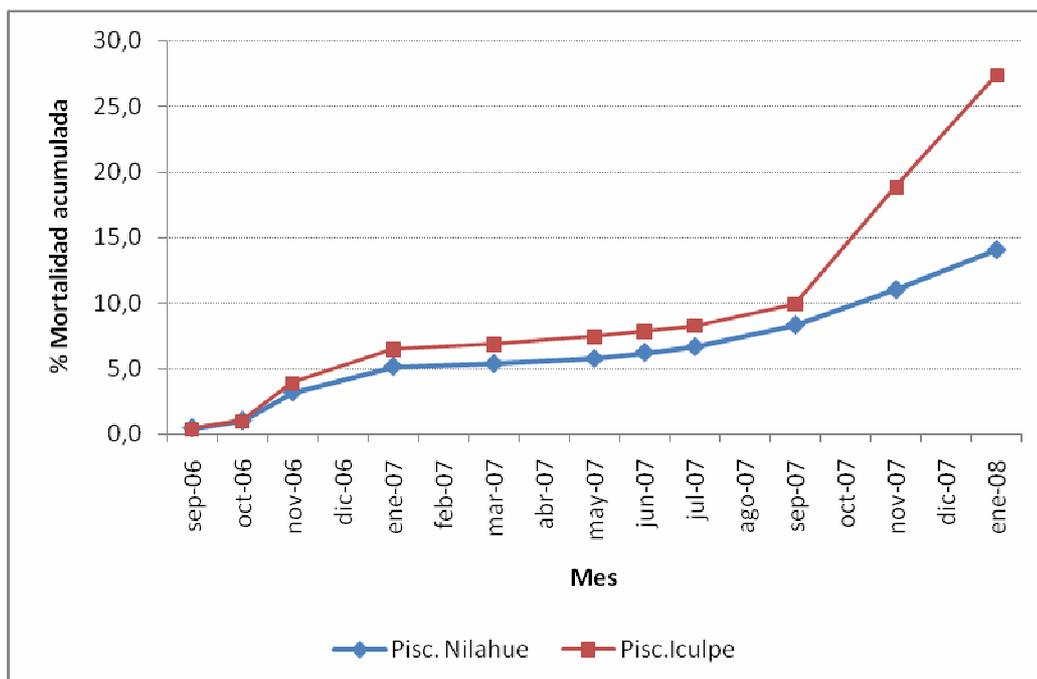
Del análisis estadístico desarrollado, se puede inferir con un 95% de confianza, que no existe diferencias significativas en las tasas de crecimiento específica, entre los peces de cepa Aquagen y Fanad-mowi, presentando valores promedios de 0,79% y 0.69%, respectivamente (Figura 16).



**Figura 16:** Medias muestrales de SGR por grupo de peces. (1: Ceba Aquagen; 2: Ceba Fanad-mowi)

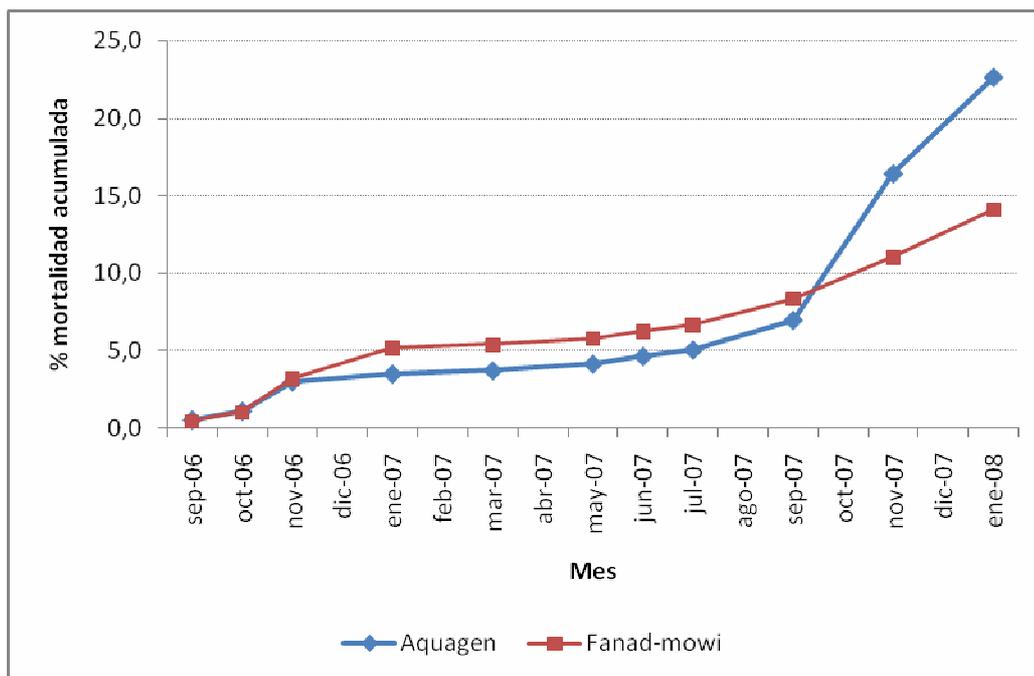
### 5.2.3. Mortalidad (%)

Las mortalidades acumuladas acontecidas durante el período de engorda en los grupos de peces de las pisciculturas Nilahue e Iculpe, y de cepas Aquagen y Fanad-mowi son descritas en las siguientes gráficas:



**Figura 17:** % Mortalidad acumulada del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En la figura anterior se observa la evolución de la mortalidad en los grupos de peces de ambas pisciculturas, donde aquellos que provienen de Iculpe, muestran mayores mortalidades durante el tiempo, incrementándose en mayor medida entre los meses de Septiembre del 2007 y Enero del 2008, alcanzando valores de hasta un 27% en el último mes registrado, mientras que los peces de la piscicultura Nilahue presentaron mortalidades cercanas a un 14%, durante toda la etapa de engorda.



**Figura 18:** % de mortalidad acumulada del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

Se puede observar en la figura 18, que las mortalidades de los peces de cepa Aquagen se mantuvieron por debajo de los valores registrados en los peces de cepa Fanad-mowi, sin embargo, en los últimos meses de engorda se aprecia como aumentan fuertemente alcanzando al término de las observaciones, mortalidades de un 23%, en comparación a los de cepa Fanad, con un 14% de la mortalidad acumulada.

En las tablas 11 y 12 se observan los resultados de las comparaciones de % de mortalidad promedio entre los grupos de peces de pisciculturas Nilahue e Iculpe (Anexo 7), y los de cepa Aquagen y Fanad-mowi (Anexo 8), entregados por el software estadístico SYSTAT:

- Comparación del origen de piscicultura:

**Tabla 11:** Resumen del Análisis de varianza de mortalidad (%) de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.

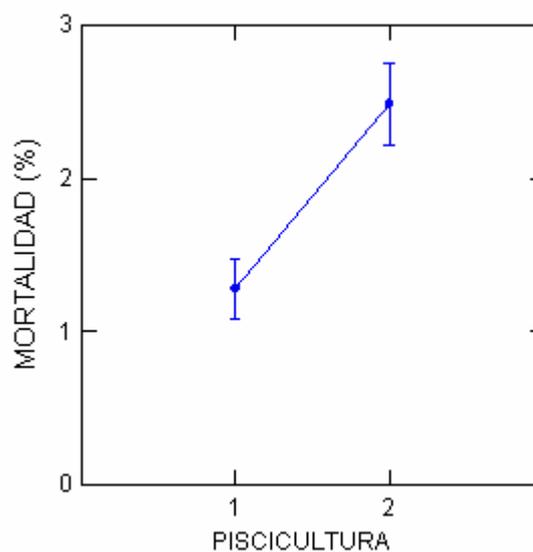
Modelo general lineal				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
PISC	1	37.369	12.862	0.001
MES	10	33.466	11.518	0.000
PISC*MES	10	9.573	3.295	0.001
Error	93	2.905		

gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

Del análisis se obtiene que tanto la piscicultura, como el período de tiempo medido en meses, tienen un efecto significativo sobre la variable % de mortalidad ( $p < 0,05$ ), así como la interacción entre ambos factores. En la figura 19, se puede observar que la piscicultura que obtuvo menor promedio de mortalidad durante la etapa de engorda, fue Nilahue con valores de 1.2%, en comparación a la piscicultura Iculpe, que presentó un promedio mortalidad cercano a los 2.5% durante el mismo periodo de tiempo.



**Figura 19:** Medias muestrales de mortalidad (%) por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)

- Comparación del origen genético:

**Tabla 12:** Resumen del Análisis de varianza de mortalidad (%) de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.

<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
CEPA	1	21.267	4.850	0.030
MES	10	38.949	8.882	0.000
CEPA*MES	10	12.963	2.956	0.002
Error	123	4.385		

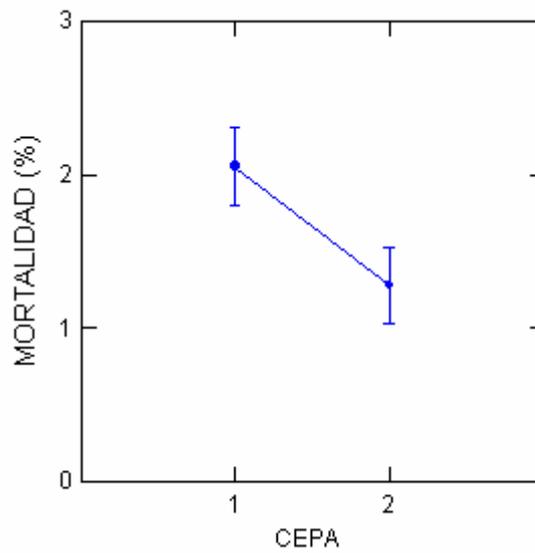
gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

De la tabla anterior se puede apreciar, que existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las mortalidades (%) producidas durante la etapa de engorda, entre los grupos de peces de distinto origen genético, además del efecto que tiene el tiempo sobre este parámetro productivo, y de la interacción de éste con la cepa de los peces.

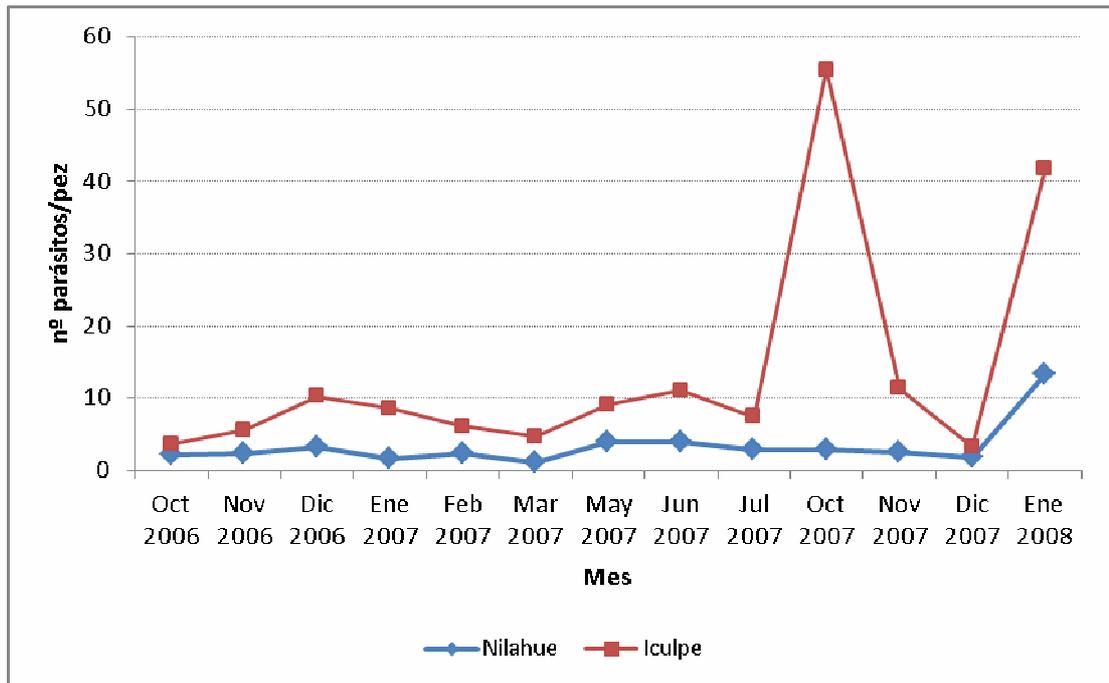
La cepa que presentó menores mortalidades promedio, durante los meses de engorda, fue Fanad-mowi, con valores de 1.2%, mientras que la cepa Aquagen alcanzó un porcentaje cercano al 2% (Figura 20).



**Figura 20:** Medias muestrales de mortalidad (%) por grupo de peces. (1: Ceba Aquagen; 2: Ceba Fanad-mowi)

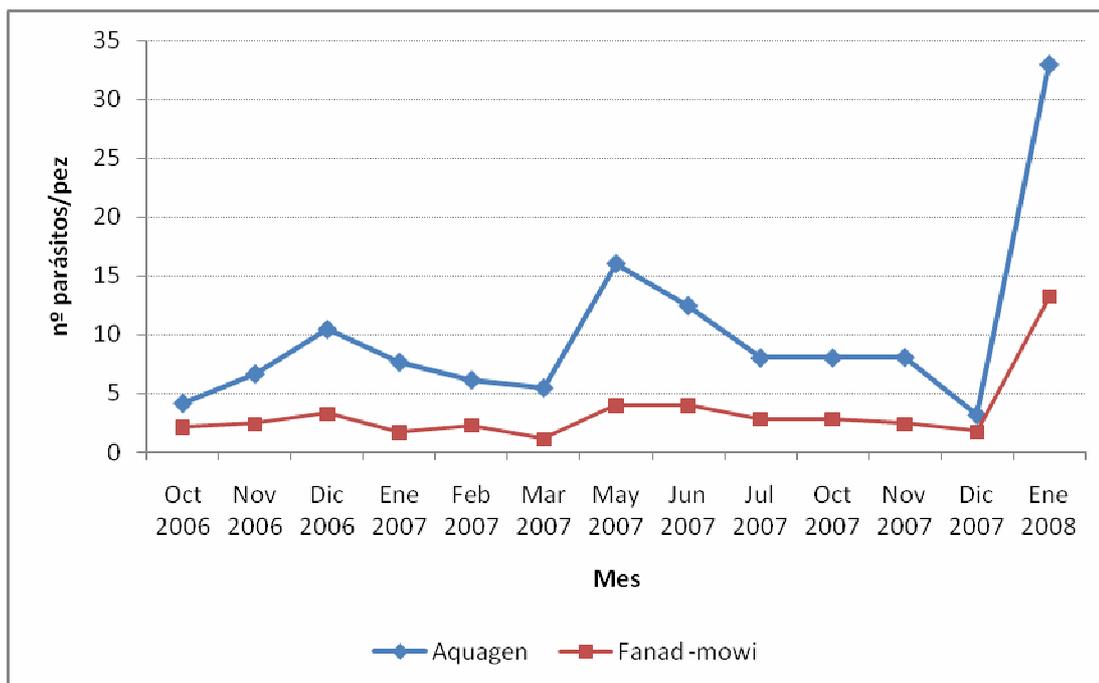
### 5.3. Intensidad de infestación de *Caligus sp.*

En las figuras 21 y 22, se observa la evolución de la intensidad mensual de infestación (promedio de los 10 peces por jaula) durante los meses de Octubre del 2006 y Enero del 2008, en los grupos de peces de las distintas pisciculturas y cepas genéticas, considerando la aplicación de tratamientos de control bajo las mismas condiciones para el total de peces.



**Figura 21:** Intensidad promedio de *Caligus sp.* del grupo de peces Fanad de pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En la figura 21, se observa que en la intensidad mensual registrada, el grupo de peces procedentes de la piscicultura Iculpe presenta mayores niveles durante el tiempo, destacándose los meses de Octubre del 2007 y Enero del 2008, donde se registraron las más altas intensidades, con valores de 55 y 42 parásitos por pez, respectivamente.



**Figura 22:** Intensidad promedio de *Caligus sp.* del grupo de peces Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

En cuanto a la intensidad mensual observada en los grupos de peces de cepa Fanad-mowi y Aquagen, se puede apreciar que los peces de ésta última cepa, presentan mayores niveles y variaciones de intensidad durante todo el periodo registrado, con un máximo en el mes de Enero del 2008 de 33 parásitos por pez (Figura 22).

Para la comparación de intensidad entre grupos de diferentes pisciculturas y origen genético, se analizaron los registros quincenales de los meses con mayores niveles de infestación entre Octubre del 2007 y Febrero del 2008, incorporando en el análisis los tratamientos de control realizados durante esa fecha (Ver anexos 10 y 11).

- Comparación del origen de piscicultura:

**Tabla 13:** Resumen del Análisis de varianza de intensidad de *Caligus sp.* de los grupos de peces provenientes de distintas pisciculturas.

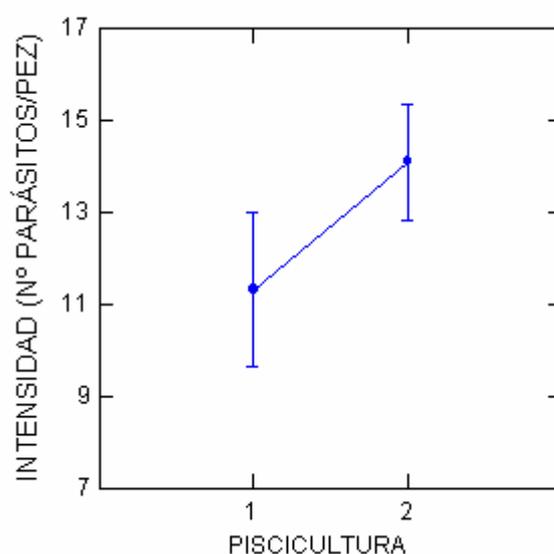
<b>Modelo general lineal</b>				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
PISC	1	132.011	1.760	0.189
QUINC	5	577.255	13.959	0.000
TRAT	1	2296.811	30.618	0.000
PISC*TRAT	1	100.811	1.344	0.250
Error	76	75.015		

gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

En la tabla 13 se observa que no existen diferencias significativas (95% de confianza), en la intensidad de parásitos entre los peces provenientes de las pisciculturas Nilahue e Iculpe, en los meses de Octubre del 2007 y Febrero del 2008. Por el contrario, existen diferencias en los niveles de intensidad en las distintas quincenas de muestreos, y en la aplicación de tratamientos de control.



**Figura 23:** Medias muestrales de Intensidad de *Caligus sp* por grupo de peces. (1: Pisc. Nilahue; 2: Pisc. Iculpe)

En las medias muestrales mostradas en la figura 23, se aprecia que la intensidad promedio de *Caligus sp.* entre los peces provenientes de la piscicultura Nilahue e Iculpe, son muy cercanas, con valores próximos a los 11 y 14 parásitos por pez, respectivamente.

- Comparación del origen genético:

**Tabla 14:** Resumen del Análisis de varianza de intensidad de *Caligus sp.* de los grupos de peces Aquagen y Fanad-mowi.

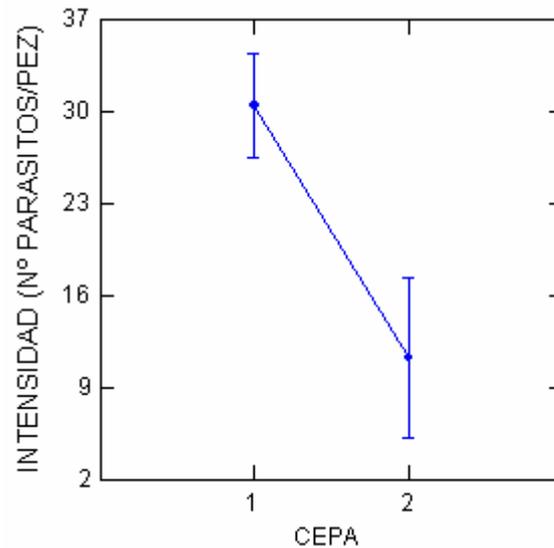
Modelo general lineal				
Fuente	gl	Cuadrados medios	Valor F	P
CEPA	1	6815.155	6.955	0.010
QUINC	6	11247.406	25.551	0.000
TRAT	1	7758.906	7.919	0.006
CEPA*TRAT	1	2359.838	2.408	0.124
Error	106	979.842		

gl: Grados de libertad

Valor F: Relación entre los cuadrados medios de los tratamientos y los del error.

P: Probabilidad de que el valor F sea mayor al F crítico (por tabla).

Del análisis estadístico realizado (Tabla 14) se obtuvo que existen diferencias significativas, con un nivel de confianza del 95%, en la intensidad de infestación entre los grupos de peces de diferentes cepas, así como también entre las quincenas de muestreos y la aplicación de tratamientos de control.



**Figura 24:** Medias muestrales de intensidad de Caligus por grupo de peces. (1: Cepa Aguagen; 2: Cepa Fanad-mowi)

En la figura anterior, se aprecia que el grupo de peces que obtuvo una menor intensidad de Caligus sp. durante los meses de engorda de Septiembre del 2007 a Febrero 2008, fueron los peces de cepa Fanad-mowi con un promedio de 11.2, a diferencia del grupo de peces Aguagen, los que alcanzan valores de hasta 30 parásitos por pez.

## 6. DISCUSIÓN

La producción nacional de salmón del Atlántico se basa en diferentes cepas originarias del continente europeo, principalmente de Noruega, con diferentes empresas productoras que abastecen al mercado dentro del país (Thorstad, 2008). Desafortunadamente, existe muy poca información sobre el rendimiento productivo de las diferentes cepas y del desempeño que presenta una respecto a otra en la producción nacional.

En Europa la gran mayoría de los estudios de cepas genéticas de salmón del Atlántico, son realizados comparando cepas nativas y de cultivo (Glover et al., 2005; Glover et al., 2009; Singer et al., 2002; Witheler et al., 2005; Handeland et al., 2003; Handeland et al., 2004). Una investigación de comparación entre dos cepas productivas de salmón, Aquagen y Fanad, fue desarrollada en un reciente estudio en Noruega, donde se encontró que existen diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) en la tasa de crecimiento específica (SGR) en smolts de cepas Aquagen y Mowi, durante la etapa de agua dulce y semanas después de su traslado a agua de mar, sin embargo esta respuesta productiva tuvo un marcado efecto de la temperatura del agua ( $p < 0.001$ ) en el crecimiento de los peces, no existiendo diferencias entre ambas cepas a temperaturas superiores a los 9°C (Handeland et al., 2004), lo que es coincidente con lo obtenido en el presente estudio.

En la presente investigación, se detectó que existen diferencias significativas en la mortalidad de los peces durante la etapa de engorda, entre las cepas Aquagen y Fanad-Mowi, lo que indicaría la importancia del origen genético en la selección de los peces para la producción en cultivo. Las mortalidades registradas en el centro de engorda, fueron causadas principalmente por SRS, enfermedad que provocó mayores pérdidas, entre los meses de primavera y verano. Respecto a esto, la empresa Aquagen S.A. realiza una selección de sus cepas respecto a la resistencia a enfermedades, como IPN, ISA y recientemente SRS (Aqua Gen, 2005), sin embargo, la cepa que presentó menores mortalidades durante la etapa de engorda fue Fanad-mowi, de la cual no se registra información vinculada a una selección genética en resistencia al agente

*Piscirickettsia salmonis*, por lo que sería necesario realizar un estudio genético con estos peces para explicar el mejor desempeño de esta cepa en relación a SRS.

En cuanto a la diferencia significativa de los niveles de intensidad de *Caligus* encontrada entre las cepas, podría indicar un efecto del origen genético en la resistencia a la infección de este parásito. Resultados similares se obtuvieron en una investigación realizada por Kolstad (2005) en Noruega, quien estudio la susceptibilidad de distintas familias de salmón del Atlántico (*salmo salar*), encontrando grandes variaciones en la intensidad del ectoparásito *Lepeophtheirus salmones* entre las distintas familias, además de obtener heredabilidades que variaron entre 0.02 y 0.26 lo que indica un gran potencial para mejorar la resistencia a *Caligus* con un manejo selectivo de los peces, como mecanismo alternativo al uso de drogas y medicamentos para el control de este parásito en Chile.

Referente al rol que cumple la procedencia de pisciculturas en el desempeño productivo de los peces en engorda, no se encuentra información comparativa entre diferentes centros de agua dulce, por lo que es necesario realizar estudios dentro de cada empresa productora, como es el caso de la actual investigación. Además de la base genética de los peces, los manejos realizados durante los primeros meses de vida de los peces en los centros de agua dulce, pueden determinar los resultados productivos de la etapas posteriores de cultivo (Estay, 2007). Esto concuerda con lo obtenido en el presente estudio, donde además de encontrar diferencias en el peso promedio de los peces de diferentes cepas, también mostraron diferencias los peces de una misma cepa provenientes de pisciculturas distintas.

Además, al analizar las mortalidades durante la etapa de engorda, se encontró que existen diferencias entre los peces de una cepa en común provenientes de pisciculturas distintas, lo que podría ser explicado por el manejo preventivo diferente realizado en las pisciculturas y centros de smoltificación (vacunaciones, tiempo de traslado a agua mar, etc). El manejo de la producción en la fase de agua dulce puede afectar el desempeño sanitario de la etapa de engorda desde varios puntos de vista, entre los que se cuentan, la correcta determinación del grado de avance del proceso de smoltificación; la adecuada

vacunación y el posterior desarrollo de la respuesta inmune, entre otros factores (Leal & Woywood, 2007).

En relación a que no se encontraran diferencias significativas en las intensidades de infestación de *Caligus*, entre los peces *Salmo salar* provenientes de pisciculturas distintas, puede deberse a que el tiempo de evaluación de la enfermedad fue entre los meses de Octubre del 2007 y Marzo del 2008, es decir, en los últimos meses de engorda, por lo que el posible efecto que tuviese el manejo de las pisciculturas se ve muy disminuido.

## 7. CONCLUSION

- Existen diferencias en el desempeño productivo entre peces de distinto origen genético: La cepa Fanad-mowi presentó el mejor desempeño respecto a mortalidad y resistencia a Caligidosis durante la fase de engorda, mientras que la cepa Aquagen mostró mejores resultados respecto a crecimiento en peso de los peces.
- Hay diferencias entre pisciculturas de origen, en el desempeño productivo de los peces en la fase de engorda en agua de mar: Los peces provenientes de la piscicultura Iculpe presentaron el mejor desempeño en crecimiento en peso. En cuanto a la mortalidad, los peces provenientes de la piscicultura Nilahue obtuvieron mejores resultados.

## 8. REFERENCIAS

- Aquagen S.A. 2005. La selección para incrementar la resistencia a enfermedades da resultados. Boletín informativo N°5. Disponible en: [\[http://www.aquagen.no/es.\]](http://www.aquagen.no/es.) Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2008.
- Aqua.cl.TechnoPress S.A. Disponible en: <http://www.aqua.cl/noticias/index.php?doc=4440>. Fecha de consulta 02 de Junio de 2008.
- Bravo, S. 2007. Resistencia de *Caligus rogercresseyi* al Benzoato de Emamectina en Chile. Proyecto FONDEF D04I1255, En Seminario de Caligus, Puerto Montt, Chile.
- Buxadé, C.C. 1997. Producción animal acuática. Bases de la producción animal. Ed.illustrated: Mundi-Prensa Libros, Madrid. 115-130 pp.
- Carvajal, J., González, M. & George-Nacimiento, M. 1998. Native sea lice (Copepoda: Caligidae) infestation of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. *Aquaculture* 166: 241-246.
- Costello, M.J. 2009. The global economic cost of sea lice to the salmonid farming industry. *Journal of Fish Dis.* 32: 115-118.
- Fryer, J.L., Lannan, C., Garces, L.H., Larenas, J.J. & Smith, P.A. 1990. Isolation of a rickettsia-like organism from diseased coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Chile, *Fish Pathol.* 25: 107-114.
- Estay, F. 2007. La importancia de una ova de calidad. En: Los nuevos desafíos de la Smoltificación. *Salmociencia* n°1, 7-15 pp. Disponible en:

[<http://www.salmonchile.cl/salmociencia/002/>]. Fecha de consulta: Marzo 2008.

- Gonzalez, L. & Carvajal, J. 2003. Life cycle of *Caligus rogercresseyi* (Copepoda: Caligidae) parasite of Chilean reared salmonids. *Aquaculture* 220: 101-117.
- González, L., Carvajal, J. & George-Nacimiento, M. 2000. Differential infectivity of *Caligus flexispina* Copepoda, Caligidae/in three farmed salmonids in Chile. *Aquaculture* 183: 13–23 pp.
- Glover, K.A, Aasmundstad, T., Nilsen, F., Storset A. & Skaala O. 2005. Variation of Atlantic salmon families (*Salmo salar* L.) in susceptibility to the sea lice *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*. *Aquaculture* 245:19–30.
- Glover, K.A, Otera, H., Rolf, E., Olsen, Erik, S., Geir, L. & Taranger, O. 2009. A comparison of farmed, wild and hybrid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared under farming conditions. *Aquaculture*.286: 203-210.
- Handeland , S.O., Bjornsson, B.Th., Arnesen, A.M. & Stefansson, S.O. 2003. Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. *Aquaculture* 220: 367–384 pp.
- Handeland, S.O., Wilkinson, E., Sveinsbo, B., McCormick, S.D. & Stefansson, S.O. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. *Aquaculture* 233: 513–529 pp.
- Kolstad K, Heuch P.A., Gjerde B., Gjedrem T. & Salte R. 2005. Genetic variation in resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. *Aquaculture* 247 (1-4): 145-151 pp.
- Lannan, C.N. & Fryer, J.L. 1994. Extracellular survival of *Piscirickettsia salmonis*, *J. Fish Dis.* 17: 545-548.

- Larenas, J., Contreras, J. & Pedro S. 2000. Piscirickettsiosis: Uno de los principales problemas en cultivos de salmones en Chile. TECNO VET: Año 6 N°2. Disponible en:  
[[www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet\\_articulo/0,1409,SCID%253D11539%2526ISID%253D463,00.html](http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D11539%2526ISID%253D463,00.html)]. Fecha de consulta: Enero 2009.
- Leal, J. & Woywood, W.D. 2007. Situación actual y plan de control. SalmonChile: Intesal, En seminario de Caligus, Puerto Montt, Chile.
- Martínez, P. & Figueroa, A. 2007. Genética y Genómica en Acuicultura. 1ª ed., Madrid: CSIC. 161-164 pp.
- Martínez, V. & Neira, R. 1995. Mejoramiento genético de salmónidos en Chile: Bases cuantitativas de selección en salmón Coho. TECNO VET; Año N°1.  
[[www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet\\_articulo/0,1409,SCID%253D8424%2526ISID%253D427,00.html](http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D8424%2526ISID%253D427,00.html)]
- Neira et al. 1999. Alternativas para el mejoramiento genético de salmónidos. Serie Manuales de Innovación Tecnológica para la Acuicultura, Manual n° 4.
- Norris, A. 2008. Review on Breeding and Reproduction of European aquaculture species. Aquabreeding. Disponible en:  
[<http://www.aquabreeding.eu/Documents/tabid/98/Default.aspx>.] Fecha de consulta: Mayo 2009.
- [Pistorale, S. M.](#), [Abbott, L.A.](#) & [Andrés, A.](#) 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Cienc. Inv. Agr.* 35 (3): 259-264 pp.
- Rozas, M. & Asencio, G. 2007. Evaluación de la situación epidemiológica de la Caligiasis en Chile: Hacia una estrategia de control efectiva, *Salmociencia* año 2, n°1, 43-59 pp. Disponible en:  
[<http://www.salmonchile.cl/salmociencia/002/>]. Fecha de consulta: Marzo 2008.

- Skaala, O., Taggart, J. B., & Gunnes, K. 2005. Genetic differences between five major domesticated strains of Atlantic salmon and wild salmon. *Journal of Fish Biol.* 67: 118-128 pp.
- Servicio Nacional de Pesca. SERNAPESCA. Disponible en: [[www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)] Fecha de consulta 15 de Agosto de 2008.
- Singer T.D., Clements K.M., Semple J.W., Schulte P.M., Bystriansky J.S., Finstad B., Fleming I.A. & McKinley R.S. 2002. Seawater tolerance and gene expression in two strains of Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fis. and Aquat. Sciences*: 59: 125-135(11) pp.
- Subsecretaria de Pesca. SUBPESCA. Disponible en: [[www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)] Fecha de consulta 1 de Agosto de 2008.
- Thodesen, J. & Gjedrem, T. 2006. Breeding programs on Atlantic salmon in Norway: lessons learned. In: *Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs: current status and action plans*. WorldFish Center, Penang, Malaysia. 22-26 pp.
- Thorstad, E.B., Fleming, I.A., McGinnity, P., Soto, D., Wennevik, V. & Whoriskey, F. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. NINA Special Report 36. 110 pp.
- Varas, I.R. 2007. *Industria del Salmón en Chile: Un ejemplo de innovación*. [[http://www.salmonchile.cl/files/Innovacion\\_Agosto\\_2007.ppt#284,1,Diapositiva1](http://www.salmonchile.cl/files/Innovacion_Agosto_2007.ppt#284,1,Diapositiva1)]. Revisado: Junio 2008.
- Withler, R.E., Supernault, K.J., & Miller, K.M. 2005. Genetic variation within and among domesticated Atlantic salmon broodstocks in British Columbia, Canada. *Animal Genetics*. 36: 43–50 pp.

## 9. ANEXOS

**Anexo 1:** Promedios mensuales de variables ambientales del Centro de Engorda Isla Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

**Anexo 2:** Desviación estándar de variables ambientales del Centro de Engorda Isla Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

**Anexo 3:** Peso promedio por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 4:** Peso promedio por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 5:** SGR por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 6:** SGR por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 7:** % Mortalidad por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 8:** % Mortalidad por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.

**Anexo 9:** Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de Octubre del 2007 a Febrero 2008, en Centro de Engorda Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

**Anexo 10:** Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de peces provenientes de Piscicultura Nilahue e Iculpe, Octubre del 2007 a Febrero 2008.

**Anexo 11:** Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de peces de cepas de Aquagen y Fanad-mowi, Octubre del 2007 a Febrero 2008.

## ANEXO 1

### Promedios mensuales de variables ambientales del Centro de Engorda Isla Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

Mes	Temp.1	Temp.2	Temp.3	Salin. 1	Salin. 2	Salin. 3	Oxig. 1	Oxig. 2	Oxig. 3
Jul-06	8.67	8.53	8.70	30.26	30.40	32.40	7.43	8.25	8.00
Ago-06	9.72	11.06	10.99	30.08	27.17	30.40	7.63	10.07	7.03
Sep-06	10.92	10.05	10.83	29.05	19.22	30.01	8.86	9.80	8.29
Oct-06	11.73	11.31	11.29	28.54	18.19	29.50	8.93	9.90	8.42
Nov-06	13.21	13.27	12.47	28.92	18.89	29.82	8.47	9.15	7.56
Dic-06	14.81	15.00	14.28	27.92	20.31	29.62	7.90	8.07	8.10
Ene-07	14.77	16.18	13.78	28.33	19.26	30.09	7.17	8.00	6.52
Feb-07	15.67	16.78	14.54	29.82	24.24	30.30	7.17	8.34	6.63
Mar-07	14.24	15.59	13.33	30.23	21.34	30.91	6.30	8.04	5.31
Abr-07	12.56	12.96	12.45	30.26	23.76	30.94	5.55	7.34	5.18
May-07	11.76	11.04	11.67	30.42	24.91	31.00	4.70	7.05	4.35
Jun-07	10.91	9.78	10.99	30.25	27.17	30.81	5.47	7.61	5.37
Jul-07	10.40	9.19	10.58	30.41	24.09	30.91	6.08	8.31	5.69
Ago-07	10.34	9.26	10.48	31.02	24.85	31.37	6.39	9.78	6.30
Sep-07	10.49	10.20	10.48	30.40	24.40	30.96	7.41	9.91	6.69
Oct-07	11.27	11.24	11.02	29.71	24.66	30.49	8.27	9.60	7.61
Nov-07	12.19	13.14	11.22	28.43	21.35	30.48	7.30	9.04	6.58
Dic-07	14.10	14.63	12.89	28.11	22.08	29.90	7.44	8.34	6.36
Ene-08	14.91	15.99	13.70	28.65	20.16	30.35	7.42	8.16	6.69
Feb-08	15.65	17.41	13.91	30.44	22.55	31.06	8.83	8.56	6.59
Mar-08	15.29	16.18	14.19	28.56	24.18	30.54	7.80	7.90	9.05

PROF 1: 5 MTS  
PROF 2: 0,5 MTS  
PROF 3: 10 MTS

## ANEXO 2

### Desviación estándar de variables ambientales del Centro de Engorda Isla Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

Mes	Temp.1	Temp.2	Temp.3	Salin. 1	Salin. 2	Salin. 3	Oxig.1	Oxig. 2	Oxig. 3
Jul-06	0.65	0.56	0.00	1.59	0.42	0.00	0.93	0.35	0.00
Ago-06	1.01	0.40	0.15	0.30	2.00	0.29	1.08	4.53	0.75
Sep-06	0.31	0.98	0.29	2.44	6.32	0.51	1.36	1.00	1.62
Oct-06	0.44	1.15	0.71	1.25	4.99	0.85	0.85	0.70	0.87
Nov-06	0.91	1.84	1.25	1.34	3.49	1.25	1.34	0.81	1.36
Dic-06	0.73	1.00	0.71	2.13	3.76	0.71	1.04	1.24	1.00
Ene-07	0.98	1.23	1.90	2.18	9.40	1.11	1.16	1.49	1.14
Feb-07	0.85	0.99	0.93	0.97	3.82	0.81	1.14	0.86	0.95
Mar-07	0.53	0.88	0.57	0.69	3.95	0.47	1.33	1.13	1.12
Abr-07	0.31	1.49	0.26	0.68	2.82	0.41	1.34	1.25	1.12
May-07	0.46	0.83	0.45	0.97	3.54	0.48	1.31	1.93	1.16
Jun-07	0.26	0.77	0.23	1.26	2.50	0.60	0.73	1.04	0.88
Jul-07	0.37	1.09	0.35	0.87	4.43	0.67	0.98	1.20	1.02
Ago-07	0.19	0.48	0.31	0.54	2.76	0.77	0.88	1.69	0.87
Sep-07	0.27	0.93	0.12	0.79	2.85	0.72	1.11	1.11	0.62
Oct-07	0.44	0.68	0.40	1.07	2.36	0.63	0.75	0.65	0.76
Nov-07	0.97	1.49	0.76	2.79	2.63	0.68	1.35	0.64	1.09
Dic-07	0.54	1.09	0.92	1.39	2.46	0.85	1.29	1.25	1.05
Ene-08	1.31	1.96	1.33	2.13	2.89	0.79	1.38	0.81	1.12
Feb-08	0.86	1.01	0.98	0.34	2.73	0.27	4.31	2.16	1.11
Mar-08	0.82	0.95	0.80	1.55	2.00	0.60	0.63	0.66	0.72

### ANEXO 3

**Peso promedio por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.**

Peso	Nº Jaula	Mes	Pisc.	Peso	Nº Jaula	Mes	Pisc.	Peso	Nº Jaula	Mes	Pisc.
53	4	1	1	344	7	4	2	1747	17	8	1
59	5	1	1	279	8	4	2	1630	18	8	1
77	10	1	1	319	9	4	2	1896	6	8	2
56	11	1	1	643	4	5	1	1925	7	8	2
52	15	1	1	672	5	5	1	1828	8	8	2
53	17	1	1	707	10	5	1	1857	9	8	2
51	18	1	1	636	11	5	1	2057	4	9	1
67	6	1	2	504	15	5	1	2009	5	9	1
76	7	1	2	589	17	5	1	2247	10	9	1
52	8	1	2	572	18	5	1	2130	11	9	1
56	9	1	2	650	6	5	2	1973	15	9	1
103	4	2	1	782	7	5	2	1956	17	9	1
119	5	2	1	614	8	5	2	1840	18	9	1
108	10	2	1	616	9	5	2	2206	6	9	2
96	11	2	1	1445	4	6	1	2297	7	9	2
69	15	2	1	1422	5	6	1	2127	8	9	2
68	17	2	1	1444	10	6	1	2196	9	9	2
84	18	2	1	1285	11	6	1	2219	4	10	1
140	6	2	2	1178	15	6	1	2392	5	10	1
144	7	2	2	1373	17	6	1	2378	15	10	1
103	8	2	2	1204	18	6	1	2293	17	10	1
120	9	2	2	1447	6	6	2	2243	18	10	1
172	4	3	1	1553	7	6	2	2570	10	10	1
177	5	3	1	1373	8	6	2	2420	6	10	2
192	10	3	1	1315	9	6	2	2341	8	10	2
163	11	3	1	1672	4	7	1	2426	4	11	1
126	15	3	1	1497	5	7	1	2558	15	11	1
146	17	3	1	1607	10	7	1	2504	17	11	1
149	18	3	1	1455	11	7	1	2402	18	11	1
231	6	3	2	1328	15	7	1	2370	10	11	1
234	7	3	2	1541	17	7	1	2729	6	11	2
187	8	3	2	1382	18	7	1	2535	8	11	2
196	9	3	2	1719	6	7	2	2274	9	11	2
271	4	4	1	1712	7	7	2				
288	5	4	1	1602	8	7	2				
313	10	4	1	1550	9	7	2				
267	11	4	1	1800	4	8	1				
211	15	4	1	1725	5	8	1				
237	17	4	1	1840	10	8	1				
243	18	4	1	1793	11	8	1				
321	6	4	2	1669	15	8	1				

Piscicultura: 1 = Nilahue 2 = Iculpe
--

## ANEXO 4

**Peso promedio por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de  
Septiembre 2006 a Enero 2008.**

Peso	N° Jaula	Mes	Cepa	Peso	N° Jaula	Mes	Cepa
76	1	1	1	149	18	3	2
70	2	1	1	381	1	4	1
66	3	1	1	375	2	4	1
62	12	1	1	398	3	4	1
53	13	1	1	275	12	4	1
52	14	1	1	233	13	4	1
60	16	1	1	258	14	4	1
53	4	1	2	225	16	4	1
59	5	1	2	271	4	4	2
77	10	1	2	288	5	4	2
56	11	1	2	313	10	4	2
52	15	1	2	267	11	4	2
53	17	1	2	211	15	4	2
51	18	1	2	237	17	4	2
163	1	2	1	243	18	4	2
154	2	2	1	861	1	5	1
153	3	2	1	861	2	5	1
100	12	2	1	802	3	5	1
92	13	2	1	602	12	5	1
89	14	2	1	642	13	5	1
79	16	2	1	598	14	5	1
103	4	2	2	546	16	5	1
119	5	2	2	643	4	5	2
108	10	2	2	672	5	5	2
96	11	2	2	707	10	5	2
69	15	2	2	636	11	5	2
68	17	2	2	504	15	5	2
84	18	2	2	589	17	5	2
250	1	3	1	572	18	5	2
267	2	3	1	1640	1	6	1
300	3	3	1	1599	2	6	1
176	12	3	1	1472	3	6	1
133	13	3	1	1327	12	6	1
145	14	3	1	1365	13	6	1
129	16	3	1	1291	14	6	1
172	4	3	2	1203	16	6	1
177	5	3	2	1445	4	6	2
192	10	3	2	1422	5	6	2
163	11	3	2	1444	10	6	2
126	15	3	2	1285	11	6	2
146	17	3	2	1178	15	6	2

Peso	N° Jaula	Mes	Cepa	Peso	N° Jaula	Mes	Cepa
1373	17	6	2	1956	17	9	2
1204	18	6	2	1840	18	9	2
1819	1	7	1	2545	13	10	1
1794	2	7	1	2378	14	10	1
1709	3	7	1	2387	16	10	1
1485	12	7	1	2237	1	10	1
1554	13	7	1	2219	4	10	2
1471	14	7	1	2392	5	10	2
1370	16	7	1	2378	15	10	2
1672	4	7	2	2293	17	10	2
1497	5	7	2	2243	18	10	2
1607	10	7	2	2570	10	10	2
1455	11	7	2	2926	13	11	1
1328	15	7	2	2652	14	11	1
1541	17	7	2	2505	16	11	1
1382	18	7	2	2229	1	11	1
2061	1	8	1	2426	4	11	2
1988	2	8	1	2558	15	11	2
1867	3	8	1	2504	17	11	2
1787	12	8	1	2402	18	11	2
1851	13	8	1	2370	10	11	2
1742	14	8	1				
1637	16	8	1				
1800	4	8	2				
1725	5	8	2				
1840	10	8	2				
1793	11	8	2				
1669	15	8	2				
1747	17	8	2				
1630	18	8	2				
2379	1	9	1				
2290	2	9	1				
2201	3	9	1				
2093	12	9	1				
2123	13	9	1				
1976	14	9	1				
1996	16	9	1				
2057	4	9	2				
2009	5	9	2				
2247	10	9	2				
2130	11	9	2				
1973	15	9	2				

<p>Cepa:  1 = Aquagen  2 = Fanad</p>
--

## ANEXO 5

**SGR por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe,  
de Septiembre 2006 a Enero 2008.**

SGR	Mes	Pisc	SGR	Mes	Pisc
1,60	1	1	0,75	4	1
1,68	1	1	0,83	4	1
0,80	1	1	0,89	4	1
1,28	1	1	0,72	4	1
0,67	1	1	0,77	4	1
0,62	1	1	0,86	4	2
1,25	1	1	0,45	4	2
1,77	1	2	0,79	4	2
1,53	1	2	0,74	4	2
1,62	1	2	1,63	5	1
1,83	1	2	1,54	5	1
1,34	2	1	1,35	5	1
1,04	2	1	1,78	5	1
1,50	2	1	1,41	5	1
1,39	2	1	1,61	5	1
1,57	2	1	1,14	5	1
2,00	2	1	1,71	5	2
1,50	2	1	1,51	5	2
1,30	2	2	1,61	5	2
1,27	2	2	1,77	5	2
1,58	2	2	0,49	6	1
1,28	2	2	0,34	6	1
1,03	3	1	0,17	6	1
1,10	3	1	0,39	6	1
0,92	3	1	0,42	6	1
1,12	3	1	0,46	6	1
1,16	3	1	0,40	6	1
1,08	3	1	0,29	6	2
0,82	3	1	0,58	6	2
0,67	3	2	0,52	6	2
0,85	3	2	0,56	6	2
0,90	3	2	0,17	7	1
1,09	3	2	0,36	7	1
1,11	4	1	0,38	7	1
0,84	4	1	0,34	7	1

<b>SGR</b>	<b>Mes</b>	<b>Pisc</b>	<b>SGR</b>	<b>Mes</b>	<b>Pisc</b>
0,57	7	1	0,11	10	2
0,45	7	1	-0,10	10	2
0,63	7	1	0,37	11	1
0,31	7	2	0,06	11	1
0,26	7	2	0,27	11	1
0,36	7	2	0,03	11	1
0,50	7	2	-0,34	11	1
0,50	8	1	0,20	11	2
0,43	8	1	0,25	11	2
0,33	8	1	-0,04	11	2
0,38	8	1			
0,42	8	1			
0,28	8	1			
0,30	8	1			
0,44	8	2			
0,38	8	2			
0,42	8	2			
0,38	8	2			
0,07	9	1			
0,12	9	1			
0,14	9	1			
0,28	9	1			
0,13	9	1			
0,12	9	1			
0,15	9	1			
0,28	9	2			
0,17	9	2			
0,19	9	2			
0,14	9	2			
0,12	10	1			
0,03	10	1			
0,23	10	1			
0,29	10	1			
0,21	10	1			
-1,80	10	1			

Piscicultura:  
1 = Nilahue  
2 = Iculpe

## ANEXO 6

**SGR por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de Septiembre 2006 a Enero 2008.**

<b>SGR</b>	<b>Mes</b>	<b>Cepa</b>	<b>SGR</b>	<b>Mes</b>	<b>Cepa</b>
1,83	1	1	1,03	3	2
1,88	1	1	1,10	3	2
2,01	1	1	0,92	3	2
1,12	1	1	1,12	3	2
1,31	1	1	1,16	3	2
1,28	1	1	1,08	3	2
0,65	1	1	0,82	3	2
1,60	1	2	1,04	4	1
1,68	1	2	1,00	4	1
0,80	1	2	0,89	4	1
1,28	1	2	0,86	4	1
0,67	1	2	1,11	4	1
0,62	1	2	0,88	4	1
1,25	1	2	1,02	4	1
1,12	2	1	1,11	4	2
1,45	2	1	0,84	4	2
1,78	2	1	0,75	4	2
1,48	2	1	0,83	4	2
0,94	2	1	0,89	4	2
1,26	2	1	0,72	4	2
1,29	2	1	0,77	4	2
1,34	2	2	1,70	5	1
1,04	2	2	1,20	5	1
1,50	2	2	1,61	5	1
1,39	2	2	1,54	5	1
1,57	2	2	1,87	5	1
2,00	2	2	1,68	5	1
1,50	2	2	1,45	5	1
0,97	3	1	1,63	5	2
0,78	3	1	1,54	5	2
0,59	3	1	1,35	5	2
0,85	3	1	1,78	5	2
1,25	3	1	1,41	5	2
1,30	3	1	1,61	5	2
1,29	3	1	1,14	5	2

SGR	Mes	Cepa	SGR	Mes	Cepa	SGR	Mes	Cepa
0,34	6	1	0,50	8	2	0,37	11	2
0,38	6	1	0,43	8	2	0,06	11	2
0,49	6	1	0,33	8	2	0,27	11	2
0,44	6	1	0,38	8	2	0,03	11	2
0,38	6	1	0,42	8	2	-0,34	11	2
0,43	6	1	0,28	8	2			
0,44	6	1	0,30	8	2			
0,49	6	2	0,30	9	1			
0,34	6	2	0,21	9	1			
0,17	6	2	0,08	9	1			
0,39	6	2	0,23	9	1			
0,42	6	2	0,20	9	1			
0,46	6	2	0,24	9	1			
0,40	6	2	0,29	9	1			
0,33	7	1	0,07	9	2			
0,27	7	1	0,12	9	2			
0,22	7	1	0,14	9	2			
0,48	7	1	0,28	9	2			
0,51	7	1	0,13	9	2			
0,46	7	1	0,12	9	2			
0,49	7	1	0,15	9	2			
0,17	7	2	0,35	10	1			
0,36	7	2	0,05	10	1			
0,38	7	2	0,15	10	1			
0,34	7	2	-0,98	10	1			
0,57	7	2	0,12	10	2			
0,45	7	2	0,03	10	2			
0,63	7	2	0,23	10	2			
0,35	8	1	0,29	10	2			
0,35	8	1	0,21	10	2			
0,41	8	1	-1,80	10	2			
0,34	8	1	0,22	11	1			
0,40	8	1	0,43	11	1			
0,50	8	1	0,25	11	1			
0,31	8	1	0,27	11	1			

Cepa:  
1 = Aquagen  
2 = Fanad

## ANEXO 7

**% Mortalidad por jaula de los grupos de peces provenientes de las Pisciculturas Nilahue e Iculpe, de Septiembre 2006 a Enero 2008.**

Mortalidad	Me s	Pis c									
0,32	1	1	0,51	4	1	0,39	7	1	6,93	11	1
0,28	1	1	0,54	4	1	0,24	7	1	3,16	11	1
0,69	1	1	0,49	4	1	0,65	7	2	1,22	11	1
0,31	1	1	10,66	4	1	0,32	7	2	1,85	11	1
0,63	1	1	0,39	4	1	0,32	7	2	2,09	11	1
0,41	1	1	0,55	4	2	0,24	7	2	4,54	11	2
0,50	1	1	8,61	4	2	0,44	8	1	15,40	11	2
0,34	1	2	0,69	4	2	0,36	8	1	5,55	11	2
0,37	1	2	0,52	4	2	0,59	8	1			
0,57	1	2	0,21	5	1	0,38	8	1			
0,35	1	2	0,20	5	1	0,35	8	1			
0,57	2	1	0,21	5	1	0,44	8	1			
0,42	2	1	0,21	5	1	0,40	8	1			
0,74	2	1	0,16	5	1	0,50	8	2			
0,38	2	1	0,20	5	1	0,42	8	2			
0,60	2	1	0,22	5	1	0,41	8	2			
0,69	2	1	0,21	5	2	0,41	8	2			
0,46	2	1	1,02	5	2	2,11	9	1			
0,48	2	2	0,21	5	2	1,72	9	1			
0,54	2	2	0,17	5	2	1,74	9	1			
0,60	2	2	0,36	6	1	1,63	9	1			
0,55	2	2	0,73	6	1	1,24	9	1			
1,76	3	1	0,35	6	1	1,57	9	1			
2,74	3	1	0,37	6	1	1,67	9	1			
2,37	3	1	0,24	6	1	1,83	9	2			
2,33	3	1	0,46	6	1	1,58	9	2			
1,82	3	1	0,24	6	1	1,56	9	2			
2,24	3	1	1,40	6	2	1,63	9	2			
2,09	3	1	0,33	6	2	5,35	10	1			
4,31	3	2	0,28	6	2	6,42	10	1			
2,68	3	2	0,25	6	2	0,61	10	1			
2,30	3	2	1,09	7	1	0,31	10	1			
2,43	3	2	0,51	7	1	0,88	10	1			
0,53	4	1	0,46	7	1	2,56	10	1			
0,61	4	1	0,29	7	1	8,60	10	2			
0,51	4	1	0,33	7	1	9,30	10	2			

Piscicultura: 1 = Nilahue 2 = Iculpe
--

## ANEXO 8

**% Mortalidad por jaula de los grupos de peces de cepas Aquagen y Fanad-mowi, de  
Septiembre 2006 a Enero 2008.**

Mortalidad	Mes	Cepa									
0,23	1	1	2,74	3	2	0,61	6	1	0,38	8	2
0,30	1	1	2,37	3	2	0,30	6	1	0,35	8	2
0,40	1	1	2,33	3	2	0,31	6	1	0,44	8	2
0,76	1	1	1,82	3	2	0,57	6	1	0,40	8	2
0,92	1	1	2,24	3	2	0,30	6	1	1,89	9	1
0,67	1	1	2,09	3	2	0,36	6	2	1,56	9	1
0,50	1	1	0,48	4	1	0,73	6	2	3,33	9	1
0,32	1	2	0,61	4	1	0,35	6	2	2,16	9	1
0,28	1	2	0,55	4	1	0,37	6	2	1,26	9	1
0,69	1	2	0,54	4	1	0,24	6	2	1,06	9	1
0,31	1	2	0,44	4	1	0,46	6	2	2,18	9	1
0,63	1	2	0,49	4	1	0,24	6	2	2,11	9	2
0,41	1	2	0,44	4	1	0,75	7	1	1,72	9	2
0,50	1	2	0,53	4	2	0,49	7	1	1,74	9	2
0,34	2	1	0,61	4	2	0,75	7	1	1,63	9	2
0,44	2	1	0,51	4	2	0,35	7	1	1,24	9	2
0,60	2	1	0,54	4	2	0,35	7	1	1,57	9	2
0,48	2	1	0,49	4	2	0,47	7	1	1,67	9	2
0,99	2	1	10,66	4	2	0,30	7	1	3,62	10	1
0,72	2	1	0,39	4	2	1,09	7	2	9,05	10	1
0,35	2	1	0,25	5	1	0,51	7	2	0,51	10	1
0,57	2	2	0,21	5	1	0,46	7	2	24,52	10	1
0,42	2	2	0,21	5	1	0,29	7	2	5,35	10	2
0,74	2	2	0,16	5	1	0,33	7	2	6,42	10	2

Mortalidad	Mes	Cepa									
0,38	2	2	0,24	5	1	0,39	7	2	0,61	10	2
0,60	2	2	0,22	5	1	0,24	7	2	0,31	10	2
0,69	2	2	0,19	5	1	0,53	8	1	0,88	10	2
0,46	2	2	0,21	5	2	0,42	8	1	2,56	10	2
1,52	3	1	0,20	5	2	0,45	8	1	9,15	11	1
1,48	3	1	0,21	5	2	0,34	8	1	4,88	11	1
2,86	3	1	0,21	5	2	0,33	8	1	1,23	11	1
1,54	3	1	0,16	5	2	0,36	8	1	9,58	11	1
2,33	3	1	0,20	5	2	0,45	8	1	6,93	11	2
1,95	3	1	0,22	5	2	0,44	8	2	3,16	11	2
1,56	3	1	0,50	6	1	0,36	8	2	1,22	11	2
1,76	3	2	0,43	6	1	0,59	8	2	1,85	11	2
									2,09	11	2

Cepa:  
1 = Aquagen  
2 = Fanad

## ANEXO 9

Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de Octubre del 2007 a Febrero 2008, en Centro de Engorda Pelada, Canal Hornopirén, X Región.

30-10-2007					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
<b>Punta</b>	1	0	2	3	5
	2	1	2	3	6
	3	0	1	4	5
	4	0	2	2	4
	5	2	1	4	7
	6	3	1	4	8
	7	2	2	3	7
	8	1	3	4	8
	9	2	1	2	5
	10	0	3	3	6
<b>Azar</b>	1	1	4	2	7
	2	4	2	8	14
	3	1	2	6	9
	4	2	4	4	10
	5	2	1	3	6
	6	1	2	6	9
	7	3	2	5	10
	8	0	1	6	7
	9	1	2	3	6
	10	0	2	1	3

15-11-2007					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
<b>Azar</b>	1	0	0	2	2
	2	4	0	0	4
	3	1	1	0	2
	4	2	0	1	3
	5	0	0	3	3
	6	3	0	0	3
	7	3	0	0	3
	8	0	0	4	4
	9	3	0	1	4
	10	2	0	0	2
<b>Punta</b>	1	2	1	1	4
	2	5	6	6	17
	3	5	4	4	13
	4	3	4	5	12
	5	2	0	4	6
	6	2	5	0	7
	7	2	0	3	5
	8	0	2	3	5
	9	4	2	3	9
	10	5	2	4	11

30-11-2007					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Azar	1	6	0	1	7
	2	7	0	2	9
	3	7	0	5	12
	4	5	3	2	10
	5	4	1	2	7
	6	14	1	2	17
	7	8	0	2	10
	8	9	0	1	10
	9	5	0	0	5
	10	2	0	1	3
Punta	1	6	5	2	13
	2	7	2	4	13
	3	12	3	4	19
	4	23	1	3	27
	5	27	7	15	49
	6	16	1	7	24
	7	12	6	15	33
	8	11	4	7	22
	9	88	12	27	127
	10	10	0	4	14

15-12-2007					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Punta	1	13	26	18	57
	2	11	22	17	50
	3	14	30	22	66
	4	21	6	10	37
	5	20	42	25	87
	6	18	24	20	62
	7	13	30	27	70
	8	12	23	17	52
	9	17	14	19	50
	10	11	22	11	44
Azar	1	32	63	48	143
	2	27	38	19	84
	3	21	37	23	81
	4	28	44	36	108
	5	31	57	27	115
	6	31	27	26	84
	7	17	16	14	47
	8	9	27	12	48
	9	27	33	21	81
	10	22	30	19	71

30-12-2007					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Punta	1	2	1	1	4
	2	1		2	3
	3	2		3	5
	4	2	2	2	6
	5	1		4	5
	6	1	1	1	3
	7	1	1	2	4
	8	3	5	2	10
	9	4		1	5
	10	1	2		3
Azar	1	1	1	3	5
	2	1	2	2	5
	3	4	1	1	6
	4	1	2		3
	5	3	1	1	5
	6	2	2	2	6
	7	4		2	6
	8	2	1	4	7
	9	1	3	2	6
	10	2	2	3	7

15-01-2008					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Azar	1	20	13	5	38
	2	15	20	23	58
	3	12	14	5	31
	4	3	5	10	18
	5	2	10	30	42
	6	15	3	4	22
	7	12	12	3	27
	8	5	12	10	27
	9	6	18	7	31
	10	4	10	10	24
Punta	1	2	10	5	17
	2	12	10	2	24
	3	2	13	2	17
	4	12	4	5	21
	5	11	4	10	25
	6	10	2	15	27
	7	12	5	10	27
	8	10	15	12	37
	9	12	13	5	30
	10	3	0	15	18

30-01-2008					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Punta	1	50	40	20	110
	2	60	50	30	140
	3	50	35	25	110
	4	50	30	15	95
	5	55	40	25	120
	6	60	37	27	124
	7	45	20	12	77
	8	25	39	23	87
	9	30	15	10	55
	10	45	18	20	83
Azar	1	2	2	1	5
	2	3	1	1	5
	3	4	4	1	9
	4	5	1	1	7
	5	3	2	1	6
	6	7	2	2	11
	7	5	3	2	10
	8	4	1	1	6
	9	5	2	2	9
	10	6	3	2	11

15-02-2008					
Jaula	Nº de pez	Juveniles	Hembras Ovíferas	Adultos Móviles	Caligus Totales
Azar	1	0	5	4	9
	2	8	4	8	20
	3	4	0	2	6
	4	8	10	4	22
	5	4	5	8	17
	6	7	5	5	17
	7	11	3	4	18
	8	8	1	4	13
	9	6	9	6	21
	10	9	6	1	16
Punta	1	8	4	3	15
	2	15	6	8	29
	3	4	5	7	16
	4	10	5	3	18
	5	5	9	1	15
	6	0	15	3	18
	7	5	7	4	16
	8	12	5	3	20
	9	8	4	8	20
	10	5	7	9	21

## ANEXO 10

**Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de peces provenientes de Piscicultura Nilahue e Iculpe, Octubre del 2007 a Febrero 2008.**

Intensidad	Quinc	Pisc	Trat	Intensidad	Quinc	Pisc	Trat	Intensidad	Quinc	Pisc	Trat
5	1	2	1	24	3	2	0	20	8	1	0
6	1	2	1	33	3	2	0	6	8	1	0
5	1	2	1	22	3	2	0	22	8	1	0
4	1	2	1	12	3	2	0	17	8	1	0
7	1	2	1	14	3	2	0	17	8	1	0
8	1	2	1	5	5	1	1	18	8	1	0
7	1	2	1	5	5	1	1	13	8	1	0
8	1	2	1	6	5	1	1	21	8	1	0
5	1	2	1	3	5	1	1	16	8	1	0
6	1	2	1	5	5	1	1				
7	1	2	1	6	5	1	1				
14	1	2	1	6	5	1	1				
9	1	2	1	7	5	1	1				
10	1	2	1	6	5	1	1				
6	1	2	1	7	5	1	1				
9	1	2	1	38	6	2	0				
10	1	2	1	58	6	2	0				
7	1	2	1	31	6	2	0				
6	1	2	1	18	6	2	0				
3	1	2	1	42	6	2	0				
4	2	2	0	22	6	2	0				
17	2	2	0	27	6	2	0				
13	2	2	0	27	6	2	0				
12	2	2	0	31	6	2	0				
6	2	2	0	24	6	2	0				
7	2	2	0	5	7	1	1				
5	2	2	0	5	7	1	1				
5	2	2	0	9	7	1	1				
9	2	2	0	7	7	1	1				
11	2	2	0	6	7	1	1				
13	3	2	0	11	7	1	1				
13	3	2	0	10	7	1	1				
19	3	2	0	6	7	1	1				
27	3	2	0	9	7	1	1				
49	3	2	0	11	7	1	1				
24	3	2	0	9	8	1	0				

Piscicultura:  
1 = Nilahue  
2 = Iculpe

## Anexo 11

**Intensidad de *Caligus sp.* por jaula de peces de cepas de Aquagen y Fanad-mowi, Octubre del 2007 a Febrero 2008**

Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t	Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t	Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t
2	2	1	0	48	4	1	0	95	7	1	0
4	2	1	0	81	4	1	0	120	7	1	0
2	2	1	0	71	4	1	1	124	7	1	0
3	2	1	0	4	5	1	1	77	7	1	0
3	2	1	0	3	5	1	1	87	7	1	0
3	2	1	0	5	5	1	1	55	7	1	0
3	2	1	0	6	5	1	1	83	7	1	0
4	2	1	0	5	5	1	1	5	7	2	1
4	2	1	0	3	5	1	1	5	7	2	1
2	2	1	0	4	5	1	1	9	7	2	1
7	3	1	0	10	5	1	1	7	7	2	1
9	3	1	0	5	5	1	1	6	7	2	1
12	3	1	0	3	5	1	1	11	7	2	1
10	3	1	0	5	5	2	1	10	7	2	1
7	3	1	0	5	5	2	1	6	7	2	1
17	3	1	0	6	5	2	1	9	7	2	1
10	3	1	0	3	5	2	1	11	7	2	1
10	3	1	0	5	5	2	1	15	8	1	1
5	3	1	0	6	5	2	1	29	8	1	1

Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t	Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t	Intensidad	Quin c	Cep a	Tra t
3	3	1	0	6	5	2	1	16	8	1	1
57	4	1	0	7	5	2	1	18	8	1	1
50	4	1	0	6	5	2	1	15	8	1	1
66	4	1	0	7	5	2	1	18	8	1	1
37	4	1	0	17	6	1	0	16	8	1	1
87	4	1	0	24	6	1	0	20	8	1	1
62	4	1	0	17	6	1	0	20	8	1	1
70	4	1	0	21	6	1	0	21	8	1	1
52	4	1	0	25	6	1	0	9	8	2	0
50	4	1	0	27	6	1	0	20	8	2	0
44	4	1	0	27	6	1	0	6	8	2	0
143	4	1	0	37	6	1	0	22	8	2	0
84	4	1	0	30	6	1	0	17	8	2	0
81	4	1	0	18	6	1	0	17	8	2	0
108	4	1	0	110	7	1	0	18	8	2	0
115	4	1	0	140	7	1	0	13	8	2	0
84	4	1	0	110	7	1	0	21	8	2	0
47	4	1	0					16	8	2	0

Cepa:  
1 = Aquagen  
2 = Fanad