



UNIVERSIDAD  
**SAN SEBASTIAN**  
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA**  
**CARRERA MEDICINA VETERINARIA**  
**SEDE CONCEPCIÓN**


**ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE MORTALIDAD GENERADA POR**  
***PISCIRICKETTSIA SALMONIS* EN SALMÓN DEL ATLÁNTICO Y USO**  
**DE FLORFENICOL PARA SU CONTROL EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS EN**  
**CENTROS DE CULTIVO DE MAR**

Memoria para optar al título de Médico Veterinario

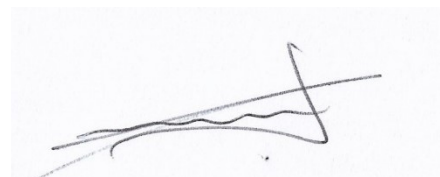
Profesor Patrocinante: Mg. Valeria Alejandra Astorga Wells, MV  
Estudiante: **Gerardo Medina Vidal**

## HOJA DE CALIFICACIÓN MEMORIA DE TÍTULO

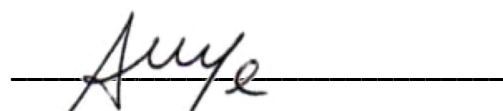
En \_ciudad de Concepción\_\_\_, el\_06\_\_\_ de \_\_\_agosto\_\_\_\_\_, del año\_2025\_\_ los abajo firmantes, dejan constancia que el (la) estudiante Gerardo Medina Vidal\_\_ de la carrera o programa de \_Medicina Veterinaria\_\_\_\_\_, ha aprobado la memoria para optar al título profesional de Medicina Veterinaria \_\_\_\_\_ con una nota de \_\_\_5,6\_\_\_\_\_.



**VALERIA ASTORGA WELLS**



**Profesor evaluador, Dra. Paloma Moreno.**



**Profesor evaluador**

© Gerardo Medina Vidal.

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya cita bibliográfica del documento.

Concepción, Chile

2025

*En dedicación a mi familia que siempre confió en mí y me han apoyado pese a la distancia, a mis mejores amigos que siempre me han aconsejado y me brindan su apoyo día a día, a mi perrito Maximiliano que es una pieza fundamental en mi familia y sobre todo a mi perro Ragnar, que el pasado 29 de abril falleció, a pesar de la gran pérdida, cuando no me sentía con ganas o pensaba en tirar la toalla, siempre pensaba que debía seguir intentándolo con una sonrisa, como él siempre fue en vida, no se muere quien se va, solo se muere quien se olvida.*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
HOJA DE CALIFICACIÓN MEMORIA DE TÍTULO.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	6
4. RESULTADOS.....	12
5. DISCUSIÓN.....	18
6. CONCLUSIONES.....	22
7. REFERENCIAS.....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número estimado de decesos de salmones del atlántico asociado a SRS. ....	12
Tabla 2. Medidas de tendencia central y dispersión para la mortalidad por <i>Piscirickettsia salmonis</i> (2019-2023) .....	144
Tabla 3. Antibióticos utilizados en esta investigación para el tratamiento de SRS .....	15
Tabla 4. Promedio de concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de <i>Piscirickettsiosis</i> entre los años 2019 y 2023. ....	15
Tabla 5. Medidas de tendencia central y dispersión de la concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de <i>Piscirickettsiosis</i> entre 2019 y 2023. ....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Decesos Anuales por <i>Piscirickettsia salmonis</i> en salmón del Atlántico 2019-2023.....	13
Figura 2. Promedio de concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de <i>Piscirickettsiosis</i> entre los años 2019 y 2023. ....	16

## RESUMEN

La acuicultura mundialmente es considerada una de las industrias más rentables debido a su gran capacidad de producción de proteína animal y su alto número de exportaciones. En Chile se comenzó con la producción de salmónidos a partir de los años 80, siendo actualmente el segundo productor mundial de salmónes. Las amenazas principales de la industria nacional son las enfermedades infecciosas y el uso excesivo de antibióticos. El presente trabajo de análisis retrospectivo tuvo como objetivo describir la mortalidad atribuida a *Piscirickettsia salmonis* y analizar las dosis de florfenicol utilizadas para su control en centros de cultivo de salmón del Atlántico en Chile a partir de informes sanitarios y bases de datos solicitadas a través de ley de transparencia al Sernapesca en los últimos 5 años (2019-2023). Los resultados evidenciaron que la mortalidad atribuida por *Piscirickettsia salmonis* no mostró una tendencia marcada en el período estudiado, presentando solo variaciones interanuales, además de evidenciar que tuvo un comportamiento estable a lo largo del tiempo, siendo un patógeno de alta persistencia al ser la primera causa de decesos por enfermedades infecciosas en Salmón del Atlántico desde el año 2013, esto debido a su naturaleza intracelular y a su capacidad de sobrevivir en ambientes de estrés marino. Su mortalidad es contrastada en países que también son productores de salmónidos como Noruega, que presenta una tasa de mortalidad muy baja, lo que demuestra una eficiencia en sus medidas de manejo de la enfermedad. Respecto al florfenicol, las dosis promedio obtenidas tuvieron una leve tendencia ascendente, indicando que la mayor proporción de dosis utilizadas en terreno superaban a las recomendadas por el SAG en las fichas técnicas del producto. Este uso elevado, es mayor comparado con otros países productores de salmónidos como Noruega, Escocia y Canadá. Las causas de una dosis mayor al promedio pueden ser multifactoriales, pero destacan el uso extra-etiqueta, la ineficacia de vacunas y el diagnóstico tardío. Esto conlleva a que un uso excesivo de florfenicol puede causar resistencia antimicrobiana (RAM), que compromete la efectividad del tratamiento y puede implicar impactos en la salud pública y animal, transfiriendo residuos antimicrobianos en productos con destino a consumo humano. Por eso es importante el uso racional de antibióticos, el justificado uso de extra-etiqueta y el cumplimiento de la normativa vigente.

Palabras claves: Acuicultura, Salmonicultura, *Piscirickettsia salmonis*, Florfenicol, Sernapesca, Antibióticos



## ABSTRACT

Aquaculture is considered one of the most profitable industries worldwide due to its large capacity for animal protein production and high export volume. Salmonid production began in Chile in the 1980s, and the country is currently the world's second largest producer of salmon. The main threats to the national industry are infectious diseases and the excessive use of antibiotics. The objective of this retrospective analysis was to describe the mortality attributed to *Piscirickettsia salmonis* and analyze the doses of florfenicol used to control it in Atlantic salmon farming centers in Chile, based on health reports and databases requested through the transparency law from Sernapesca over the last five years (2019-2023). The results showed that mortality attributed to *Piscirickettsia salmonis* did not show a marked trend in the period studied, with only interannual variations, and showed that it behaved stably over time, being a highly persistent pathogen as the leading cause of death from infectious diseases in Atlantic salmon since 2013, due to its intracellular nature and its ability to survive in stressful marine environments. Its mortality is contrasted in countries that are also salmonid producers, such as Norway, which has a very low mortality rate, demonstrating the efficiency of its disease management measures. With regard to florfenicol, the average doses obtained showed a slight upward trend, indicating that the majority of doses used in the field exceeded those recommended by the SAG in the product's technical data sheets. This high use is greater than in other salmonid-producing countries such as Norway, Scotland, and Canada. The causes of higher-than-average doses may be multifactorial, but off-label use, vaccine ineffectiveness, and late diagnosis stand out. This means that excessive use of florfenicol can cause antimicrobial resistance (AMR), which compromises the effectiveness of treatment and can have an impact on public and animal health by transferring antimicrobial residues to products intended for human consumption. That is why it is important to use antibiotics rationally, justify off-label use, and comply with current regulations.

Keywords: Aquaculture, Salmon farming, *Piscirickettsia salmonis*, Florfenicol, Sernapesca, Antibiotics

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura, es mundialmente considerada como la mejor alternativa para aumentar el suministro de recursos pesqueros para satisfacer la demanda humana en este siglo (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), s.f.). En Chile en los años 80 comenzó la producción de salmones de forma masiva, teniendo tal éxito que ha llevado al país en ubicarse como el segundo productor mundial de salmónidos (SUBPESCA, s.f.). La acuicultura en Chile se encuentra constantemente amenazada por patógenos, para el control de la mayoría se utilizan herramientas profilácticas, como antibióticos o antiparasitarios. En particular, los antimicrobianos son utilizados en grandes cantidades para combatir bacterias como *Piscirickettsia salmonis*. En Chile durante el año 2023 se llegó a utilizar en la industria del salmón 338,9 toneladas de antimicrobianos para combatir infecciones bacterianas y otros patógenos. (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), 2024b)

SERNAPESCA, que es la institución que regula la industria acuícola en Chile, ha definido los patógenos que afectan a la industria en tres listas (1, 2 y 3) y denominándolas “enfermedades de alto riesgo”, los agentes clasificados en la lista 1 son aquellos que no habían sido detectados anteriormente en el territorio nacional, en la lista 2 se ubican los patógenos con alta prevalencia o alta distribución en el territorio nacional y por último en la lista 3 que son diagnosticadas en el país en una o más zonas geográficas, cuya epidemiología puede o no estar descrita (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo , 2011; SUBPESCA, 2013).

### 1.1 *Piscirickettsia salmonis*

*Piscirickettsia salmonis* es un patógeno bacteriano intracelular Gram-negativo aislado en peces y es una causa grande de mortalidad en salmónidos (Fryer & Hedrick, 2003). La bacteria se aisló desde salmón coho *Oncorhynchus kisutch* infectado y se denominó

*Piscirickettsia salmonis*, su cepa se denominó LF-89 y la enfermedad Piscirickettsiosis (SRS) (Fryer et al., 1992). Esta bacteria solo se puede cultivar *in vitro* en células de peces infectados, no en medios artificiales. Siendo su crecimiento óptimo en un rango de 15-18°C, se retarda por encima de 20°C y por debajo de 10°C, mientras que no ocurre por encima de 25°C (Fryer & Mael, 1997).

Debido a su alta prevalencia en la salmonicultura nacional, *Piscirickettsia salmonis* ha sido clasificada por SERNAPESCA dentro de la lista 2 de enfermedades de alto riesgo, (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2011; SUBPESCA, 2013).

Otra cepa aislada y reconocida fue la EM-90 que afecta exclusivamente a salmones del Atlántico (*Salmo salar*). Esta cepa es considerada más virulenta que LF-89 y su crecimiento óptimo es a 18°C (Rozas-Serri et al., 2017).

La infección inicial ocurre cuando la bacteria rompe las barreras físicas de la piel y/o las branquias (Smith et al., 1999). Esto resulta en áreas descoloridas de la piel que pueden agravarse a úlceras superficiales (Almendras & Fuentealba, 1997). Las branquias pueden ser una puerta para las infecciones locales que se diseminan hacia los parénquimas de los órganos y ocurriendo eventualmente septicemia (Almendras & Fuentealba, 1997). Se ha demostrado que *Piscirickettsia salmonis* es capaz de sobrevivir, replicarse y diseminarse a partir de macrófagos y monocitos (Rojas et al., 2009). En el caso de los macrófagos infectados dejan su crecimiento para transformarse en células parecidas a monocitos no adherentes con capacidad proliferativa. De esta forma consigue no activar una respuesta de muerte celular ayuda a que la bacteria pueda seguir en el organismo y se extienda a otros tejidos, saltándose así la primera línea de defensa del pez (Rozas & Enríquez, 2014).

El diagnóstico y la detección se realiza mediante signos externos e internos característicos, y procedimientos para detectar *Piscirickettsia salmonis* por medio de aislados como PCR en muestras obtenidas de riñón, hígado y sangre durante una infección aguda (Rozas & Enríquez, 2014).

Para el control de la Piscirickettsiosis, nombre que se le da a la enfermedad causada por esta bacteria, la industria utiliza principalmente el antibiótico florfenicol, más medidas profilácticas cultivos con densidad baja de peces y evitando transmisión horizontal manteniendo los mismos peces del mismo año en el mismo lugar (Evelyn et al.,1998).

El florfenicol es el antibiótico más utilizado en los centros de cultivo durante la etapa de engorda de mar, tiene una acción bacteriostática y sus propiedades como la baja unión a proteínas plasmáticas lo hacen idóneo para actuar frente a bacterias intracelulares como *Piscirickettsia salmonis* (SERNAPESCA, 2023). También es considerado un medicamento veterinario que se incorpora al alimento durante su elaboración en proporciones no inferiores al 2% que deben ser autorizadas y controladas por autoridades reguladoras, que en el caso de Chile es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (SERNAPESCA, 2023).

Existen diversos productos comerciales de florfenicol autorizados en Chile para su uso en la salmonicultura, que presentan concentraciones y formulaciones distintas. Entre los más utilizados se encuentran Veterin 50%, Veterin 80, Duflosan 50%, Duflosan L 50%, Florfenicol 50% y Aquafen 50%, todos ellos con una dosis terapéutica autorizada de 10 mg/kg, según lo establecido en sus fichas técnicas. Sin embargo, también existen productos como Ateflor 50%, cuya ficha técnica establece una dosis diferente (20mg/kg).

En este último tiempo las industrias y el órgano Sernapesca intentan reducir el uso de los antibióticos, promoviendo su uso responsable, con el objetivo de disminuir el riesgo de emergencia, diseminación de resistencia, mantener la eficacia y prevenir la transferencia de resistencia a microorganismos que afectan a los seres humanos (SERNAPESCA, 2015). A través de buenas prácticas, medidas, contribuir a la promoción del uso responsable y proporcionando información a médicos veterinarios y productores.

## **1.2 Reporte Sanitario y base de datos**

En Chile, el órgano encargado de los reportes y bases de datos sanitarios en acuicultura es Sernapesca, cuyo objetivo es contribuir a la sustentabilidad del sector pesquero y acuícola (SERNAPESCA, s.f.), para esto emplea acciones como la fiscalización de la acuicultura, medioambiente, asegurar la inocuidad de productos de exportación y monitoreo de la actividad acuícola (SERNAPESCA, s.f.). Estas actividades quedan registradas en un informe que el mismo organismo publica anualmente y se dividen en gestiones de varias áreas como: Sanitarios, ambientales, pesqueros, institucionales, inocuidad y certificación.

Este trabajo se centra en el área sanitaria, centrándose en los informes sanitarios y bases de datos oficiales para el control de Piscirickettsiosis. El informe sanitario reporta principalmente la situación productiva y sanitaria de los centros marinos y de agua dulce de salmónidos cultivados entre la región del Maule a Magallanes, durante el año (SERNAPESCA, 2024a). Que abordan temas como la producción de salmónidos en agua dulce y de mar, el porcentaje de mortalidad mensual de los salmónidos con sus principales causas, y los programas sanitarios de vigilancia y control para enfermedades de alto riesgo, como Anemia infecciosa del salmón, Caligidosis y Piscirickettsiosis.

Actualmente, Sernapesca dispone y mantiene una base de datos nacional que recopila información detallada sobre tratamientos antibióticos, programas de vacunación, producción y otras variables sanitarias relacionadas con la actividad acuícola en todo el país. Esta información es generada a partir de los registros que deben ser enviados por las empresas productoras de salmón y está disponible tanto para uso interno del servicio como para solicitudes externas, como las realizadas mediante la Ley de Transparencia, a través de su sitio web. Esta vía permite obtener información relacionada con tratamientos utilizados en la acuicultura. Sernapesca gestiona la base de datos con información de la acuicultura, generando informes y reportes necesarios para el funcionamiento del servicio.

El presente trabajo espera determinar ¿Cómo ha variado la mortalidad del salmón del Atlántico por *Piscirickettsia salmonis* en centros de cultivo de agua de mar y uso del florfenicol para su control en los últimos 5 años en base a datos de Sernapesca?

## **2. OBJETIVOS**

### **3.1.- Objetivo general**

Analizar la mortalidad causada por *Piscirickettsia salmonis* en centros de cultivo de mar del salmón del Atlántico y el uso de florfenicol, a partir de los datos de Sernapesca en los últimos 5 años.

### **3.2.- Objetivos específicos**

3.2.1. Describir mortalidad generada por *Piscirickettsia salmonis* en centros de cultivo de mar del salmón del Atlántico en los últimos 5 años con datos de Sernapesca.

3.2.2. Describir las dosis de florfenicol utilizadas en Salmón del Atlántico en el tratamiento de Piscirickettsiosis por vía oral en Chile en los últimos 5 años mediante revisión de bases de datos oficiales de Sernapesca.

### **3. MATERIAL Y MÉTODO**

#### **3.1 Obtención y Recopilación de Datos**

Los datos utilizados en este trabajo se obtienen directamente desde Sernapesca, específicamente de los informes sanitarios anuales y base de datos oficiales. Se trabaja con una ventana de 5 años, comprendida entre 2019 y 2023.

Para el objetivo específico 1, la información se recopila desde la página web oficial del Sernapesca, en la sección “Informes y Datos”- Resultados de Gestión- Sanitarios. Para este objetivo, se utilizan los siguientes materiales descritos en los informes sanitarios anuales:

- Biomasa mensual cultivada en centros marinos.
- La distribución de centros marinos por especie, destacando el salmón del Atlántico.
- La distribución porcentual de clasificación de mortalidad primaria del salmón del Atlántico.
- La distribución porcentual de clasificación de mortalidad secundaria, detallaron los patógenos involucrados.

En el caso del objetivo específico 2, se realiza una solicitud a Sernapesca, mediante la Ley de Transparencia, con el objetivo de acceder a la base de datos detallada de uso de fármacos. Los datos solicitados son:

- Datos de tratamientos en período específico
- Vía de administración
- Tipo de centro
- Comuna
- Región
- Especie

- Dosis
- Unidad de dosis
- Producto farmacéutico
- Enfermedad
- Principio activo
- Fecha inicio tratamiento
- Fecha de término

La base de datos utilizada en este análisis está compuesta por registros que corresponden a prescripciones médico-veterinarias, cada una de ellas asociada a un tratamiento específico indicado para el control de Piscirickettsiosis en centros de cultivo de salmón del Atlántico. Estas prescripciones representan decisiones clínicas tomadas por un médico veterinario, considerando factores como la condición sanitaria del centro, la magnitud del brote y la biomasa afectada. Cada prescripción implica la administración del tratamiento a un número determinado de peces, siendo técnicamente inviable tratar a una cantidad menor a la contenida en una jaula. Por lo tanto, se asume que el tratamiento corresponde, como mínimo, a una jaula completa, aunque puede extenderse al nivel de centro de cultivo si así lo estima el profesional a cargo. Todos los tratamientos incluidos fueron administrados por vía oral, y los datos registrados indican una aproximación acerca del uso operativo de florfenicol en terreno.

Sin embargo, para el análisis se consideran aquellos datos que cumplan con los siguientes criterios:

- Datos de tratamientos en período específico (2019-2023)
- Vía de administración (Oral)
- Región
- Especie (Salmón del Atlántico)
- Enfermedad (Piscirickettsiosis)
- Principio activo (florfenicol)
- Tipo de centro (Agua de mar)
- Dosis



- Unidad de dosis (mg/kg)

Es importante mencionar que, si bien la solicitud fue realizada a nivel nacional, los datos proporcionados por Sernapesca correspondieron únicamente a las regiones de Los Lagos y Aysén.

Respecto de la selección de dosis y de los productos farmacéuticos, se incluyen todas las dosis de florfenicol reportadas sin ninguna exclusión, con el fin de obtener una estimación real de su uso en terreno.

En el caso de los productos farmacéuticos se incluyen únicamente aquellos tratamientos con florfenicol cuya dosis terapéutica corresponde a 10 mg/kg, tal como se describe en sus respectivas fichas técnicas. Esto se realiza para asegurar una homogeneidad en la base de productos analizados y permitir una comparación adecuada entre las dosis utilizadas en terreno y las indicadas oficialmente.

### **3.2. Análisis de datos**

Los datos obtenidos se someten a un análisis descriptivo cuantitativo, para ambas variables de este estudio se calculan medidas de tendencia central y dispersión. Se utiliza el software Microsoft Excel (Microsoft Office LTSC Professional Plus 2021) para los cálculos de datos y la realización de los gráficos.

**3.2.1 Análisis del Objetivo específico 1:** Describir mortalidad generada por *Piscirickettsia salmonis* en centros de salmón Atlántico en los últimos 5 años con datos de Sernapesca.

- a) **Cálculo Biomasa Anual Total:** Para estimar la cantidad anual total de Biomasa de salmónidos, se suman los valores de biomasa mensual cultivada. Esto sirvió como base para los cálculos posteriores.

- b) **Estimación Biomasa de Salmón Del Atlántico:** A partir de la biomasa anual total calculada, se estima cuánta biomasa corresponde a salmón del Atlántico. Para ello, se utiliza proporción de centros marinos por especie, aplicando ese porcentaje sobre la biomasa total. Esto proporciona una estimación numérica de la biomasa de salmón del atlántico cultivado en centros de agua de mar.
- c) **Determinación de Decesos por Enfermedades Infecciosas:** La cantidad calculada de salmón del Atlántico cultivado se asocia con la cantidad de decesos por enfermedades infecciosas de esta misma especie. Mediante un cálculo de los datos reportados, se obtiene así, el número de salmones del Atlántico que murieron a causa de una enfermedad infecciosa.
- d) **Cálculo de Mortalidad por Piscirickettsiosis:** Finalmente, se estima la cantidad de muertes atribuibles a *Piscirickettsia salmonis* aplicando la distribución porcentual de clasificación de mortalidad secundaria al total de decesos por enfermedades infecciosas calculados previamente. Esta distribución porcentual indica el porcentaje de muertes asociado a distintos agentes patógenos.

Así, para cada año del período estudiado, se multiplica el número total de muertes por enfermedades infecciosas por el porcentaje correspondiente a Piscirickettsiosis, lo que permite obtener una estimación numérica anual de la mortalidad específica causada por este microorganismo en salmón del Atlántico cultivado en centros marinos.

**3.2.2 Análisis del Objetivo específico 2:** Analizar las dosis de florfenicol utilizadas en Salmón del Atlántico en el tratamiento de Piscirickettsiosis por vía oral en Chile en los últimos 5 años mediante revisión de bases de datos oficiales de Sernapesca.

A partir de los datos seleccionados, se calculan los promedios anuales de dosis administradas, expresadas en miligramos de florfenicol por kilogramo de peso vivo del pez (mg/kg). Esta unidad representa la cantidad de principio activo que debe administrarse por cada kilo de pez, conforme a lo establecido en las fichas técnicas de los productos veterinarios. El cálculo de la dosis se realiza considerando la biomasa

estimada del centro de cultivo, ya que los tratamientos registrados corresponden a aplicaciones nivel del centro, no de animales individuales. En total, se analizaron 15.745 registros de prescripciones veterinarias orales para florfenicol entre los años 2019 y 2023. Estos valores permiten obtener una visión general del uso del florfenicol a lo largo del período evaluado y facilitan su comparación con la dosis terapéutica de referencia de 10 mg/kg, indicada en los productos autorizados.

### **3.2.3 Datos estadísticos (Medidas de tendencia central y dispersión)**

Una vez recopiladas las dosis registradas de florfenicol en los 5 años, se aplicaron medidas de tendencia central y dispersión para evaluar su comportamiento y variabilidad.

para ambas variables se calculan las siguientes medidas estadísticas:

- **Media:** Se calcula el valor promedio de las mortalidades anuales para cada año y a través de las dosis registradas de florfenicol en los 5 años.
- **Mediana:** Valor central que divide los datos en partes iguales, en el caso del objetivo 1 se selecciona el dato central, mientras que en el objetivo 2, se realiza en base a las dosis registradas de florfenicol.
- **Moda:** Valor número más repetido en las dosis registradas de florfenicol, no existe en el objetivo 1.
- **Rango:** Indica la variabilidad de los datos.
- **Varianza y Desviación estándar:** Que indican cuanta dispersión de datos existió respecto de la media.
- **Coeficiente de variación:** para medir la dispersión relativa de los datos.

## **3.3 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Los resultados de las medidas estadísticas se organizan en dos tablas, una para cada objetivo específico elaboradas en Excel. Para el primer objetivo, el encabezado de las columnas fue “Medida estadística” y “Valor (en Toneladas)”, respectivamente. Mientras

que en los encabezados de fila incluyen: Media, Mediana, Rango , Varianza, Desviación estándar y Coeficiente de variación.

Además, para cada objetivo específico, se incluyen tablas de resumen anual, cuyo objetivo fue detallar los datos calculados o recopilados a lo largo del período, como los decesos estimados en el objetivo 1 o los promedios de dosis anuales para el caso del objetivo específico 2, acompañadas de las respectivas figuras que facilita la visualización de los resultados.

Para el objetivo específico 2, se utiliza el mismo método de encabezados de columna y fila con los mismos nombres, con la diferencia que la medida de “Valor” se expresa en mg/kg. Además, se incorpora una tabla con los antibióticos seleccionados en la base de datos y su dosis descrita en su ficha técnica, para posteriormente, en la discusión, poder comparar estos valores con el promedio anual obtenido.

También, se utilizaron gráficos de barras con el mismo software Excel, para representar visualmente los resultados obtenidos.

Para el objetivo 1, el gráfico de barras describe a través de los 5 años la mortalidad generada por *Piscirickettsia salmonis* asociada al cultivo del Salmón del Atlántico en agua de mar. Aquí, el eje Y representa el número de decesos totales de peces en Toneladas (en miles) y el eje X representa los años.

Para el objetivo específico 2, el gráfico de barras evidencia las cantidades de florfenicol promedio utilizados para el tratamiento de Piscirickettsiosis por cada año, donde el eje Y representa las dosis promedio de florfenicol (mg/kg) mientras que el eje X representa los años.

## 4. RESULTADOS

Objetivo específico 1: Describir la mortalidad generada por *Piscirickettsia salmonis* en centros de salmón del Atlántico en los últimos 5 años con datos de Sernapesca.

Con los informes sanitarios de Sernapesca, se estimaron los decesos anuales del salmón del Atlántico asociados a este patógeno entre los años 2019 y 2023. Para obtener estos datos se consideró: la biomasa total cultivada, la proporción destinada a salmón del atlántico, el porcentaje de mortalidad primaria asociada a decesos por infecciones y, por último, el porcentaje de decesos atribuido a Piscirickettsiosis (SRS).

Los resultados obtenidos por los análisis de informes sanitarios entre los años 2019 y 2023 se presentan en la siguiente tabla 1 y figura 1:

**Tabla 1. Número estimado de decesos de salmónes del atlántico asociado a SRS.**

Año	Biomasa anual cultivada (TON)	Porcentaje destinado al cultivo de salmón Atlántico	Salmón Atlántico cultivado (TON)	% de Mortalidad primaria por enfermedad infecciosa	Decesos de salmónes debido a enf. Infecciosas (TON)	% de decesos por SRS	Decesos de salmónes por SRS (TON)
2019	6.488.032	72%	4.671.383	23%	1.074.418	47%	504.976
2020	6.618.527	70%	4.632.968	24%	1.111.912	47%	522.598
2021	5.372.600	69%	3.707.094	22%	815.560	49%	399.624
2022	5.861.501	70%	4.103.050	23%	943.701	52%	490.724
2023	6.004.096	64%	3.842.621	24%	922.229	44%	405.780

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes sanitarios de Sernapesca.

**Figura 1. Decesos Anuales por *Piscirickettsia salmonis* en salmón del Atlántico 2019-2023**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Sernapesca.

Durante los años comprendidos entre 2019 y 2023, se estimaron los siguientes valores de mortalidad anual atribuida a *Piscirickettsia salmonis* en salmón del Atlántico: en 2019 se obtuvo un total de 504.976 toneladas; en 2020, 522.598 toneladas; en 2021, 399.624 toneladas; en 2022, 490.724 toneladas y en 2023, 405.780 toneladas.

Además, con estos datos finales se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para la mortalidad por *Piscirickettsia salmonis* para analizar el comportamiento y las variables a lo largo de los años. Los resultados se presentan en la siguiente tabla 2:

**Tabla 2. Medidas de tendencia central y dispersión para la mortalidad por *Piscirickettsia salmonis* (2019-2023)**

Medida Estadística	Valor Toneladas
Media	464.741
Mediana	490.725
Moda	Sin moda
Rango	122.974 (desde 399.624 en 2021 hasta 522.598 en 2020)
Varianza	3.339.505.843
Desviación estándar	57.788
Coefficiente de Variación	12.4%

Fuente: elaboración propia

La media obtenida es de 464.741 mil toneladas, este es el promedio de decesos que hubo en este periodo, la mediana, con un resultado de 490.725 mil toneladas, es levemente mayor a la media, por lo que la distribución de los datos está sesgada hacia la izquierda.

En relación con las medidas de dispersión, se obtuvo un rango de 122.974 mil toneladas, correspondiendo a un mínimo de 399.624 toneladas en 2021 y un máximo de 522.598 toneladas en 2020. Este dato refleja la diferencia entre el año con menor y mayor mortalidad por *Piscirickettsia salmonis* en salmón del Atlántico. La varianza calculada tuvo un valor de 3.339.505.843 y la desviación estándar fue de 57.788 toneladas. El coeficiente de variación representa un aproximado de 12.4% de la media, por lo tanto, es bajo, indicando que los datos de mortalidad anuales por SRS tienden a agruparse alrededor del promedio.

Objetivo específico 2: Analizar las dosis de florfenicol utilizadas en Salmón del Atlántico en el tratamiento de Piscirickettsiosis por vía oral en Chile en los últimos 5 años mediante revisión de bases de datos oficiales de Sernapesca.

Para cumplir con el objetivo planteado, primero, se seleccionaron algunos antibióticos (florfenicol) que repiten una misma dosis para el tratamiento de Piscirickettsiosis, esto con el fin de poder hacer comparaciones con la dosis promedio anual de florfenicol, los antibióticos que se seleccionaron se muestran en la siguiente tabla 3:

**Tabla 3. Antibióticos utilizados en esta investigación para el tratamiento de SRS**

Antibiótico	Dosis terapéutica indicada en ficha técnica (mg/kg peso vivo)
Veterin 50%	10 mg/kg
Duflosan 50%	10 mg/kg
Duflosan L 50	10 mg/kg
Florfenicol 50%	10 mg/kg
Aquafen 50%	10 mg/kg
Veterin 80	10 mg/kg

*Fuente: Fichas técnicas aprobadas por el SAG*

Se obtiene el promedio de dosis anual utilizada en salmones del Atlántico, por administración oral y en agua de mar, a continuación, en la siguiente tabla y figura se muestran los resultados obtenidos entre los años 2019 y 2023:

**Tabla 4. Promedio de concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de Piscirickettsiosis entre los años 2019 y 2023.**

Año	Concentración promedio administrada (mg/kg)
2019	17.574
2020	17.837
2021	18.191
2022	18.077
2023	18.777



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de Sernapesca.

**Figura 2. Promedio de concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de Piscirickettsiosis entre los años 2019 y 2023.**



Fuente: elaboración propia a partir de base de datos de Sernapesca.

Durante el periodo de estudio, la dosis promedio de florfenicol administrado por kg de peso vivo fue la siguiente: 17.574 mg/kg en 2019, 17.837 mg/kg en 2020, 18.191 mg/kg en 2021, 18.077 mg/kg en 2022 y 18.777 mg/kg en 2023.

Para analizar con mayor detalle el comportamiento de las concentraciones administradas de florfenicol, se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión sobre el conjunto de datos registrados de tratamientos contra Piscirickettsiosis. Los resultados se muestran en la siguiente tabla a continuación:

**Tabla 5. Medidas de tendencia central y dispersión de la concentración administrada de florfenicol (mg/kg de peso vivo) en tratamientos de Piscirickettsiosis entre 2019 y 2023.**

Medida Estadística	Valor (mg/kg)
Media	18.029
Mediana	20
Moda	20
Rango	25.560 (desde 10 hasta 35.560 mg/kg)
Varianza	8.042
Desviación estándar	2.836
Coefficiente de variación	15.7%

*Fuente: elaboración propia*

La dosis media de florfenicol utilizada fue de 18.028 mg/kg. Mientras, la mediana y moda comparten el mismo valor de 20 mg/kg. Siendo ambos valores mayores a la media, lo que indica que la distribución de los datos está sesgada a la izquierda.

En cuanto a las medidas de dispersión, el rango obtenido fue de 25.560 mg/kg, siendo la amplitud total entre una dosis máxima de 35.560 mg/kg y una mínima de 10 mg/kg. La varianza calculada fue de 8.041 y la desviación estándar de 2.835 mg/kg. Siendo un aproximado de un 15.7% en el coeficiente de variación, con este dato, podemos describir que la mayoría de las dosis se concentran y agrupan alrededor del promedio y la moda.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Discusión del objetivo específico 1

La mortalidad anual atribuida a *Piscirickettsia salmonis* en el período estudiado, no evidencia una tendencia marcada, sino que presenta fluctuaciones interanuales. El coeficiente de variación calculado fue de 12,4%, lo que indica que los datos tienden a agruparse alrededor del promedio, es decir, refleja una estabilidad relativa en el comportamiento de la enfermedad a lo largo del tiempo. Este patrón sugiere una alta persistencia que tiene el patógeno en los centros de cultivo, debido a su naturaleza intracelular (Rojas et al., 2009) y a su capacidad de sobrevivir en condiciones de estrés en ambientes marinos (Rozas y Enríquez, 2013). Además, la limitada eficacia de las vacunas para combatir a este patógeno dificulta su erradicación (Figuroa et al., 2022). Se ha demostrado que *Piscirickettsia salmonis*, bajo condiciones de estrés simuladas con alta salinidad y la limitación de nutrientes, ha sido capaz de formar Biopelículas complejas, por lo tanto, sugiere su persistencia en el ambiente (Marshall et al., 2012). Un estudio técnico del Programa de Gestión Sanitaria en Acuicultura (PGSA) concluye que “los niveles de mortalidad registrada por SRS demuestran la persistencia de un endemismo del agente a lo largo del tiempo” (Bustos et al., 2018).

Esto coincide con lo reportado por Sernapesca en sus informes sanitarios anuales, ya que desde el año 2013 en adelante, la Piscirickettsiosis ha ocupado el primer lugar como la enfermedad infecciosa que más decesos causa en Salmón del Atlántico, mostrando que la persistencia del agente es un desafío sanitario importante para la industria nacional (SERNAPESCA, 2024a). Para controlar su diseminación, Sernapesca implementó en el año 2012 el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de Piscirickettsiosis (SERNAPESCA, 2012), que está centrado en la detección temprana, seguimiento de los casos y aplicación de medidas de control oportunas. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, la enfermedad continúa siendo de difícil manejo y control efectivo (SERNAPESCA, 2012, 2024a).

Aunque la enfermedad se haya comportado de manera estable en el periodo estudiado, no está exenta de provocar brotes en centros de cultivo. Ante fallas operacionales, de gestión o de resistencia antibiótica, los brotes pueden alcanzar valores de mortalidad que van desde un 20-30% hasta un 90%, reflejando su alta letalidad (SERNAPESCA, 2012). Teniendo en cuenta el potencial de este agente para provocar episodios de alta mortalidad, es importante revisar y reforzar las medidas adoptadas para lograr un control más efectivo.

Por último, al comparar la situación de Chile con la de otros países productores de salmónidos como Noruega, se evidencia una notable diferencia en la tasa de mortalidad asociada a Piscirickettsiosis, que alcanza un 0,06% (Fryer & Mael, 1997) demostrando la eficiencia de las medidas implementadas. Estas se caracterizan por sus estrictos protocolos de bioseguridad, aplicación de sistemas eficientes de monitoreo, diagnóstico temprano y una regulación del movimiento de peces entre centros (Olsen et al., 1997). Estos datos contrastan con la realidad nacional, donde el patógeno aún causa un número considerable de decesos, a pesar de la implementación de un programa de vigilancia específico para su control. Esto refuerza la reevaluación y el fortalecimiento de las estrategias de manejo actuales, con mejoras en la bioseguridad y un diagnóstico temprano. Además, la existencia de cepas circulantes altamente patógenas como LF-89 y EM-90 en Chile (Rozas-Serri et al., 2017) añade complejidad a su control.

## **5.2. Discusión del objetivo específico 2**

En relación con el promedio de dosis de florfenicol utilizado entre los años 2019 y 2023, este presenta una leve tendencia ascendente con los años. La mediana y la moda de las dosis comparten el valor de 20mg/kg, siendo mayores que la media de 18.029 mg/kg, ocasionando que haya una distribución de los datos sesgada hacia la izquierda. Además, estos valores son superiores a las dosis indicadas de 10 mg/kg en las fichas técnicas de los productos FF50® (Laboratorio Drag Pharma Chile Invetec S.A. para Farmacología en Acuicultura Veterinaria Fav S.A.[DRAG PHARMA/FAV], 2021).

Según el *Manual de Buenas prácticas en el Uso de Antimicrobianos en Salmonicultura Chilena* (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura [SERNAPESCA], 2021), la normativa chilena establece que los medicamentos veterinarios deben ser utilizados estrictamente conforme a las instrucciones aprobadas (p.26). El órgano encargado del registro, autorización y control de estos medicamentos es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (SERNAPESCA, 2021, p. 22), mientras que Sernapesca regula su aplicación en los centros de cultivo, con el fin de garantizar la salud animal y prevenir la aparición de resistencia antimicrobiana (SERNAPESCA, 2021, p. 23-24, 26).

El manual también contempla el concepto “uso-extra etiqueta”, definido como la utilización de un medicamento en condiciones diferentes a las indicadas en su etiqueta autorizada. Este tipo de uso solo puede ser prescrito por un médico veterinario, y está permitido únicamente bajo condiciones estrictas; por ejemplo, cuando la salud de un animal se encuentre en peligro, exista riesgo de muerte o sufrimiento animal, o cuando la dosis indicada no sea suficiente para obtener una respuesta terapéutica adecuada, y se cuente con evidencia clínica que respalde su eficacia en dosis distintas a las establecidas.

Las posibles causas que expliquen este aumento en la aplicación de la dosis son múltiples. Según un estudio técnico del Programa de Gestión Sanitaria en la Acuicultura (PGSA), encabezado por San Martín (2017) se menciona que alrededor de un 80% de médicos veterinarios ha declarado utilizar dosis 2 veces mayor a la registradas. Aunque no sea posible atribuir a que porcentaje realmente se justifica el uso mayor de dosis, si puede contribuir a que la bacteria desarrolle resistencia a los antimicrobianos (Lozano-Muñoz et al., 2021). Otros factores que inducen a aumentar las dosis son las vacunas actuales, estas no han demostrado la eficacia esperada contra *Piscirickettsiosis* (Figuroa et al., 2022). Por ello los antimicrobianos, siguen siendo el principal tratamiento para la *Piscirickettsiosis* (San Martín et al., 2019).

También se ha descrito que un diagnóstico y tratamiento tardío hace que los peces dejen de comer a medida que progresa una enfermedad bacteriana (Durborow & Francis-Floyd,

1996). Esto puede obligar al uso de dosis mayores de florfenicol para lograr el mismo efecto terapéutico, es por eso que se recomienda a los médicos veterinarios un diagnóstico definitivo antes de iniciar el tratamiento e iniciar la terapia lo más pronto posible (SERNAPESCA, 2021, p. 6).

La resistencia antimicrobiana (RAM) es una consecuencia directa del uso irresponsable o exceso de antibiótico, y constituye una preocupación mundial, ya que tiene impacto sobre la salud pública y la sanidad animal (SERNAPESCA, 2021, p. 31). Además, afecta a los antibióticos más usados en la salmonicultura como el Florfenicol, siendo utilizado en cantidades muy por encima a comparación de otros países productores de Salmón como Noruega, Escocia y Canadá (Lozano-Muñoz et al., 2021). Según el mismo estudio, el salmón infectado por *Piscirickettsia salmonis* responde de forma deficiente al tratamiento con Florfenicol. Esto se debe, en parte a la propiedad intracelular que tiene la bacteria, así el antibiótico no podría alcanzar la concentración necesaria para eliminar o inhibir el patógeno. Otra razón para el uso excesivo es la administración profiláctica antes de recibir un diagnóstico positivo.

Este uso excesivo trae consecuencias como encontrar altos niveles de antimicrobianos en harina de pescado, implicando riesgos para los consumidores, además de la presencia de residuos antimicrobianos en el medio ambiente y otros productos de mar de acuicultura que se puedan consumir sin un tratamiento previo (Lozano-Muñoz et al., 2021).

## 6. CONCLUSIONES

La persistencia de *Piscirickettsia salmonis* en la salmonicultura chilena confirma su posición como agente patógeno prioritario en los centros de cultivo de mar. A pesar de los esfuerzos sanitarios implementados, esta bacteria continúa generando importantes desafíos debido a su capacidad de adaptación, su naturaleza intracelular y la limitada eficacia de las estrategias de control actuales. Esta situación exige reforzar las medidas de prevención, vigilancia temprana y manejo sanitario, con el objetivo de reducir su impacto y avanzar hacia estándares sanitarios más altos, como los observados en países líderes en acuicultura, como Noruega.

En cuanto al uso de florfenicol, se evidencian patrones preocupantes respecto a las dosis aplicadas en el tratamiento de Piscirickettsiosis, las cuales superan lo establecido en las fichas técnicas. Esta tendencia puede deberse a factores como la aplicación extra-etiqueta, el manejo terapéutico tardío, la baja eficacia vacunal y la presión por resultados clínicos rápidos. El uso excesivo del antibiótico podría estar contribuyendo al desarrollo de resistencia antimicrobiana, reduciendo la efectividad de los tratamientos y representando un riesgo potencial para la salud pública y ambiental. Es fundamental asegurar el cumplimiento de la normativa vigente y promover el uso responsable de antimicrobianos. Para finalizar, sería importante abordar más en profundidad el impacto que puede generar el uso de estas altas dosis, en variables como los días de tratamiento y el período de carencia.

## 7. REFERENCIAS

- Almendras, F., & Fuentealba, I. (1997). *Salmonid rickettsial septicemia caused by Piscirickettsia salmonis: A review. Diseases of Aquatic Organisms*, 29, 137-144. <https://doi.org/10.3354/dao029137>
- Bustos, P., Rosenfeld, C., Aguirre, I., Enríquez, R., & Sandoval, Á. (2018). *Informe final epidemiología clínica de Piscirickettsiosis (SRS), Estudio de la Co-ocurrencia de Piscirickettsia salmonis con la infección de Piscine Orthoreovirus/Hsmi, Tenacibaculum sp, Virus de la necrosis pancreática infecciosa (IPNV) y Renibacterium Salmoninarum (BKD) en salmónidos de cultivo en Chile*. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/pgsa-05-informe-final-coocurrencia.pdf>
- Durborow, R., & Francis-Floyd, R. (1996). *Medicated Feed for Food Fish* (SRAC Publication No. 473). Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). <https://www.ncrac.org/files/inline-files/SRAC0473.pdf>
- Evelyn, T. P. T., Kent, M. L., Poppe, T. T., & Bustos, P. (1998). Salmonid rickettsial septicemia. En M. L. Kent & T. T. Poppe (Eds.), *Diseases of Seawater Netpen-Reared Salmonid Fishes* (pp. 31-33). Dept. Fisheries and Oceans.
- Figuroa, C., Torrealba, D., Morales-Lange, B., Mercado, L., Dixon, B., Conejeros, P., & Gallardo, J. (2022). *Commercial Vaccines Do Not Confer Protection against Two Genogroups of Piscirickettsia salmonis, LF-89 and EM-90, in Atlantic Salmon*. *Biology*, 11(7), 993. <https://doi.org/10.3390/biology11070993>
- Fryer JL, Hedrick RP. *Piscirickettsia salmonis: a Gram-negative intracellular bacterial pathogen of fish*. *J Fish Dis*. 2003 May;26(5):251-62. doi:10.1046/j.1365-2761.2003.00460.x
- Fryer, J. L., & Mael, M. J. (1997). *The rickettsia: An emerging group of pathogens in fish*. *Emerging Infectious Diseases*, 3(2), 137-144. <https://doi.org/10.3201/eid0302.970206>
- Fryer, J., Lannan, C., Giovannoni, S., & Wood, N. (1992). *Piscirickettsia salmonis: Gen. nov., sp. nov., the causative agent of an epizootic disease in salmonid fishes*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 42(1), 120-126. <https://doi.org/10.1099/00207713-42-1-120>
- Laboratorio Drag Pharma Chile Invetec S.A. para Farmacología en Acuicultura Veterinaria Fav S.A. (2021). *Ficha Técnica: FF-50® Florfenicol 50% Polvo Oral*



[https://medicamentos.sag.gob.cl/\\_CARGAS/ETIQUETAS/1598.pdf](https://medicamentos.sag.gob.cl/_CARGAS/ETIQUETAS/1598.pdf)

- Lozano-Muñoz, I., Wacyk, J., Kretschmer, C., Vásquez-Martínez, Y., & Cortez-San Martín, M. (2021). *Antimicrobial resistance in Chilean marine-farmed salmon: Improving food safety through One Health*. *One Health*, 12, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100219>
- Marshall, S., Gómez, F., Ramírez, R., Nilo, L., & Henríquez, V. (2012). *Biofilm generation by *Piscirickettsia salmonis* under growth stress conditions: a putative in vivo survival/persistence strategy in marine environments*. *Research in Microbiology*, 163(8), 557-566. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2012.08.002>
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2011). Decreto N°56. Modifica Reglamento que establece las medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1029574>
- Olsen, A., Melby, H., Speilberg, L., Evensen, O., & Hastein, T. (1997). *Piscirickettsia salmonis* infection in Atlantic salmon *Salmo salar* in Norway—Epidemiological, pathological and microbiological findings. *Diseases of Aquatic Organisms*, 31, 35-48. <https://doi.org/10.3354/dao031035>
- Rojas, V., Galanti, N., Bols, N., & Marshall, S. (2009). *Productive infection of *Piscirickettsia salmonis* in macrophages and monocyte-like cells from rainbow trout, a possible survival strategy*. *Journal of Cellular Biochemistry*, 108(1), 227-237. <https://doi.org/10.1002/jcb.22295>
- Rozas, M., & Enríquez, R. (2014). *Piscirickettsiosis and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review*. *Journal of Fish Diseases*, 37(3), 163-188. <https://doi.org/10.1111/jfd.12211>
- Rozas-Serri, M., Ildefonso, R., Peña, A., Enríquez, R., Barrientos, S., & Maldonado, L. (2017). *Comparative pathogenesis of *Piscirickettsiosis* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolt experimentally challenged with LF-89-like and EM-90-like *Piscirickettsia salmonis* isolates*. *Journal of Fish Diseases*, 41(1), 169-178. <https://doi.org/10.1111/jfd.12671>
- San Martín, B. (2017). *Establecer las bases para el buen uso de antibióticos en la salmonicultura*. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/pgsa-17-establecer-las-bases-para-el-buen-uso-de-antibioticos-en-la-salmonicultura-1.pdf>
- San Martín, B., Fresno, M., Cornejo, J., Godoy, M., Ibarra, R., Vidal, R., Araneda, M., Anadón, A., y Lapierre, L. (2019). *Optimization of florfenicol dose against*

*Piscirickettsia salmonis* in *Salmo salar* through PK/PD studies. PLoS One, 14(5), e0215174. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215174>

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2012). Resolución Exenta N° 3174: Establece programa sanitario específico de vigilancia y control de la piscirickettsiosis para la acuicultura. [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/10/resex\\_3174\\_2012.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/10/resex_3174_2012.pdf)

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2015). *Manual de Buenas Prácticas en el Uso de Antimicrobianos y Antiparasitarios en Salmonicultura Chilena*. (3a ed.). [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/manual\\_de\\_buenas\\_practicas.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/manual_de_buenas_practicas.pdf)

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2021). *Manual de Buenas Prácticas en el Uso de Antimicrobianos en Salmonicultura Chilena*. [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/manual\\_de\\_buenas\\_practicas\\_20210217.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/manual_de_buenas_practicas_20210217.pdf)

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2021). *Manual de buenas prácticas: Aspectos generales en el uso de antimicrobianos*. [https://www.sernapesca.cl/manuales\\_y\\_publicaciones/manual-de-buenas-practicas/](https://www.sernapesca.cl/manuales_y_publicaciones/manual-de-buenas-practicas/).

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2024a). *Informe sanitario 2023*. <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2024/09/Informe-Sanitario-ANO-2023.pdf>

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). (2024b). *Informe Sobre el uso de Antimicrobianos y Antiparasitarios en la Salmonicultura Nacional-Año 2023*. [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2024/06/Informe-sobre-el-uso-de-antimicrobianos-y-antiparasitarios-en-la-salmonicultura-nacional-Ano-2023\\_v20240606.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2024/06/Informe-sobre-el-uso-de-antimicrobianos-y-antiparasitarios-en-la-salmonicultura-nacional-Ano-2023_v20240606.pdf)

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. (2023). *PGSA 17: Establecer las bases para el buen uso de antibióticos en la salmonicultura*. <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/pgsa-17-establecer-las-bases-para-el-buen-uso-de-antibioticos-en-la-salmonicultura-1.pdf>

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. (s.f.). *Nuestro Compromiso*. <https://www.sernapesca.cl/nuestro-compromiso/>

Smith PA, Pizarro P, Ojeda P, Contreras J, Oyanedel S, Larenas J (1999) *Routes of entry of Piscirickettsia salmonis in rainbow trout Oncorhynchus mykiss*. Dis Aquat Org 37:165-172 <https://doi.org/10.3354/dao037165>

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA). (s.f.). *Introducción a la Acuicultura*.  
<https://www.subpesca.cl/portal/publicaciones//7131:Introduccion-a-la-Acuicultura>

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2013). ESTABLECE CLASIFICACIÓN DE  
ENFERMEDADES DE ALTO RIESGO.  
[https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-80703\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-80703_documento.pdf)