

28-11-2016

# INFORME FINAL

## FIP 2014-63

BALVI CHILE LIMITADA



## 1 Presentación de autores por función o tema desarrollado.

Luis Pablo Hervé (MV, MPVM, PhD) ha coordinado el trabajo de los consultores, con especial foco en el equipo de epidemiólogos involucrados en el proyecto. Trabaja en estrecha relación con Marcelo Hervé F. en lo relativo a los avances y productos esperados y comprometidos en la Carta Gantt y propuesta técnica.

Marcelo Hervé F. (MV) ha coordinado las actividades y versiones de los informes, así como los requerimientos formales de cartas, reuniones y envío de informes. Trabaja en estrecha relación con Luis Pablo Hervé en lo relativo a los avances y productos esperados y comprometidos en la Carta Gantt y propuesta técnica.

Christopher Hamilton-West (MV, MSc, PhD) ha estado involucrado en el diseño conceptual y formulación del modelo epidemiológico para SRS. Para esto, ha participado en la revisión sistemática del estado del arte en la modelación de enfermedades animales en ambientes acuáticos y los factores de riesgo asociados con SRS y otras enfermedades que afectan a salmones de cultivo. A partir de esta revisión es que se diseñó y distribuyó un '*template*' con la información a solicitar a Sernapesca, de forma de 'alimentar' el modelo epidemiológico. Asimismo, ha participado en reuniones de presentación de avances del proyecto a la contraparte y en reuniones internas con el equipo de BALVI. Participó en el desarrollo de los análisis descriptivos de los datos, caracterizando los brotes de SRS y generando análisis univariados para todas las variables determinadas como de relevancia epidemiológica. Participó en la creación del Informe de Pre Final.

Fernando O Mardones (MV, MPVM, PhD) ha estado involucrado en el diseño preliminar y formulación del modelo epidemiológico SRS. En esta etapa, ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica relacionada con la modelación de enfermedades en ambientes acuáticos y los factores de riesgo asociados con SRS y otras enfermedades que afectan a salmones de cultivo. A partir de esta revisión es que se diseñó y distribuyó un '*template*' con la información a solicitar a Sernapesca, de forma de 'alimentar' el modelo epidemiológico. Paralelamente, ha georeferenciado la información de los centros de cultivo de las macrozonas en estudio, generando la matriz necesaria para llevar a cabo análisis espaciales y espacio-temporales. Construyó el modelo epidemiológico final, incluyendo las iteraciones y análisis de resultados de dicha herramienta. Participó en la creación del Informe de Pre Final.

Bartolomé Rodillo Pérez, en el ámbito de las tareas requeridas para el informe Pre Final, participó en la elaboración del diseño conceptual del programa computacional, basado en el modelo epidemiológico desarrollado, integrando los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial analizados. Se realizaron principalmente las actividades de diseño conceptual del software, análisis de requerimientos, generación de presupuesto estimado de implementación de futuro modelo y generación de bases de datos para entrega de acuerdo a lo estipulado en las bases. Participó en la creación del Informe de Pre Final.

## 2 Resumen ejecutivo.

Este proyecto, de acuerdo a las bases técnicas y administrativas, generó un modelo epidemiológico para enfermedades de alto riesgo (EAR) en la acuicultura chilena, con foco en *Piscirickettsia salmonis* (SRS). Con este objetivo se reunió un equipo de expertos en dos áreas claves: la epidemiología veterinaria y las ciencias informáticas.

En definitiva, se acordó la enfermedad a abordar (la piscirickettsiosis), en las macrozonas donde se ha recopilado información de buena calidad en los últimos tres años (MZ 3 y 6), lo que incluyó a las regiones de Los Lagos y de Aysén. Asimismo, se identificaron las variables requeridas y disponibles para la realización del modelo. El equipo logró obtener las autorizaciones de confidencialidad necesarias para el envío de los datos, los que fueron recibidos con algunas observaciones. Los análisis y descripción de los datos permitieron identificar dos variables de relevancia para un futuro modelo: los manejos estresantes (tales como los baños aplicados para manejar caligus y vacunaciones) y la especie de salmónido. La prevalencia varió entre un 8,8 y 65%. Acto seguido se construyó un modelo transicional SLIR para describir los brotes, utilizando la información disponible de calidad y cantidad suficiente para representar de buena manera la producción chilena en el período en estudio, incluyendo variables productivas. El modelo obtuvo un ajuste adecuado, presentándose este como una alternativa real y útil para describir los brotes de SRS en las áreas incorporadas en el estudio.

Finalmente, el consultor informático identificó la estructura y potencial calidad de los datos disponibles, permitiendo generar una idea global del tipo de requerimientos necesarios para generar el modelo de datos y las bases para una futura implementación de este. En base a dicha identificación y tras la creación del modelo, se presentan los futuros requerimientos para la creación del software en sus distintas etapas.



### 3 Índice General

1	Presentación de autores por función o tema desarrollado.....	3
2	Resumen ejecutivo.....	4
3	Índice General.....	5
4	Índice de tablas y figuras .....	6
5	Índice de anexos .....	7
6	Objetivo general .....	8
7	Objetivos específicos .....	8
7.1	Objetivo específico 1 .....	8
7.2	Objetivo específico 2 .....	9
7.3	Objetivo específico 3 .....	9
8	Antecedentes .....	10
9	Metodología de trabajo .....	12
9.1	Objetivo específico N°1 (Modificado) .....	12
9.1.1	Caracterización de focos e identificación de factores de riesgo para SRS + Solicitud de variables de relevancia + Validación y limpieza de datos .....	12
9.1.2	Estimación de parámetros epidemiológicos para la construcción del modelo SRS ....	17
9.1.3	Análisis espacio temporal .....	20
9.1.4	Modelo Epidemiológico SLIR + Figuras.....	21
9.2	Objetivo específico N°2 .....	24
9.3	Objetivo específico N°3 .....	26
9.3.1	Revisión Bibliográfica.....	27
9.3.2	Conclusiones de la revisión bibliográfica. ....	27
9.3.3	Revisión técnica de los sistemas informáticos utilizados por la Autoridad Sectorial .....	28
9.3.4	Conclusiones de la revisión técnica .....	28
9.3.5	Consideraciones de diseño .....	29
10	Resultados .....	30
10.1	Resultado 5.1 Modelo Epidemiológico (Objetivo específico N°1) .....	30
10.1.1	Caracterización de focos e identificación de factores de riesgo para SRS + Solicitud de variables de relevancia + Validación y limpieza de datos .....	30
10.1.2	Información de centros de cultivo que están incluidos en las MZ 3 y 6. ....	31
10.1.3	Estimación de parámetros epidemiológicos para la construcción del modelo SRS ....	35
10.1.4	Estimación del número básico de reproducción ( $R_0$ ).....	42
10.1.5	Modelo Epidemiológico SLIR.....	42
10.2	Resultado 5.2 Manual e instructivo .....	49
10.3	Resultado 5.3 Transferencia de resultados y taller .....	56
10.4	Resultado 5.4 Diseño conceptual (Objetivo específico N°3) .....	57
10.5	Resultado 5.5 Estimación de costos .....	87
10.6	Resultado 5.6 Biblioteca digital.....	88
10.7	Resultado 5.7 Resumen del proyecto en inglés .....	89
10.8	Resultado 5.8 Borrador de publicación científica .....	90
11	Análisis y discusión de resultados.....	112
12	Conclusiones.....	116
13	Referencias bibliográficas .....	117
14	Anexos .....	121
14.1	Anexos relacionados al punto 4.7c de las Bases Técnicas.....	121
14.1.1	Base de datos del proyecto .....	121
14.2	Otros Anexos.....	124
14.2.1	Cartas enviadas y convenios firmados .....	124
14.2.2	Carta Gantt Vigente (Modificación aceptada en Informe de Avance N°2). ....	132
14.2.3	Minuta de Actividades .....	133

14.2.4	Personal participante por actividad.....	153
14.2.5	Datos solicitados y su justificación .....	154
14.2.6	Lista de referencias adjuntas en CD de entrega .....	154
14.2.7	Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 3 en la región de Los Lagos a enero de 2016. ....	155
14.2.8	Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 6 en la región de Aysén a enero de 2016.....	159

#### 4 Índice de tablas y figuras

Tabla N° 1.	Justificación de solicitud de datos para desarrollo de modelo predictivo para SRS. ....	16
Tabla N° 2.	Número de centros de cultivo en un radio variable de kilómetros para cada Macrozonas en estudio, y la distancia mínima promedio.....	34
Tabla N° 3.	Parámetros del modelo: interpretación biológica y valores. ....	35
Tabla N° 4.	Clústeres espacio-temporales identificados en las regiones de estudio. ....	41
Figura N° 1.	Representación esquemática de los componentes del modelo epidemiológico a incluir en su conceptualización. ....	14
Figura N° 2.	Esquema que captura la heterogeneidad de aquellos centros susceptibles e infecciosos. ....	19
Figura N° 3.	Ubicación espacial de centros de cultivo en la MZ 3, en la región de Los Lagos.....	32
Figura N° 4.	Ubicación espacial de centros de cultivo en la MZ 6, en la región de Aysén. ....	33
Figura N° 5.	Estimación del parámetro de tasa de siembra que muestra el ajuste entre lo empírico (observado) y teórico. En este caso, la variable continua que determina la tasa de siembra, aparece como mejor ajustada por una distribución de tipo LogNormal. ....	35
Figura N° 6.	Ajuste de distribución para parámetro de tasa de siembra. La figura muestra el ajuste entre lo empírico (observado) y teórico. En este caso, la variable discreta que determina la tasa de siembra, aparece como mejor ajustada por una distribución de tipo Binomial Negativa (parámetros $x=2.7$ y $\mu=3.51$ ). ....	36
Figura N° 7.	Comparación de ajuste de distribuciones para la tasa de incidencia (p). La función probabilística que define una distribución de Weibull fue la mejor ajustó los datos observados. ....	37
Figura N° 8.	Distribución de Weibull ajustada para la mortalidad total por centro a nivel mensual. ..	38
Figura N° 9.	Comparación de ajuste de distribuciones para la mortalidad específica por SRS. La función probabilística que define una distribución de Lognormal fue la mejor ajustó los datos observados.....	39
Figura N° 10.	Comparación de ajuste de distribuciones para la tasa de cosecha en ambas regiones. La función probabilística que define una distribución de Gamma fue la mejor ajustó los datos observados.....	40
Figura N° 11.	Clúster 1 espacio-temporal en macrozona 6 de la Undécima Región. ....	41
Figura N° 12.	Clúster 2 espacio-temporal en macrozona 3 de la Décima Región. ....	42
Figura N° 13.	Resultados del análisis de sensibilidad .....	43
Figura N° 14.	Curvas epidémicas para ambas regiones y tasa de incidencia para periodo de estudio (izquierda). Ajuste temporal de función de densidad para ambas regiones (derecha). ....	45
Figura N° 15.	Modelo SLIR y predicciones con respecto al número de compartimentos durante el periodo de estudio asumiendo la introducción de 3 centros infectados en una población de 230 centros. Estimación a partir de un valor de $R_0 = 1.2$ . ....	45
Figura N° 16.	Proporción estimada de centros infectados durante el periodo de estudio (izquierda). A la derecha se visualiza la relación entre la proporción esperada de centros susceptibles e infectados según el modelo. ....	46
Figura N° 17.	Relación entre la proporción de centros infectados (puntos) versus el número observado de casos (línea roja).....	46
Figura N° 18.	Funciones de autocorrelación para el análisis de serie de tiempo entre el número de centros infectados (modelado) y el número de centros observados (real).....	47
Figura N° 19.	Mapa de contorno que permite evaluar la periodicidad del modelo con respecto a la proporción de centros infectados de SRS. ....	47
Figura N° 20.	Parámetros del modelo SLIR SRS y su equivalencia con algunas medidas de intervención que son posibles de evaluar de acuerdo al análisis de sensibilidad.....	48

## 5 Índice de anexos

<b>14 Anexos</b>	121
14.1 Anexos relacionados al punto 4.7c de las Bases Técnicas	121
14.1.1 Base de datos del proyecto	121
14.2 Otros Anexos	124
14.2.1 Cartas enviadas y convenios firmados	124
14.2.2 Carta Gantt Vigente (Modificación aceptada en Informe de Avance N°2).	132
14.2.3 Minuta de Actividades	133
14.2.4 Personal participante por actividad	153
14.2.5 Datos solicitados y su justificación	154
14.2.6 Lista de referencias adjuntas en CD de entrega	154
14.2.7 Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 3 en la región de Los Lagos a enero de 2016.	155
14.2.8 Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 6 en la región de Aysén a enero de 2016.	159

## 6 Objetivo general

Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico que permita predecir el comportamiento sanitario de las agrupaciones de concesiones de especies salmónidas, revisando antecedentes de las enfermedades de alto riesgo (EAR) ligadas a la acuicultura, basados en las legislaciones actuales.

## 7 Objetivos específicos

### 7.1 Objetivo específico 1

Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico productivo que se ajuste a la realidad nacional, considerando la información sanitaria, ambiental y productiva disponible.

De acuerdo a lo solicitado en el Informe de Evaluación Técnica de "Informes Corregidos", en sección II. Evaluación, 2) Aspectos de contenido, a) Desarrollo del Proyecto, Comentario 2 en relación al Objetivo Específico N° 1, se solicita incorporar los cambios acordados a los objetivos y la metodología.

El nuevo objetivo específico N°1 Modificado:

Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico productivo para *Piscirickettsia salmonis* (SRS) que se ajuste a la realidad nacional, considerando la información disponible de las macrozonas 3 y 6.

Existen importantes diferencias en la epidemiología de ISA, SRS y Caligidosis. Si bien el desarrollo de un modelo genérico fue una opción discutida *a priori*, se estimó que sería más beneficioso focalizar el trabajo en el desarrollo de un modelo específico para una de las enfermedades previamente mencionadas, generando de tal forma, una herramienta que sea más beneficiosa para la toma de decisiones por parte de la autoridad sanitaria. Según antecedentes presentados en el informe N°1, se definió la realización de un modelo explicativo, para la enfermedad piscirickettsiosis (SRS). Esta aproximación (selección de enfermedad y tipo de modelo a realizar), se tomó en conjunto a las contrapartes de Subpesca, Sernapesca y del FIP. El sustento de esta determinación se basó en resultados sobre la evaluación de criterios técnicos, tales como la situación sanitaria del país, cantidad y calidad de información disponible, experiencias existentes en otros países, objetivos del modelo, parsimonia, especies susceptibles, entre otros. La justificación de las variables se realizó solo para SRS, ya que, como se explica y acuerda previamente, el modelo será específico para SRS.

A pesar de la importancia que reviste la piscirickettsiosis para la industria productora de salmón en Chile, no existe un acabado conocimiento sobre la epidemiología de la enfermedad. Por ejemplo, se desconoce cuáles son los factores que predisponen a la presentación de la enfermedad. Sin embargo, puede considerarse que eventos relevantes para la presentación de otras enfermedades que afectan a salmónidos, como por ejemplo el estrés dado por condiciones ambientales o de manejo, puede influir en la presentación de alguna enfermedad (Yatabe, et al., 2011; Fevolden et al., 1992; Fevolden 1993). Es por esto, que dichos elementos deben evaluarse para identificar si corresponden a factores de riesgo para piscirickettsiosis, lo que es un

elemento esencial para el desarrollo de modelos epidemiológicos (Georgiadis, et al 2001). Si bien no existe conocimiento de estudios publicados y enfocados en determinar factores de riesgo relacionados específicamente con el estrés y la presentación de SRS, la relación entre huésped, patógeno y medio ambiente ha reconocido por mucho tiempo el rol del estrés y su función en la dinámica de otras enfermedades tanto en peces de cultivo como silvestres (Fevolden et al., 1992; Fevolden 1993).

Las variables solicitadas se relacionan con la información disponible en los programas de control y vigilancia establecidos para SRS, por parte de Sernapesca, donde también se recogen datos productivos. Asimismo, se consideraron datos del programa de vigilancia de caligidosis y de tratamientos contra otras enfermedades, ya que la presencia de otras enfermedades o manejos que pueden estresar a los peces, pueden aumentar la susceptibilidad a SRS. Complementariamente, se consideraron datos sobre la ubicación espacial de los centros de cultivo, lo cual permite generar nuevas variables, considerando relaciones espaciales de los diferentes centros de cultivo. Asimismo, se solicitó una serie de variables ambientales, las cuales no estuvieron disponibles para el estudio. Asimismo, se profundiza la justificación de la selección de las variables en el anexo 14.2.4 (carta enviada a Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura).

Como en todo modelo de simulación de enfermedades, siempre existe un riesgo de no lograr representar la 'realidad' de lo observado. Esto es una premisa que ha sido reconocida por todos los esfuerzos de modelación a nivel mundial, y es producto de la estocasticidad e incertidumbre propia de estos fenómenos biológicos. Sin embargo, el modelo será capaz de garantizar muchos aspectos que tienen que ver con la realidad productiva y que podrán ser evaluadas en futuras implementaciones. Por ejemplo, una extensión natural del modelo propuesto será la representación espacial de los centros de cultivo y de esta forma evaluar el rol que juega la constitución de los distintos barrios según el número de centros de cultivo y sus distancias, cuyo efecto podría determinar una mayor tasa de incidencia de centros con SRS. Adicionalmente, el modelo permitirá evaluar un aumento o disminución de las tasas de siembras y de cosecha en una ACS, el aumento o la disminución de la duración de la ventana de subclínico y de infecciosidad de *P. salmonis*, y el efecto de tratamientos antibacterianos, entre otros. Todas estas medidas de control son 'realistas' y permitirán evaluar en forma individual y en conjunto su implementación. Este modelo es, además, adaptable a otras EARs, en la medida que los parámetros específicos de una EAR sean bien definidos a partir de futuras revisiones bibliográficas o estudios experimentales.

En el Anexo 14.3 "Carta solicitud de información de la Consultora", 29-09-2015, se incluye la justificación de variables solicitadas, se explicitan las variables y se relaciona a éstas con el modelo acordado con la contraparte técnica.

## 7.2 Objetivo específico 2

Validar el modelo epidemiológico desarrollado.

## 7.3 Objetivo específico 3

Elaborar el diseño conceptual de un programa computacional, basado en dicho modelo epidemiológico, que integre los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial.

## 8 Antecedentes

La acuicultura es el sector de producción de alimentos de origen animal que ha experimentado la mayor rapidez en crecimiento a nivel mundial, siendo la fuente de diversos productos para el consumo humano. Sin embargo, el desarrollo del sector acuícola se ve amenazado por la presencia de enfermedades, las que son reconocidas como la principal limitante para el desarrollo de este sector (Subasinghe et al., 2005).

En Chile, el sector acuícola ha experimentado un importante desarrollo y se ha consolidado como un rubro importante dentro de la economía chilena desde sus inicios de la década de los 80s (Lannan and Fryer, 1993). Sin lugar a dudas, el cultivo de especies salmónidas ha liderado la producción, lo que se refleja principalmente en su volumen de cosecha y valores de exportación. Entre las principales amenazas sanitarias que ha experimentado la salmonicultura nacional, se puede mencionar al virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv), a la infestación causada por *Caligus rogercresseyi* (Caligidosis) y a la infección causada por *Piscirickettsia salmonis* (piscirickettsiosis o septicemia rickettsial salmonídea, o SRS), como ejemplo de enfermedades virales, parasitarias y bacterianas respectivamente (Asche et al., 2009; Fryer and Hedrick 2003; Hamilton-West, et al., 2012; ).

Los primeros antecedentes de piscirickettsiosis se remontan al año 1989, donde la enfermedad se reporta en centros de cultivo de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) mantenidos en la Región de Los Lagos. Sin embargo, solo en el año 1992 se logra la identificación del agente infeccioso causante de la enfermedad, el cual se describe como una nueva especie de bacteria, que entre sus características se encuentra ser gram negativa, intracelular, inmóvil, aeróbica, poseer forma cocoide, con un diámetro que va de 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$ , observada a menudo como anillos pares de forma curva (Fryer et al., 1992; Fryer and Hedrick 2003).

En cuanto a la presentación de la enfermedad, se describe como una patología principalmente de mar y estuario, cuyos primeros signos pueden identificarse entre las 6 a 12 semanas después de la siembra de peces en el mar. La mortalidad causada por la enfermedad puede variar entre el 30 y el 90% de los peces (Fryer and Hedrick 2003). Sin embargo, en 1993 se reporta un brote de la enfermedad en una piscicultura ubicada en el Lago Llanquihue (Bravo, 1994) .

Experimentalmente se ha demostrado la transmisión de *P. salmonis* por vías vertical y horizontal. Asimismo, se ha descrito experimentalmente la infección por las vías intraperitoneal, oral y a través de las branquias, demostrándose que *P. salmonis* es capaz de penetrar piel y branquias intactas, aún en ausencia de vectores (Almendras et al., 1997; Smith et al., 1999; Larenas et al., 2003). Además, se describe que la bacteria se elimina por bilis, heces, orina y de peces infectados, con o sin signos clínicos de la enfermedad (Rozas and Henríquez, 2014) y que la sobrevivencia del patógeno en agua de mar puede llegar hasta los 50 días (Olivares and Marshall, 2010).

En la actualidad, la piscirickettsiosis se encuentra diseminada prácticamente en toda la zona de producción de salmónes en Chile, afectando a todas las especies de

salmónidos cultivados. Como respuesta, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), ha implementado el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Piscirickettsiosis, con el objetivo disminuir el impacto de la enfermedad a través de la detección temprana y seguimiento de casos, aplicando medidas de control oportunas y graduales (Chile, 2012).

La gestión sanitaria, tanto para la prevención, control y erradicación de enfermedades que afectan a recursos hidrobiológicos, como aquella que se realiza en situaciones de emergencia sanitaria, no puede improvisarse. Para esto, un elemento clave son los modelos epidemiológicos de diseminación de enfermedades. Estos modelos representan una herramienta clave en la gestión sanitaria en países desarrollados, permitiendo implementar, entre otros, respuestas tempranas frente a eventos sanitarios, optimizar la distribución de recursos, tanto económicos, como humanos; probar diferentes herramientas para la prevención o el control de enfermedades en una escala temporal muchas veces menor y a un costo más bajo que un ensayo de campo

La presente propuesta busca desarrollar un modelo que permita optimizar la gestión sanitaria en la acuicultura nacional, aplicado a las enfermedades de alto riesgo, en macrozonas o barrios. La propuesta es elaborada por un equipo técnico del más alto nivel, considerando como eje central la epidemiología de las enfermedades de alto riesgo y utilizando herramientas tecnológicas de primer nivel. El equipo presenta una gran experiencia en epidemiología de enfermedades de especies hidrobiológicas, el desarrollo de modelos epidemiológicos de enfermedades animales y en desarrollo de sistemas de información, tanto a nivel nacional, como internacional.

Este estudio considera la utilización de datos de las macrozonas 3 y 6. Las Macrozonas (MZ) 3 y 6 las MZ 3 y 6 fueron definidas como las áreas de estudio. Dentro de las justificaciones radicó la mayor disponibilidad y calidad de la información epidemiológica, además de manifestar una dinámica en la epidemiología del SRS consistente a lo que ocurre a nivel nacional. Ciertos indicadores espaciales fueron trascendentales para comprender el comportamiento espacial de la diseminación de *P. salmonis* entre centros de cultivo.

## 9 Metodología de trabajo

Se realizó una revisión bibliográfica de modelos epidemiológicos utilizados en medicina veterinaria, tanto en animales terrestres como acuáticos. Adicionalmente, se revisó el sistema productivo chileno, los programas de vigilancia de enfermedades, la metodología y las características de la información capturada y disponible por parte de la autoridad sectorial.

### 9.1 Objetivo específico N°1 (Modificado)

Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico productivo para *Piscirickettsia salmonis* (SRS) que se ajuste a la realidad nacional, considerando la información disponible de las macrozonas 3 y 6 en el período en estudio.

#### 9.1.1 Caracterización de focos e identificación de factores de riesgo para SRS + Solicitud de variables de relevancia + Validación y limpieza de datos

En primer lugar, se revisó el estado del arte en cuanto al desarrollo de modelos epidemiológicos de presentación de las enfermedades de alto riesgo (EAR), definidas por la normativa nacional. Con la información recopilada se obtuvo el primer producto, que dice relación con el conocimiento que existe sobre las condiciones de presentación y diseminación de las EAR o de las brechas que se puedan identificar en esta materia.

Se generó una caracterización de los ciclos productivos y de la cadena de valor de la producción de salmones a nivel de macrozonas y barrios. De este modo, se pudo asegurar que la predicción del modelo se relacionase con el ciclo y periodo productivo y con las características propias de cada especie. Se realizó una identificación de los componentes ambientales identificados como elementos de riesgo para la presentación de EAR. Asimismo, se identificaron las posibles fuentes de información de estas variables ambientales, para su incorporación en el modelo.

Junto a la contraparte, se identificaron todos los sistemas de información que puedan proveer de datos sanitarios y productivos, priorizando aquellos utilizados por la autoridad sectorial. El consultor consideró que la predicción del modelo debe ser de acuerdo al ciclo y periodo productivo, con las características propias de cada especie. Por esta razón (naturaleza predictiva del modelo), es que se representó en la forma más certera posible, las complejidades del sistema y heterogeneidad a nivel poblacional.

Como caso de SRS, se definió al ciclo productivo que presentó un nivel de mortalidad semanal asociado a la enfermedad, igual o superior a 0,35%, en concordancia con los límites establecidos por Sernapesca.

El modelo fue capaz de predecir el comportamiento sanitario de las agrupaciones de concesiones, en las macrozonas en diferentes escenarios productivos (tomando como base los resultados de los centros individuales de cultivo). Por esto, se requirió



de distintos modelos que capturasen la dinámica de SRS a nivel de centro de cultivo y su transmisión local, para luego escalar a nivel de Macrozonas.

Se utilizó los sistemas informáticos de captura de datos utilizados por la autoridad sectorial. El equipo de trabajo tiene amplia experiencia en el trabajo con la información reportada por las distintas empresas hacia la Autoridad y el gremio. En primer lugar, la información georeferenciada (ubicación de las unidades productivas) permitió desarrollar un modelo de tipo espacial. Segundo, la información productiva disponible permitió capturar las características demográficas (ingresos, egresos, número de peces, biomasa, etc.) las cuales cambian en el tiempo, y que, junto a ciertas características ambientales y oceanográficas, permitieron agregar el componente temporal del modelo. Finalmente, la información sanitaria, que incluyen las actividades de vigilancia epidemiológica, permitió comprender e incluir en el modelo el comportamiento de aquellas enfermedades más prevalentes y la forma en que ellas se transmiten en forma local (transmisión local), enfocado en SRS.

Otro tipo de información que apareció como muy relevante, es la de contacto entre centros de cultivo y agrupación de concesiones, tales como movimientos de wellboats (siembra, cosecha), movimientos de barcas para el retiro de la mortalidad o entrega de alimentos, etc. Este tipo de información permitió vincular los aspectos espaciales, temporales, ambientales y sanitarios, con aquellos de las redes de contacto. Estas redes explicaron una parte importante de la transmisión indirecta o aquel producto de la participación de fomites. Al respecto, existe una abundante literatura científica que permite comprender los mecanismos esenciales en la transmisión de muchas enfermedades infecciosas (Grassly and Fraser, 2008; Werkman et al., 2011; Siettos and Russo, 2013).

La Figura 1 representó los elementos considerados en el desarrollo de un modelo epidemiológico. Los centros de cultivo fueron categorizados de acuerdo a su estatus de infección de una EAR. Estos estados son de susceptibilidad (S), Infecciosidad (I) y remoción (R). Antes de la incursión de una EAR en la industria, todos los centros de cultivo son susceptibles de ser infectados por una EAR. Ante la aparición de mortalidad de peces cuya causa es atribuible a *P. salmonis*, se asume que ese centro de cultivo y todas sus unidades (por ejemplo, jaulas) permanecen infectadas por un periodo de tiempo variable. Durante este periodo, el centro de cultivo tiene la capacidad de infectar a otros centros de cultivo, que están en un estado de susceptibilidad. En este estudio, se asume que una vez que un centro de cultivo se infecta, mantiene ese potencial de infectividad a otros centros hasta que es completamente eliminado o cosechado. Una vez que el centro infeccioso es eliminado, progresa a la siguiente categoría que corresponde al de removido o cosechado (R). La suma entre  $S + I + R$  determinó la cantidad total de centros en la industria (N) en un periodo de tiempo determinado. Este tipo de modelos se denominan SIR, pudiendo existir menos o más estados de infección.

Luego de esta etapa de transmisión local, existe otra de transmisión indirecta o larga distancia, determinada por los patrones de contacto que existen en la industria. A este nivel se representa la dinámica de dispersión de una EAR.

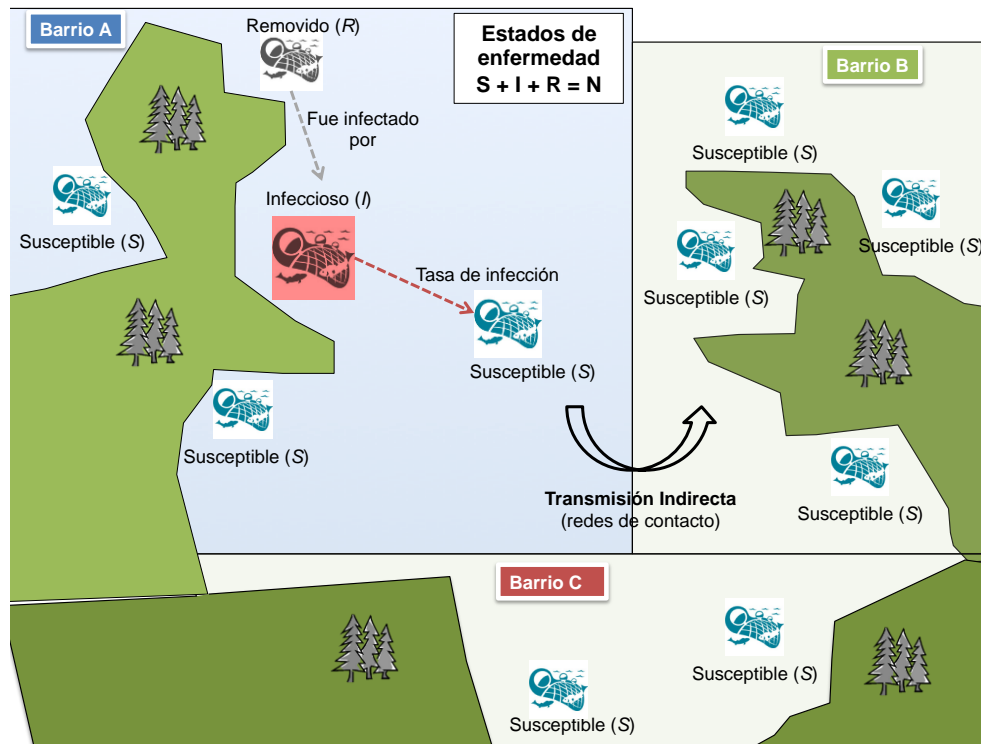


Figura N° 1. Representación esquemática de los componentes del modelo epidemiológico a incluir en su conceptualización.

Se consideró en el modelo los ciclos biológicos y períodos productivos de acuerdo a las especies hidrobiológicas seleccionadas. Para esto, se realizaron los análisis estadísticos comparativos que identificaron las principales diferencias sanitarias y productivas entre las especies. Igualmente, se evaluó la susceptibilidad de las especies a las distintas EAR y su rol en la diseminación y persistencia de las epidemias.

El modelo fue capaz de predecir el comportamiento sanitario de las macrozonas, de acuerdo a la información individual de centros recolectada por la Autoridad Sectorial, utilizando los sistemas de captura de datos actualmente usados por la autoridad. Los distintos sistemas y fuentes de información fueron integrados, en la medida de lo posible, en una única base de datos para la 'alimentación' del modelo. En un futuro, la información que reportan los diferentes centros de cultivo, será incluida en este sistema, lo que permitirá una evaluación en tiempo-real del modelo desarrollado. La importancia de esto radica no solo en la potencial predicción ante la presencia de una EAR, sino que justificará en forma científica las acciones y estrategias de muestreo de un sistema de vigilancia basado en riesgo (targeted surveillance).

#### Alcance del modelo

El modelo hizo referencia a la aplicabilidad del modelo en otras situaciones, por ejemplo, la extrapolación de resultados en zonas geográficas que no estaban incluidas en los análisis. Este proyecto utilizó información de las macrozonas 3 y 6. La caracterización espacial que hecha logró definir un radio de acción que

permitió comprender la diseminación de SRS entre centros de cultivos y de esta forma, el alcance del modelo tiene potencialidad de aplicarse a toda la industria. una vez validado el modelo.

#### Tipos y alcance de los datos

Se realizaron diversas reuniones con profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, para identificar los datos disponibles para el desarrollo y validación del modelo. Como se mencionó en el Informe de Avance N°1, un punto relevante para el éxito del proyecto es contar con información significativa para cada una de las variables que se incluyan en el modelo. En la tabla 1 se presenta el detalle de la información solicitada y su justificación.

*Tabla N° 1. Justificación de solicitud de datos para desarrollo de modelo predictivo para SRS.*

VARIABLE	JUSTIFICACIÓN
SIEP/RNA	Código único de referencia a; indicar espacial (WGS84 - grados decimal es )
Empresa	Entrega información de estructura de contacto; centros de una misma empresa, mayor tasa de contactos riesgosos
Fecha de siembra	Fecha que determina el inicio del ciclo de producción y el riesgo a la exposición
Fecha cosecha (centro vacío)	Fecha que determina el fin del ciclo de producción y el centro no constituiría un riesgo para otros centros de cultivo
Semana (N°) o fecha de declaración	Fecha del reporte de la información; componente temporal del estudio
Mortalidad semanal (%):	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
Especie	Factor de riesgo a evaluar; Salmo salar es la especie de mayor riesgo
N° de peces (inicial o final)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
Peso promedio (gr)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia
Densidad (kg/mt3)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia
Total mortalidad (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
Total mortalidad secundaria (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
SRS	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
Vibriosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
IPN	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Furunculosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
BKD	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
ISA	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Ictericia	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Temperatura [°C]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Fotoperiodo	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Salinidad [%]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Caligus -Juveniles	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias
Caligus - Adultos Móviles (AM)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias
Caligus - Hembras ovígeras (HO)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias
Tratamientos realizados (SRS)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a tratamientos contra SRS
Tipo de tratamiento (SRS)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a tratamientos contra SRS
Vía de administración tratamiento SRS	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a tratamientos contra SRS
Principio activo tratamiento SRS	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a tratamientos contra SRS
Otros tratamientos	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de aplicación de tratamientos para otras enfermedades/parasitosis
Vacunación contra SRS	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a vacunación contra SRS
Nombre comercial de vacuna contra SRS	Dato epidemiológico esencial para evaluación de efecto protector asociado a vacunación contra SRS

La justificación de la información requerida en esta tabla, fue enviada al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y al FIP, en carta " Carta de justificación de solicitud de datos para desarrollo del modelo predictivo para SRS", con fecha 29 de septiembre de 2015. Esta carta se encuentra disponible en el anexo 14.3.1

La información fue evaluada por completitud, integridad y periodicidad de la información.

De acuerdo a lo informado por Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, los datos oficiales solicitados fueron entregados para las macrozonas 3 y 6 el día 10 de noviembre de 2015. No se recibió por parte de la contraparte técnica la información de "Empresa asociada al centro". Sólo se cuenta con la información validada de la empresa titular de los centros y no la empresa operadora.

Respecto del modelo de datos, la UTIC del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, estima 7 días de trabajo efectivo que distribuirá en un mes. No obstante, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura solicitó reunión aclaratoria del alcance del "Diseño conceptual del programa computacional el día 15 de octubre antes de comenzar a preparar la información. Esta reunión se solicitó el día 20 de octubre, por parte de BALVI Chile, la que no pudo llevarse a cabo. Nuevamente se intentó coordinar una reunión tras iniciativa del Fondo de Investigación Pesquero y Acuicultura para día 15 de diciembre, la que tampoco pudo llevarse a cabo por motivos de agenda, según lo informado por el Fondo de Investigación Pesquero y Acuicultura.

BALVI Chile envió al FIP, con fecha de 30 de noviembre el "Documento del Alcance del Diseño Conceptual del Programa", según lo solicitado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, con el objetivo de explicitar el requerimiento, esperando una respuesta a dicho documento y así aclarar cualquier duda que pudiese existir, que dificultase el envío de la información solicitada. La respuesta se recibió el día 15 de febrero por escrito. Con fecha 21 de marzo de 2016 se recibe una foto del Modelo de SIFA completo, dividido por módulo, en formato de imagen. Se indica el día fecha 22 de marzo la no existencia de más información al respecto.

#### 9.1.2 Estimación de parámetros epidemiológicos para la construcción del modelo SRS

El modelo propuesto estimó la dinámica temporal de SRS a partir de la proporción de nuevos centros de cultivo susceptibles (S), infectados en estado subclínico o latencia (infectados, pero sin mostrar signos clínicos) ( $I_s$ ), centros con SRS en forma activa (con signos clínicos) ( $I_c$ ) y removidos (R) en las macrozonas 3 y 6 (MZ3 y MZ6, respectivamente). Para esto, se contempló un modelo de compartimentos que captura la información que entregan los análisis de datos provista por Sernapesca.

El modelo a su vez agrega ciertas heterogeneidades que correspondieron a las características de riesgo de cada centro de cultivo. Estas heterogeneidades modificaron el grado de susceptibilidad para la infección y la capacidad de contagiar a otros centros de cultivo a partir de la transmisión local vía movimiento pasivo de

aguas hasta una distancia crítica. Esta distancia crítica fue determinada para ambas regiones a partir de un análisis espacio temporal para la detección de agrupamiento de casos.

La formulación del modelo consideró como unidad de estudio y para todos los análisis, al centro de cultivo de salmónes emplazado en agua de mar y que se distribuye espacialmente en la Región de Los Lagos. A través de procesos estocásticos, es decir, variables que fueron definidas por una distribución probabilística determinada, los centros fueron enmarcados en cinco estados de transición o compartimentos que reflejaron su estatus o condición sanitaria con respecto a SRS, y que al mismo tiempo son dinámicas pues varían en el tiempo (Figura 2). Estas cinco categorías fueron las siguientes:

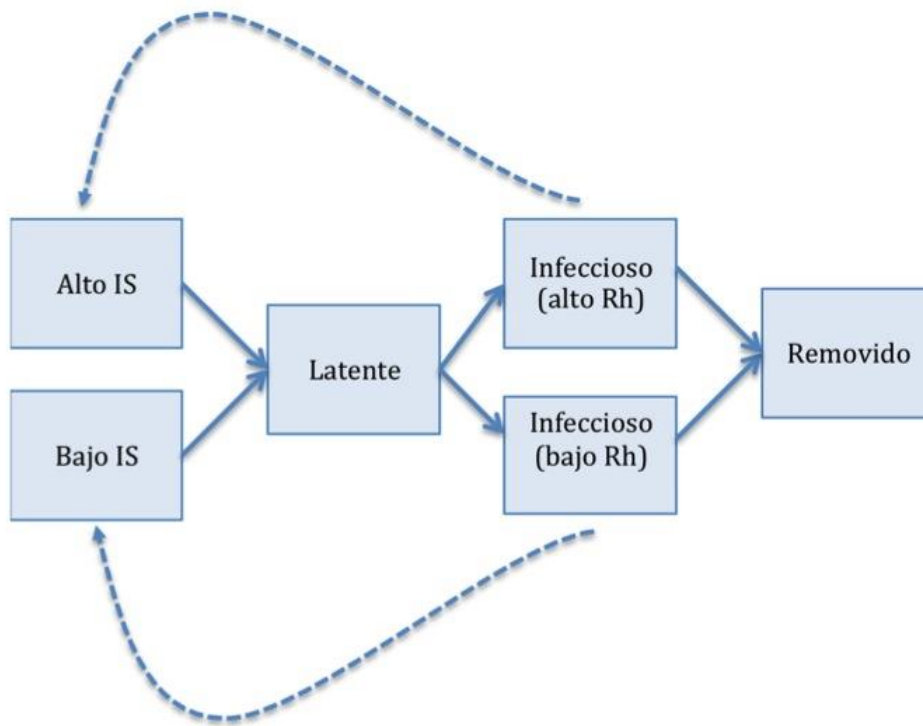
**Susceptible (S):** definido como aquel centro de cultivo que tiene peces susceptibles a la exposición de la bacteria. Aunque estén vacunados contra la enfermedad, existe una probabilidad de infección, pero que, al mismo tiempo, no existen diagnósticos de laboratorio positivos ni signología clínica consistente con SRS.

**Infectado o caso (C):** definido como los nuevos centros de cultivo infectados con SRS (nuevos casos), a partir de un caso inicial o la aparición espontánea producto de una persistencia del agente en el medio ambiente. Hipotéticamente, este centro será el origen de la infección para los centros susceptibles más cercanos. Ahora bien, este riesgo de infección será mucho mayor en la medida que exista una mayor proximidad a centros de cultivo infectados (efecto espacial), compartan una red de contacto mayor, tengan una mayor biomasa u otro parámetro que estará contenido en el modelo y que, en definitiva, permita explicar su transmisión.

**Latente (L):** definido como aquel centro de cultivo que estando en condición de infectado, no presenta mortalidad ni signología clínica atribuible a SRS.

**Infeccioso (I):** definido como aquel centro de cultivo que una vez que se infectan los peces con SRS, éstos permanecen activamente excretando bacterias al medio ambiente, hasta que son eliminados del sistema de producción.

**Removido o cosechado (R):** definido como aquel centro de cultivo cuyos peces han sido cosechados o eliminados del sistema y por lo tanto, no se corresponden con ninguna de las categorías antes mencionadas.



*Figura N° 2. Esquema que captura la heterogeneidad de aquellos centros susceptibles e infecciosos.*

## **Estimación de parámetros epidemiológicos para la construcción del modelo SRS.**

Las variables identificadas y clasificadas en las diferentes categorías, fueron sometidas a análisis estadísticos descriptivos (promedio, desviación estándar, mediana, intervalos de confianza, etc.), y a un proceso de parametrización y evaluación de las variables a través del programa R. Específicamente, el software R y el paquete 'distrfitplus' (Delignette-Muller and Dutang, 2015) tomaron los valores de las variables en su conjunto y las ajustaron a una distribución probabilística (Weibull, Gamma, Normal, etc.) que se habría hipotetizado a objeto de definir el valor del parámetro en particular. El proceso de parametrización requirió la comparación de diferentes funciones probabilísticas que serán evaluadas mediante tres pruebas estadísticas: Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling. Adicionalmente, se consideró la información de Akaike como criterio para determinar la bondad del ajuste. Una vez definidas las variables estas fueron incluidas en el prototipo de modelo de simulación.

Los parámetros obtenidos como consecuencia de lo anterior, fueron incluidos en el modelo en la forma de elementos estocásticos, es decir, representados como distribuciones probabilísticas que incorporan un grado de incertidumbre. En estricto rigor, la presentación de una epidemia es estocástica por naturaleza, y por lo tanto, la construcción de modelos estocásticos es la forma más apropiada para describir y analizar estos tipos de eventos.

### **9.1.3 Análisis espacio temporal**

La distancia a un centro de cultivo es considerada como un factor importante en la presentación de nuevos casos de SRS. Esta distancia indicó mecanismos de transmisión de tipo pasivo (movimiento de agentes infecciosos contenidos en el agua, corrientes y mareas) o mecanismos de transmisión activa entre centros contiguos, por ejemplo, prácticas tendientes a compartir botes, equipos o personal. En ambos casos, tanto el detalle de información oceanográfica, así como las frecuencias de contacto entre centros de cultivo, son escasas en nuestras bases de datos.

El análisis espacio-temporal permite determinar el riesgo relativo (RR) de un evento en un área y tiempo determinado. Este RR corresponde a una estimación indirecta del número de casos que un centro infectado pueda generar en un intervalo de tiempo y radio de acción definida. En este proyecto se utilizó una técnica de proceso de datos de puntos espacio-temporal basada en el estadístico de Scan, asumiendo que la distribución del número de casos sigue una distribución de tipo Poisson (Kulldorff et al., 2007). Bajo la hipótesis nula, y cuando no hay covariables, el número esperado de casos en cada Macrozona es proporcional a su tamaño poblacional durante el periodo de estudio. La implementación de esta técnica está disponible en el software SatScan.



### 9.1.3.1 Estimación de R0

La estimación del número básico de reproducción - R0, se llevó a cabo utilizando el paquete de algoritmos estadísticos implementado en R, "R0" (Obadia et al. 2012). Esta implementación estima R0 a partir de la información de incidencia de nuevos casos de SRS en una escala espacial y temporal determinada. De acuerdo a las características epidemiológicas de la enfermedad y análisis de la información, se utilizaron dos métodos, la tasa de ataque y la estimación de máxima verosimilitud como adecuados estimadores de R0. En el primer caso, la tasa de ataque (AR) corresponde al porcentaje de la población eventualmente infectada, la cual se asocia al R0 (Dietz, 1993).

$$R_0 = -\frac{\log\left(\frac{1-AR}{S_0}\right)}{AR-(1-S_0)}, \text{ donde } S_0 \text{ es la población inicialmente susceptible.}$$

La estimación de máxima verosimilitud asume que el número de nuevos casos de SRS causados por un centro infectado inicial se distribuye en forma de distribución de *Poisson* con un valor esperado de R. Dadas las observaciones de nuevos casos en la escala de tiempo consecutivo (N0, N1, ..., NT) y una función de generación de tiempo w, R se estima a partir de la siguiente formula (White y Pagano, 2008),

$$\text{likelihood } LL(R) = \sum_{t=1}^T \log \left( \frac{e^{-\mu_t} \mu_t^{N_t}}{N_t!} \right) \text{ donde } \mu_t = R \sum_{i=1}^t N_{t-i} w_i.$$

La probabilidad se calcula en el periodo de crecimiento exponencial de la curva epidémica y la medida de desviación del Chi-cuadrado es utilizada para determinar dicho periodo. Esta aproximación no asume la mezcla homogénea de la población.

### 9.1.4 Modelo Epidemiológico SLIR + Figuras

El modelo propuesto estima la dinámica temporal de SRS a partir de la proporción de nuevos centros de cultivo susceptibles (S), infectados en estado subclínico o latencia (infectados, pero sin mostrar signos clínicos) (L), centros con SRS en forma activa (con signos clínicos) (I) y removidos (R) para ambas macrozonas 3 y 6 (MZ3 y MZ6, respectivamente). Para esto, se contempló un modelo de compartimentos que captura la información que entregan los análisis de datos provistos por Sernapesca y los parámetros determinados en este estudio.

Un modelo futuro debiera ser capaz de incorporar ciertas heterogeneidades que corresponden a las características de riesgo de cada centro de cultivo. Estas heterogeneidades modifican el grado de susceptibilidad para la infección y la capacidad de contagiar a otros centros de cultivo a partir de la transmisión local vía movimiento pasivo de aguas hasta una distancia crítica. Esta distancia crítica ha

sido determinada para ambas regiones a partir de un análisis espacio temporal para la detección de agrupamiento de casos. Un futuro modelo podrá incorporar explícitamente el componente espacial.

La formulación del modelo consideró como unidad de estudio y para todos los análisis, al centro de cultivo de salmónes emplazado en agua de mar y que se distribuye espacialmente en ambas macrozonas. A través de procesos estocásticos, es decir, variables que fueron definidas por una distribución probabilística determinada, los centros fueron clasificados en cuatro estados de transición o compartimentos que reflejan su estatus o condición sanitaria con respecto a SRS, y que al mismo tiempo son dinámicas pues varían en el tiempo. Estas categorías son las siguientes:

**Susceptible (S):** definido como aquel centro de cultivo que tiene peces susceptibles a la exposición de la bacteria. Aunque estén vacunados contra la enfermedad, existe una probabilidad de infección, pero que, al mismo tiempo, no existen diagnósticos de laboratorio positivos ni signología clínica consistente con SRS.

**Infectado o caso (I):** definido como los nuevos centros de cultivo infectados con SRS (nuevos casos), a partir de un caso inicial o la aparición espontánea producto de una persistencia del agente en el medio ambiente. Hipotéticamente, este centro será el origen de la infección para los centros susceptibles más cercanos. Ahora bien, este riesgo de infección será mucho mayor en la medida que exista una mayor proximidad a centros de cultivo infectados, compartan una red de contacto mayor, tengan una mayor biomasa u otro parámetro que estará contenido en el modelo y que, en definitiva, permita explicar su transmisión.

**Latente (L):** definido como aquel centro de cultivo que estando en condición de infectado, no presenta mortalidad ni signología clínica atribuible a SRS.

**Infeccioso (I):** definido como los nuevos centros de cultivo infectados con SRS (nuevos casos), a partir de un caso inicial o la aparición espontánea producto de una persistencia del agente en el medio ambiente. Hipotéticamente, este centro será el origen de la infección para los centros susceptibles más cercanos. Ahora bien, este riesgo de infección será mucho mayor en la medida que exista una mayor proximidad a centros de cultivo infectados, compartan una red de contacto mayor, tengan una mayor biomasa u otro parámetro que estará contenido en el modelo y que, en definitiva, permita explicar su transmisión. Una vez que se infectan los peces con SRS, éstos permanecen activamente excretando bacterias al medio ambiente, hasta que son eliminados del sistema de producción.

**Removido o cosechado (R):** definido como aquel centro de cultivo cuyos peces han sido cosechados o eliminados del sistema y por lo tanto, no se corresponden con ninguna de las categorías antes mencionadas.

A partir de las siguientes ecuaciones se logran determinar los diferentes estados de infecciosidad:

$$\frac{dS}{dt} = \nu N - \beta SI + \mu S,$$

$$\begin{aligned}\frac{dL}{dt} &= \beta SI - \tau L - \mu L, \\ \frac{dI}{dt} &= \tau L + \rho I - \mu I, \\ \frac{dR}{dt} &= \rho I - \mu R\end{aligned}$$

El parámetro  $\nu$  corresponde a la tasa de stock de nuevos centros. Esto significa que, en cada unidad de tiempo, nuevos centros son sembrados, pasando a ser los nuevos centros susceptibles a SRS. En forma opuesta, se define al parámetro  $\mu$  como la tasa de remoción o de cosecha, es decir, la tasa en que los centros son cosechados en el sistema. Típicamente en epidemiología se considera que  $\nu = \mu$  para mantener el tamaño poblacional estable, sin embargo, en esta aproximación se consideraron como diferentes a partir de la estimación de estos parámetros por los datos provistos por Sernapesca. El inverso de esta tasa está determinada por la duración promedio de la infecciosidad ( $1/\mu$ ) la cual está determinada por la duración del ciclo de producción. Esto último asume que un centro de cultivo que ha sido infectado por SRS, es capaz de infectar a otros centros de cultivo a lo largo de todo el resto del periodo de su ciclo de producción.

El parámetro  $\tau$  corresponde a la duración del periodo de latencia que corresponde al periodo entre la exposición a *P. salmonis* y el inicio del periodo de infecciosidad. Este periodo de latencia se consideró en 3 semanas según la bibliografía. Finalmente, se determinó  $\rho$  como la proporción de centros que reportan infección aguda por SRS. Estas ecuaciones tienen la condición inicial que  $S(0) > 0$ ,  $I(0) > 0$  y que  $R(0) = 0$ , además que  $S + L + I + R = 1$ .

## 9.2 Objetivo específico N°2

### Validación del modelo

Se desarrollará un completo diseño de evaluación del modelo, basado en datos tanto reales como simulados, buscando desafiar las capacidades predictivas de este. Dependiendo del modelo consensuado se discutirán con precisión la forma de evaluación, estructura de simulaciones y número de repeticiones, en caso de considerar variables estocásticas.

Existen varias técnicas de validación de modelos epidemiológicos, las cuales pueden ser divididas en técnicas subjetivas (basadas en gráficos) u objetivas (basadas en pruebas estadísticas o métodos matemáticos) (Kopec et al., 2010; Martinez-Lopez et al., 2012). En nuestra propuesta utilizaremos aquellos que son utilizados más comúnmente en modelos estocásticos para la diseminación de enfermedades.

El proceso de validación del modelo epidemiológico propuesto incluirá dos metodologías que incluyen a) Validación utilizando análisis de sensibilidad y b) validación utilizando datos históricos. La importancia en utilizar estas metodologías radica en establecer una robusta evaluación con respecto a la confiabilidad y consistencia del modelo (Martinez-Lopez et al., 2012). En forma breve se describen cada una de estas metodologías.

- a) *Validación utilizando análisis de sensibilidad:* Esta técnica es probablemente una de las más comunes para validar un modelo. Específicamente, consiste en evaluar la influencia de la variación (cambios) en los valores de los parámetros del modelo en sus resultados. Este análisis de sensibilidad ayudará en identificar aquellos parámetros que mayor influencia tienen en los resultados del modelo. En esta propuesta se pretende modificar cada parámetro en  $\pm 20\%$  de sus valores iniciales. La evaluación implica la comparación del valor observado versus el esperado del valor promedio de los distintos resultados del modelo.
- b) *Validación utilizando datos históricos:* Se realizará una validación del funcionamiento del modelo en base a datos sanitarios disponibles en las bases de datos existentes, identificando cuales son los elementos críticos del modelo y su capacidad predictiva, en macrozonas o barrios piloto. Esta técnica utiliza información histórica para determinar si el modelo se comporta como ocurriría en un sistema real. En este caso, los resultados generados por el modelo son comparados con información a partir de epidemias reales. En nuestra propuesta, el mejor ejemplo corresponde con la situación durante los años 2007 y 2009 y la aparición del virus de la anemia infecciosa del salmón (ISAV). Información histórica está enteramente disponible para este proyecto a partir de las publicaciones llevadas a cabo por uno de sus investigadores de este equipo (Mardones et al., 2009; Mardones et al., 2011; Mardones et al., 2013; Mardones et al., 2014). Esta técnica implica la comparación de la magnitud, duración y la ubicación geográfica de los brotes reportados con respecto a los resultados del modelo.

En definitiva, la aplicación de varias técnicas de validación del modelo estocástico propuesto permitirá obtener un mayor entendimiento y confianza de sus resultados, incrementando el poder en la toma de decisiones, asimismo que permitirá identificar sus limitaciones, si es que existieran. Adicionalmente se realizará una validación de la información disponible como datos de entrada al modelo, identificando si la información es suficiente o existen elementos, ya sean ambientales, productivos y/o sanitarios, para los cuales no existe registro o este es deficiente.

#### Metodología utilizada para la validación del modelo

Se utilizaron los datos de la epidemia que se desarrolló en Chile en ambas macrozonas entre los años 2012– 2014. Se buscaron indicadores cuantitativos para describir esta epidemia y comparar con las simulaciones basadas en el modelo utilizando indicadores de similitud entre las simulaciones y los datos de la epidemia.

#### Indicadores utilizados para la descripción de la epidemia:

1. Número mensuales de centros infectados (N): Corresponde a la suma de todos los centros reportados positivos en un mes.
2. Número total de centros infectados (NT): Corresponde al número total de centros infectados, a partir del brote inicial. En esta suma se consideran los centros que no están activos, luego de haberse infectados.

### **9.3 Objetivo específico N°3**

“Elaborar el diseño conceptual de un programa computacional, basado en dicho modelo epidemiológico, que integre los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial”.

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de los programas y modelos predictivos con base en diseños epidemiológicos de simulación en acuicultura. Asimismo, se evaluó en profundidad los sistemas actuales a través de los cuales la Autoridad Sectorial recopila información, a modo de asegurar la integración apropiada de los datos.

El diseño conceptual del programa computacional indicó los lineamientos generales, requisitos, limitaciones y las consideraciones técnicas necesarias para poder realizar las simulaciones necesarias durante el desarrollo e implementación de este. Se realizó una estimación de costos para el desarrollo e implementación de dicha herramienta informática.

Elaborar el diseño conceptual de un programa computacional, basado en dicho modelo epidemiológico, que integre los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial.

Como resultado de las reuniones de trabajo sostenidas durante la ejecución del proyecto y de los requerimientos de información solicitados a la Autoridad, además de considerar los requerimientos del modelo epidemiológico propuesto, se ha desarrollado el diseño conceptual para un programa computacional que da soporte a dicho modelo epidemiológico.

El alcance de este diseño considera los siguientes entregables definidos para dar cobertura al alcance del proyecto:

- Revisión bibliográfica sobre programas computacionales predictivos basados en modelo epidemiológicos.
- Revisión técnica de los sistemas informáticos utilizados por la Autoridad Sectorial
- Diseño funcional
- Diagramas de secuencia
- Diagrama de Entidad - Relación
- Documento de arquitectura

### 9.3.1 Revisión Bibliográfica.

A continuación, se resume la entrega del primer informe donde se incluyó la revisión bibliográfica sobre programas computacionales predictivos basados en modelos epidemiológicos.

El desarrollo de un modelo matemático requiere del uso intensivo de herramientas estadísticas con el fin de identificar las variables y los coeficientes que pueden predecir el comportamiento que se desea modelar. Esta actividad requiere del procesamiento y análisis de datos para lo cual el uso de herramientas estadísticas a través de programas computacionales es un requisito necesario. Por lo tanto, la elección del software para ejecutar estas tareas debe corresponder al resultado de un análisis de las alternativas disponibles con el objetivo de tomar la mejor decisión que satisface los requerimientos del proyecto. En este ámbito se realizó una revisión de los actores relevantes en herramientas de análisis estadístico e inteligencia de negocios dado que estas aplicaciones se enmarcan dentro de las funcionalidades requeridas para la formulación de un modelo predictivo.

### 9.3.2 Conclusiones de la revisión bibliográfica.

En base a la búsqueda realizada se han encontrado evidencias, que se han documentado en forma resumida, de que la utilización de R es una buena alternativa tanto por la cantidad métodos disponibles como también por la cantidad de personas que utilizan esta herramienta. Adicionalmente al ser un proyecto de software libre presenta ventajas en cuanto al costo y cantidad de profesionales potencialmente disponibles para el desarrollo y operación de una plataforma que utilice esta componente. Por último, existen conectores para que R pueda ser integrado con JAVA lo cual es una ventaja importante dado que este lenguaje de programación es utilizado por el Servicio en su plataforma SIFA.

Se han identificado los proveedores relevantes de soluciones para análisis estadístico avanzado e inteligencia de negocio destacándose IBM, SAS y SAP en varios estudios. En este punto el costo de licencias puede ser un obstáculo a la hora de implementar alguna de estas soluciones de clase mundial.

El software de nicho puede ser complejo de evaluar, dada la poca información disponible a la hora de querer compáralas con aplicaciones de uso masivo. Por lo general en estos casos encontrar personal calificado puede ser costoso y complejo. En este sentido STEM requiere de una mayor revisión ya que no se encontraron referencias de uso local de esta aplicación.

### 9.3.3 Revisión técnica de los sistemas informáticos utilizados por la Autoridad Sectorial

Durante el transcurso del proyecto se realizaron una serie de reuniones con el objetivo de conocer los sistemas disponibles y relevantes para la formulación del modelo epidemiológico que es base para la elaboración de este diseño conceptual de un programa computacional para dar soporte al modelo propuesto.

### 9.3.4 Conclusiones de la revisión técnica

El Servicio al utiliza una plataforma web con base de datos SQL Server en la cual almacena los datos generados a través de los planes de vigilancia. Esto es un excelente punto de partida por cuanto se cuenta con un repositorio centralizado de la información. Al utilizar una plataforma web su acceso puede ser descentralizado. Esto facilita la recopilación de información desde puntos remotos lo cual es una ventaja dado que la distribución y lejanía geográfica de los centros de cultivos.

La incorporación del uso de Webservices (servicios web) permite disponibilizar actualizaciones en tiempo real. Si bien hoy la carga de información es en planillas o vía digitación, esta funcionalidad podría ser automatizada e incluso algunos indicadores relevantes (temperatura, salinidad, etc.) podrían ser capturados e informados en línea utilizando este tipo de tecnología. Es importante considerar que se observaron algunos datos vacíos o fuera de rango dentro de la información entregada por Sernapesca. Esto sugiere la necesidad de que la institución revise su política de calidad de datos.

La implementación de un datawarehouse podría ser necesario considerando los siguientes aspectos a evaluar durante el desarrollo del modelo epidemiológico, no obstante, a lo anterior el uso de un ETL es suficiente para efectos de una integración entre la plataforma SIFA y el programa computacional para dar soporte al modelo epidemiológico.



### 9.3.5 Consideraciones de diseño

El diseño conceptual del programa computacional para dar soporte al modelo epidemiológico propuesto en la en el marco de este proyecto consideró la información obtenida de las reuniones e información que entregó la autoridad en el marco de este proyecto.

Por lo anterior se tienen las siguientes consideraciones para el diseño del programa computacional.

- El modelo utilizará datos disponibles en los programas de vigilancia, los cuales se almacenan en el sistema SIFA. Información adicional proveniente de otros sistemas o repositorios no se ha requerido.
- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura no cuenta con un Data mart y/o Data warehouse. No se recomienda utilizar directamente la base de datos utilizada por SIFA para la ejecución del modelo epidemiológico.
- Como parte del diseño se plantea crear un modelo de datos relacional para almacenar la información necesaria para el modelo.
- Para la carga de información desde SIFA al modelo de datos del modelo epidemiológico se considera utilizar un ETL.
- Los requerimientos de datos necesarios para la construcción del modelo epidemiológico están disponibles en SIFA o se pueden inferir a partir de estos. No obstante, a lo anterior se sabe que hay datos que no contienen la calidad suficiente para su uso, sin embargo, esta situación no debe ser restricción para efectos del diseño, por cuanto en el futuro los datos podrían estar presentes en el modelo.

Extract, Transform and Load («extraer, transformar y cargar», frecuentemente abreviado ETL) es el proceso que permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos y limpiarlos, y cargarlos en otra base de datos, data mart, o data warehouse para analizar, o en otro sistema operacional para apoyar un proceso de negocio.

Como parte adicional al diseño conceptual del modelo, se entregará una estimación de costos, de acuerdo a lo solicitado en las bases del proyecto.

## 10 Resultados

### 10.1 Resultado 5.1 Modelo Epidemiológico (Objetivo específico N°1)

#### 10.1.1 Caracterización de focos e identificación de factores de riesgo para SRS + Solicitud de variables de relevancia + Validación y limpieza de datos

##### 10.1.1.1 Definición de Macrozonas

En los anexos 14.2.2.1 y 14.2.2.2. del presente informe, se señaló en reuniones de trabajo (09-09-2015 y 13-10-2015), las contrapartes de Subsecretaría de Pesca Y Acuicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y FIP recomendaron la consideración solo de la macrozona 3. Los consultores solicitaron la inclusión de más macrozonas, para poder evaluar un posible efecto ambiental (dado por las diferencias existentes en la zona de producción de salmónes). Finalmente, se acordó el trabajo en las macrozonas 3 y 6, principalmente por la calidad de la información disponible, según la percepción de la contraparte (Sernapesca). Si bien es una apreciación que en el informe se presentó como cualitativa, respondió al manejo rutinario de la información (cuantitativa) por parte de profesionales de Sernapesca.

Al evaluar la información se determinó que ambas macrozonas seleccionadas (Macrozonas 3 y 6) reúnen condiciones históricas donde empresas y centros de cultivo cumplen con las condiciones idóneas para el estudio. Chiloé central es uno de los centros de producción de salmón más emblemáticos de la industria. Esta zona es una de las más antiguas que establecieron la producción y que por mucho tiempo generó la mayor parte de la producción de salmón. Durante la epidemia de ISAV (2007-2009), esta zona fue el 'epicentro' y punto de diseminación del virus a otros centros. De esta forma, el equipo consideró que, en el contexto histórico, tanto las empresas como centros de cultivo aquí ubicados, reconocerían la importancia del correcto reporte de la información epidemiológica. Esta zona de Chiloé central por mucho tiempo llevó a cabo reuniones técnicas con veterinarios y productores, en las cuales algunos de los consultores de este proyecto también participaron.

La validación del modelo dependió de cuan buenos fueron los parámetros estimados a partir de la ocurrencia de SRS. Al enfocarnos en las macrozonas 3 y 6 se incluyó la mayor cantidad de centros en producción de los últimos años. Así, se disminuyó la incertidumbre con respecto a la dinámica de SRS. El haber optado por estas macrozonas garantizó una mayor representatividad nacional con mejor calidad en el reporte y con abundancia de datos.

##### 10.1.1.2 Caracterización espacial de zonas de estudio: Macrozonas 3 y 6

De acuerdo a lo explicitado en la sección 10, las Macrozonas (MZ) 3 y 6 las MZ 3 y 6 fueron definidas como las áreas de estudio. Dentro de las justificaciones radicó la mayor disponibilidad y calidad de la información epidemiológica, además de manifestar una dinámica en la epidemiología del SRS consistente a lo que ocurre a nivel nacional. Ciertos indicadores espaciales fueron trascendentales para

comprender el comportamiento espacial de la diseminación de *P. salmonis* entre centros de cultivo.

#### 10.1.2 Información de centros de cultivo que están incluidos en las MZ 3 y 6.

El listado de concesiones de acuicultura de salmónidos por agrupación de concesiones en las regiones X y XI está disponible en la página web de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca, enero 2016) (<http://www.subpesca.cl/servicios/603/w3-article-81329.html>.) Dicha información fue descargada para generar el listado de centros de cultivo que estarían incluidos en el estudio, (Ver anexo 16.1.5 y 16.1.6). Al momento de la generación del modelo, se utilizó la versión disponible más actualizada, correspondiente a el listado de enero de 2016.

La MZ 3 está compuesta por los barrios localizados en Chiloé centro (ACS 7, 8, 9 y 10) y está conformada por 156 centros de cultivo que corresponden a 17 titulares. En promedio, cada titular tiene 9 centros de cultivo, con un máximo de 40 y mínimo de 1.

La MZ 6 está compuesta por los barrios localizados en la zona de Melinka, entre las islas Guaitecas por el norte, hasta el canal Ninualac por el sur (ACS 18, 19, 20 y 21) y está conformada por 308 centros de cultivo que corresponden a 23 titulares. En promedio, cada titular tiene 13 centros de cultivo, con un máximo de 66 y mínimo de 1. Un titular corresponde a una Universidad.

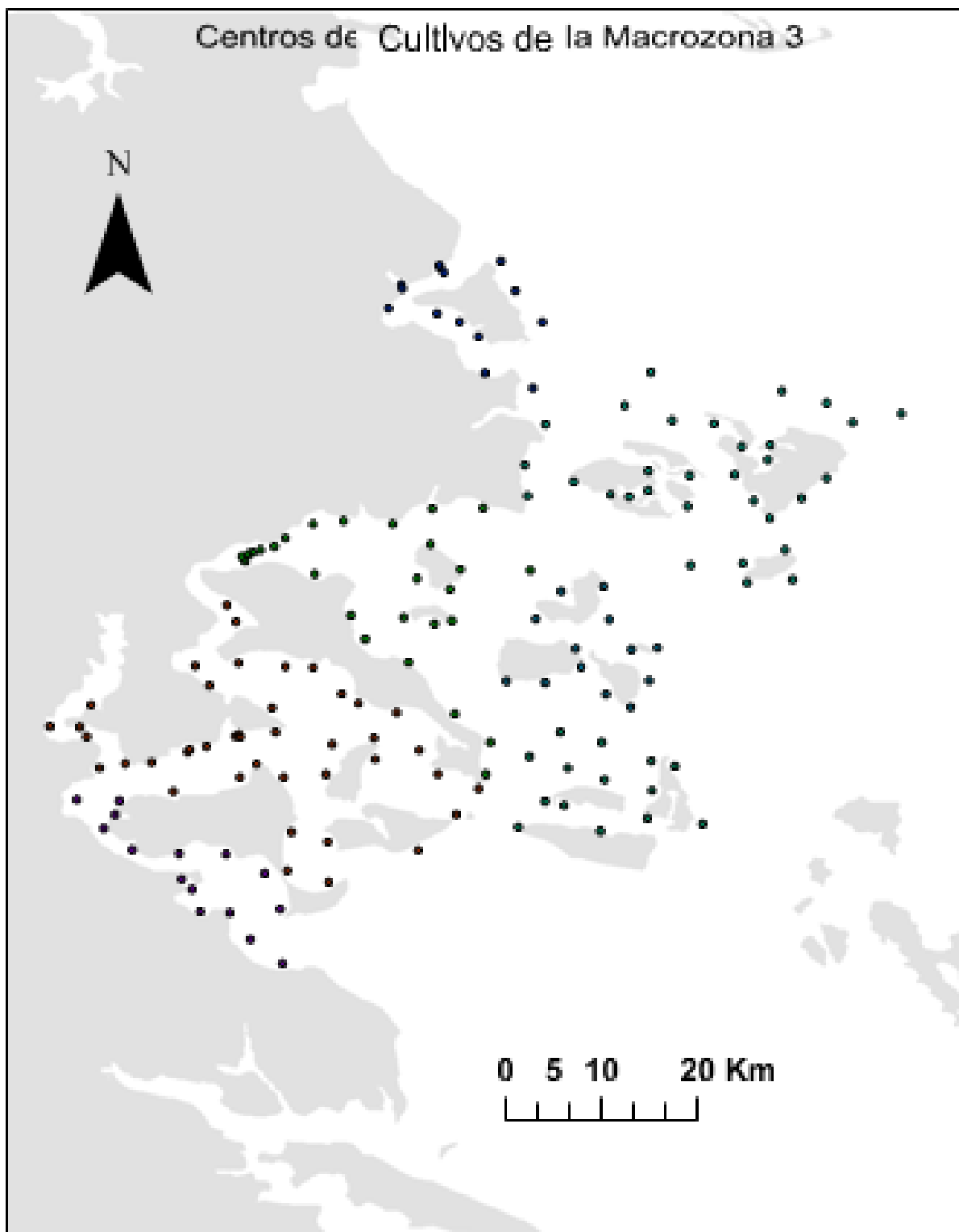
##### 10.1.2.1 Georreferenciación de centros de cultivos

La hipótesis que se busca responder es si la distancia entre centros de cultivo tiene un efecto en la transmisión de SRS. Si bien la respuesta pareciera ser obvia, es necesario probar su relevancia para ser incluida en el modelo. Es por este motivo, que como etapa inicial se hace necesario georreferenciar todos los centros de cultivo en la zona del estudio.

A partir de la información recopilada, se comenzó el proceso de georreferenciación de cada centro de cultivo ubicados en ambas MZ. La ubicación geográfica asignada a cada centro correspondió a puntos de cada vértice que conforman un polígono de la concesión. Esta información esta públicamente disponible en la página web de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

A partir de cada polígono, se obtuvo el centroide, que corresponde al punto medio, equidistante a cada lado del polígono. Este centroide es la información espacial que se utilizará en todos los análisis espaciales.

La información espacial fue manejada y analizada en el software ArcGIS versión 12 (Esri, Palisades, CA). Como resultado del proceso de georreferenciación, se generaron las siguientes figuras 3 y 4.



*Figura N° 3. Ubicación espacial de centros de cultivo en la MZ 3, en la región de Los Lagos.*

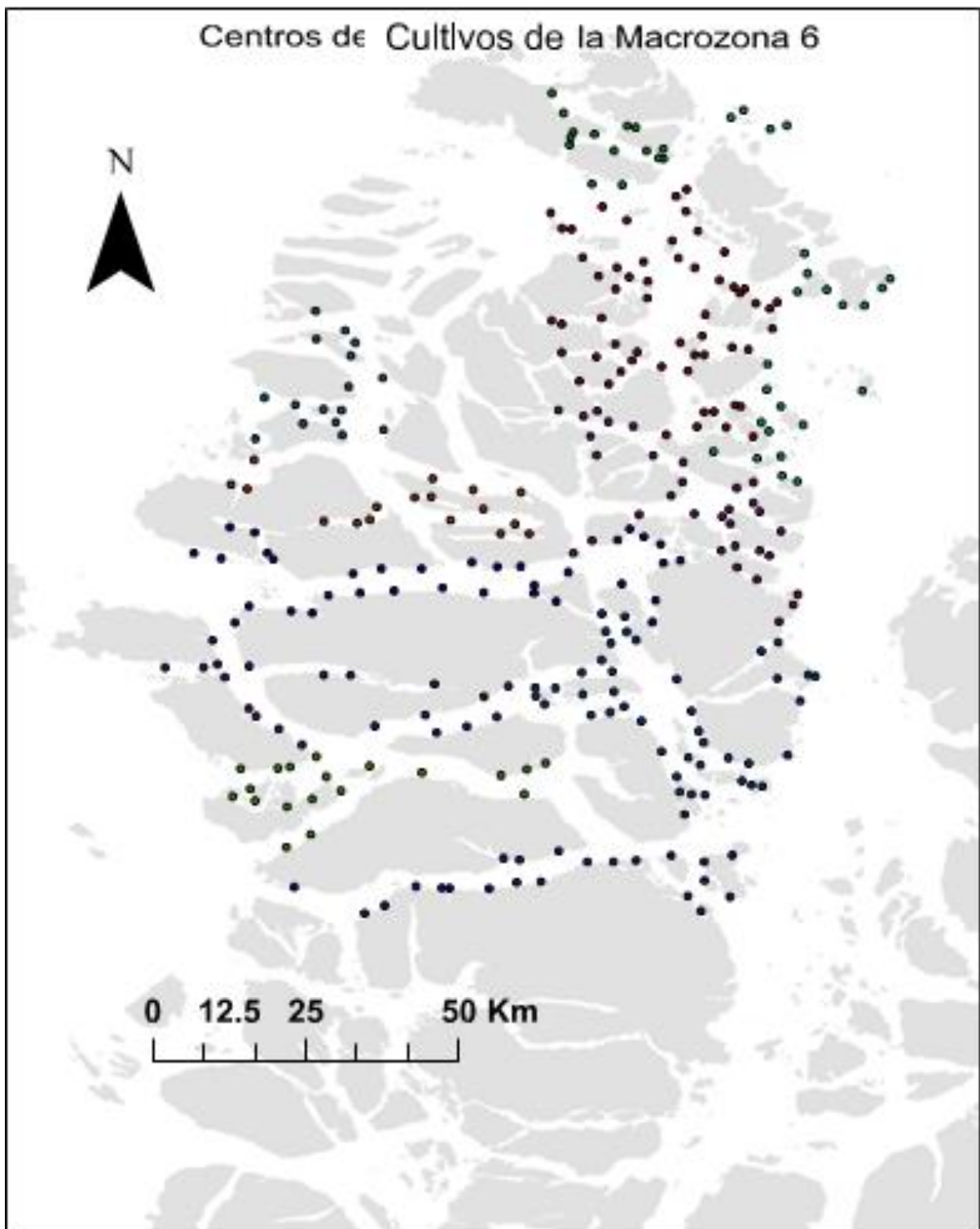


Figura N° 4. Ubicación espacial de centros de cultivo en la MZ 6, en la región de Aysén.

### 10.1.2.2 Caracterización de indicadores espaciales

Se generó una matriz de distancias geodésicas a partir de la solución de Vincenty (Vincenty, 1975) que estimó la distancia más corta entre centros de cultivo, considerando la curvatura de la tierra, para cada MZ. En una primera aproximación se utilizó esta metodología por que el objetivo fue más bien exploratorio. Además, se llevó a cabo un ejercicio similar, pero considerando la distancia marítima entre centros de cultivo. Esta distancia es menos sesgada que la estimación anterior por cuanto considera las características geográficas de las zonas. La distancia marítima es la más adecuada para representar el mecanismo de dispersión local de agentes patógenos.

Adicionalmente, se determinó el número de centros de cultivos a diferentes radios de acción, *por ejemplo*, 3, 5, 10, 15, 20 y 25 km. Este indicador entrega el posible efecto relacionado con la presión de infección del conjunto de centros hacia un centro de cultivo en particular. Se asumió que la menor distancia entre centros de cultivos y un mayor número de centros alrededor de un centro de cultivo sean factores de riesgo para la presentación de SRS. Los resultados de estos análisis resumidos se encuentran disponibles en la Tabla 1.

*Tabla N° 2. Número de centros de cultivo en un radio variable de kilómetros para cada Macrozonas en estudio, y la distancia mínima promedio.*

Macrozona 3					Macrozona 6			
Número de centros según radio (Km.)	Promedio	Mediana	Intervalo de Confianza 95%		Promedio	Mediana	Intervalo de Confianza 95%	
			Inferior	Superior			Inferior	Superior
3*	3.40	3.00	3.20	3.70	2.70	3.00	2.50	2.90
5*	9.10	9.00	8.60	9.60	7.70	7.00	7.20	8.10
10	28.60	30.00	27.20	30.00	27.30	25.00	26.00	28.70
15*	49.30	53.00	47.30	51.30	54.40	54.00	51.70	57.10
20*	68.30	71.50	65.80	70.90	85.30	87.00	81.40	89.20
25*	85.00	90.00	81.80	88.20	116.30	119.00	111.40	121.20
Distancia mínima promedio (Km.)*	1.45	1.29	1.33	1.57	1.75	1.55	1.64	1.86

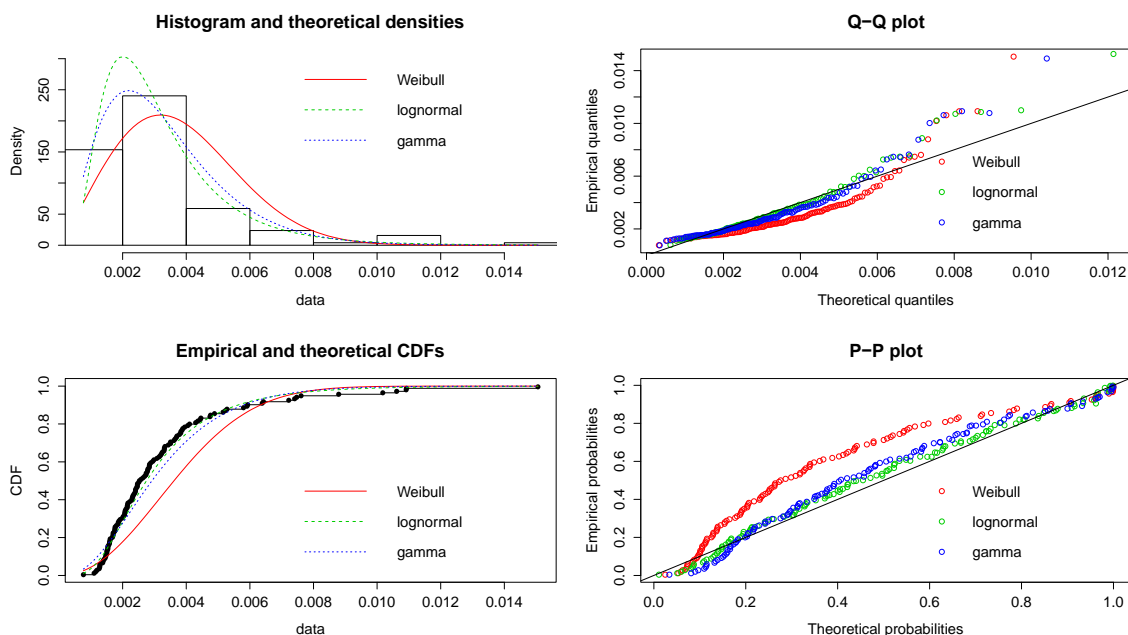
\*Indica diferencia estadísticamente significativa a valor de p igual o menor a 0.05.

### 10.1.3 Estimación de parámetros epidemiológicos para la construcción del modelo SRS

La Tabla 3 entrega los parámetros del modelo obtenidos a partir del ajuste de distribuciones, así como las funciones y parámetros de estas funciones probabilísticas que definen cada distribución teórica. Estos ajustes, así como los valores obtenidos de los análisis quedan detallados en las Figuras 5-10.

*Tabla N° 3. Parámetros del modelo: interpretación biológica y valores.*

Símbolo	Interpretación biológica	Unidades	Valores	Estimación
$\beta$	Número promedio de casos que un centro infeccioso genera	/año	Uniforme (1.18-1.35)	Análisis espacio-temporal y estimación de $R_0$
$\nu$	Tasa de siembra	/centros/mes	Binomial negativa ( $\chi = 2.67$ y $p = 3.51$ )	Ajuste distribución
$\mu$	Tasa de remoción	/centros/mes	Gamma ( $b=1.44$ , $c=0.16$ )	Ajuste distribución
$1/\gamma$	Duración promedio de ciclo	/meses	Binomial negativa ( $\chi = 37.5$ y $p = 15.4$ )	Ajuste distribución
$p$	Proporción de nuevas infecciones que se producen	/centro/mes	Weibull (shape=1, scale=0.34)	Ajuste distribución
$c$	Tasa de no infección	1/año	Pert (0.02, 0.079, 0.225)	Ajuste distribución
$r_1$	Tasa de tratamiento de SRS	/centro	Uniforme (0.495-0.556)	Análisis de datos
$g$	Tasa de mortalidad general	1/mes	Weibull (shape=2.14, scale=0.004)	Ajuste distribución
$g_T$	Tasa de mortalidad SRS-específica	1/mes	Lognormal (sigma = $\exp(-3.63)$ , $\gamma=1.7$ )	Ajuste distribución



*Figura N° 5. Estimación del parámetro de tasa de siembra que muestra el ajuste entre lo empírico (observado) y teórico. En este caso, la variable continua que determina*

la tasa de siembra, aparece como mejor ajustada por una distribución de tipo LogNormal.

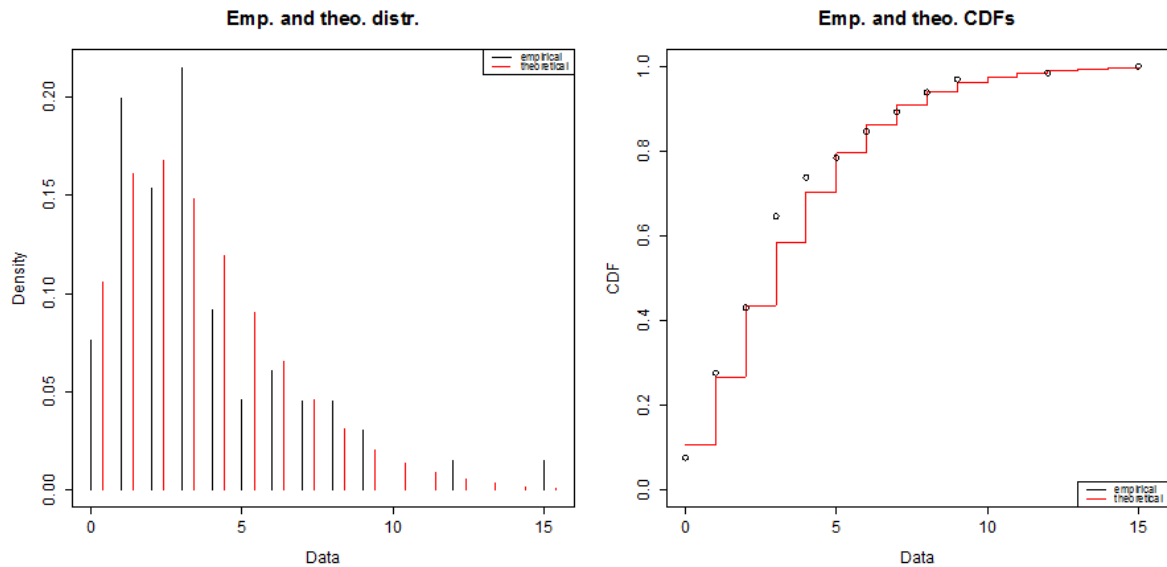


Figura N° 6. Ajuste de distribución para parámetro de tasa de siembra. La figura muestra el ajuste entre lo empírico (observado) y teórico. En este caso, la variable discreta que determina la tasa de siembra, aparece como mejor ajustada por una distribución de tipo Binomial Negativa (parámetros  $x=2.7$  y  $\mu=3.51$ ).



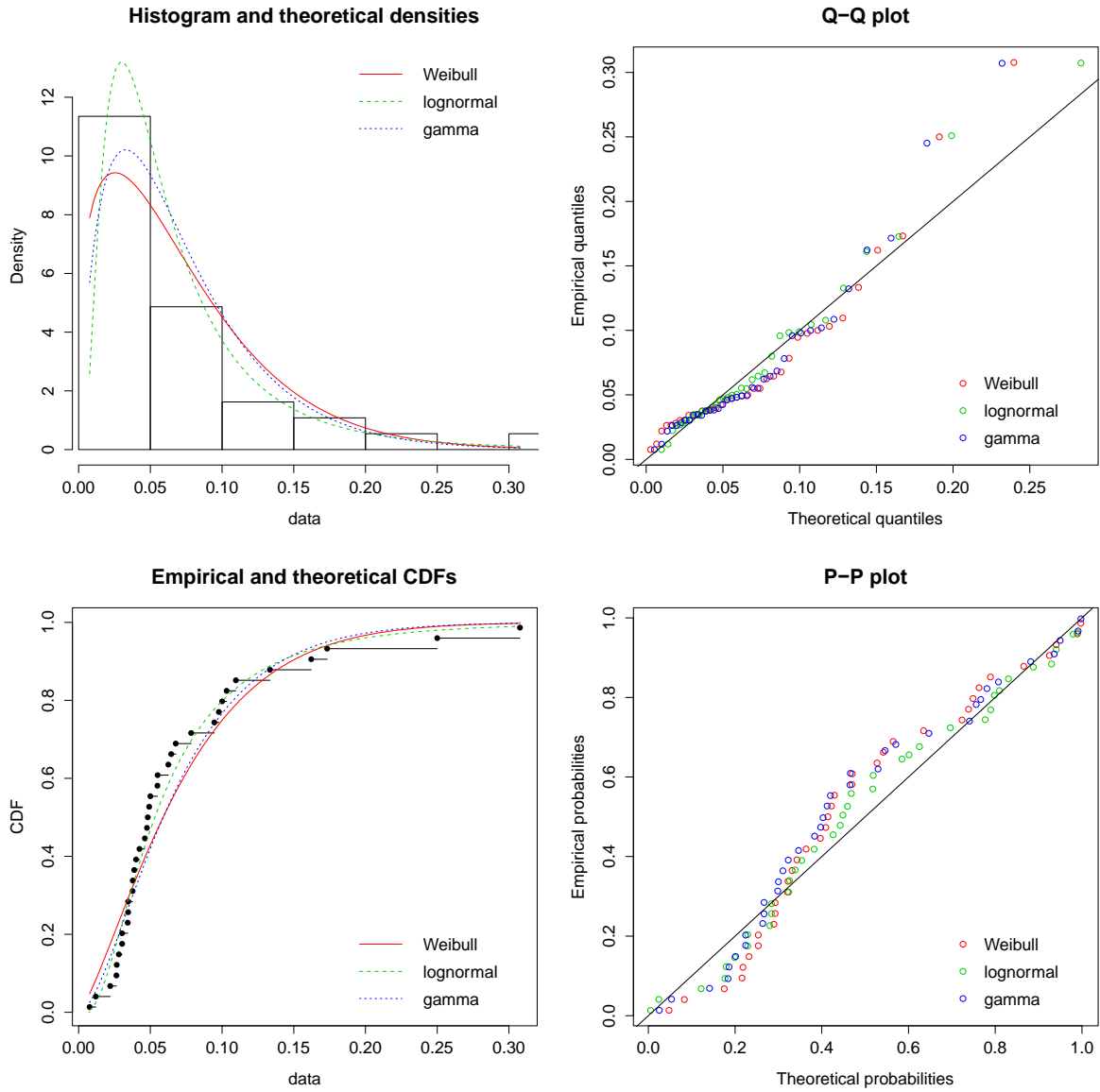
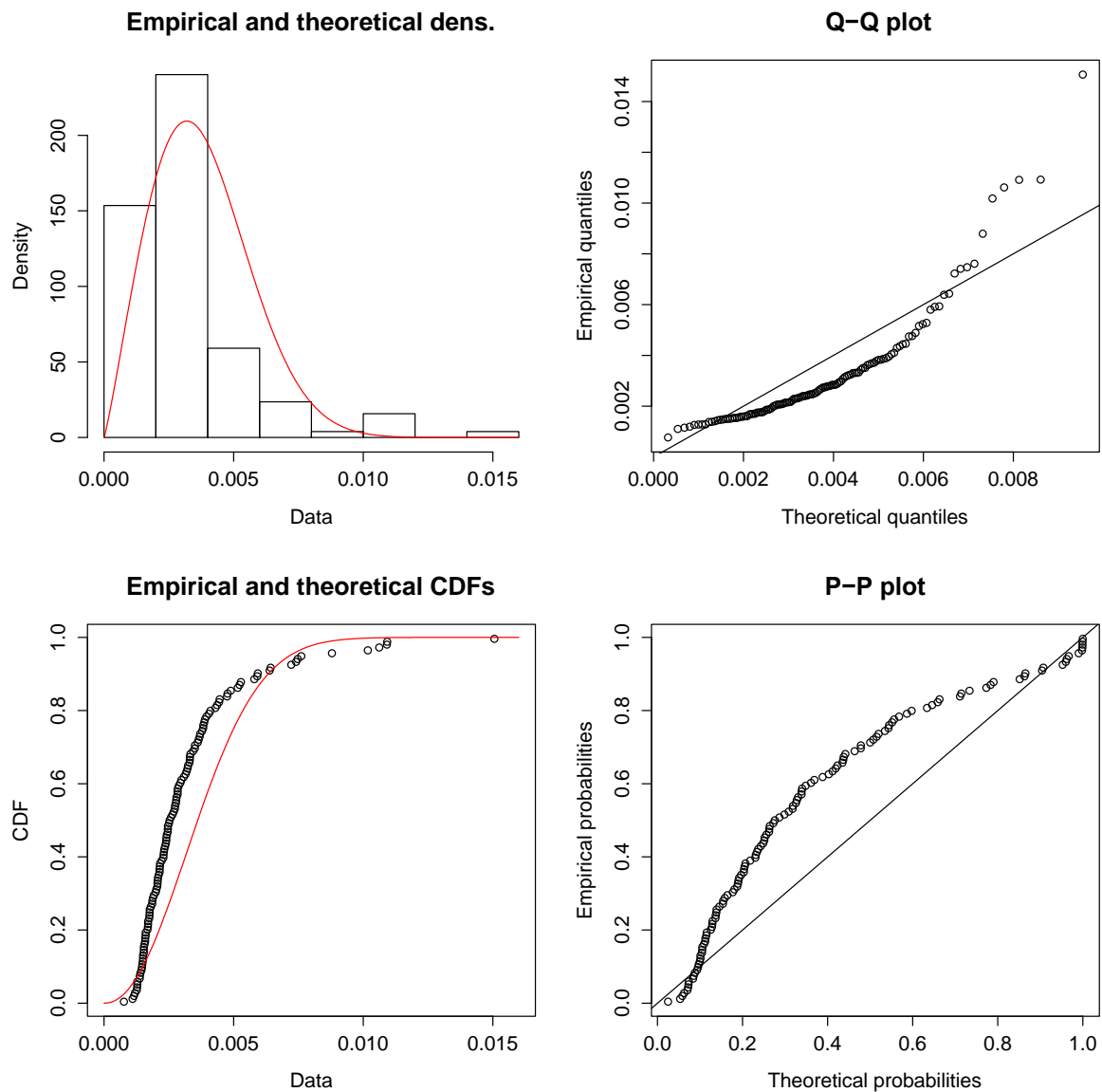


Figura N° 7. Comparación de ajuste de distribuciones para la tasa de incidencia ( $p$ ). La función probabilística que define una distribución de Weibull fue la mejor ajustó los datos observados.



*Figura N° 8. Distribución de Weibull ajustada para la mortalidad total por centro a nivel mensual.*

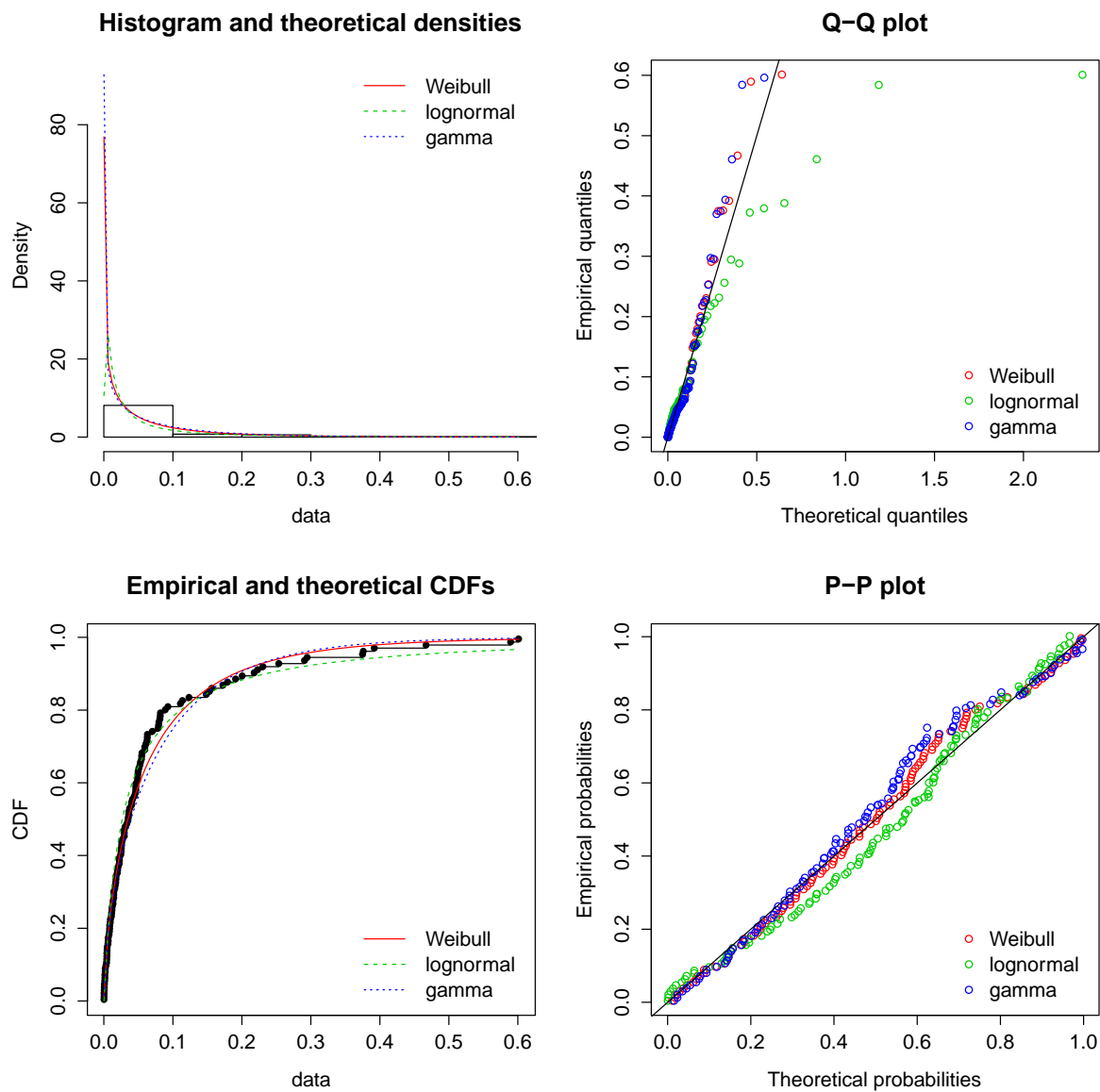


Figura N° 9. Comparación de ajuste de distribuciones para la mortalidad específica por SRS. La función probabilística que define una distribución de Lognormal fue la mejor ajustó los datos observados.

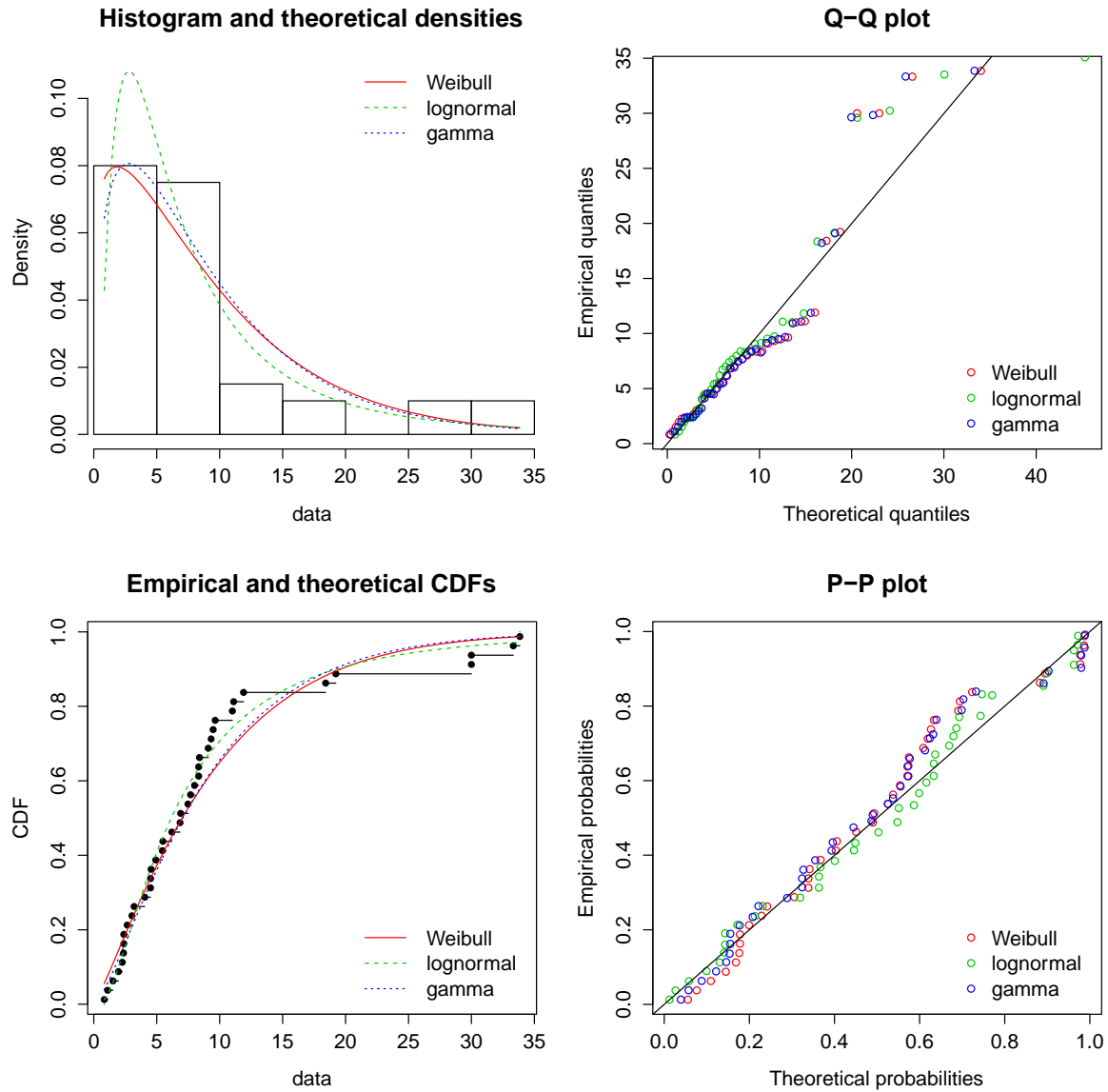


Figura N° 10. Comparación de ajuste de distribuciones para la tasa de cosecha en ambas regiones. La función probabilística que define una distribución de Gamma fue la mejor ajustó los datos observados.

#### 10.1.4. (5.13) Análisis espacio temporal y determinación de $R_0$

Los análisis espaciales determinaron las distancias críticas, mínimas y máximas, para estimar transmisión local de *P. salmonis*. La Tabla 4 resume los resultados de los análisis espacio-temporales obtenidos luego de 1000 iteraciones utilizando la técnica del estadístico *Scan*. En total, cuatro clústeres fueron identificados, de los cuales dos (clúster 1 y 2) tienen un valor de p menor a 0.05. **En promedio, la distancia crítica se determinó en 20.3 km**, con rangos de mínima y máxima de 13.5 y 25 km, respectivamente.

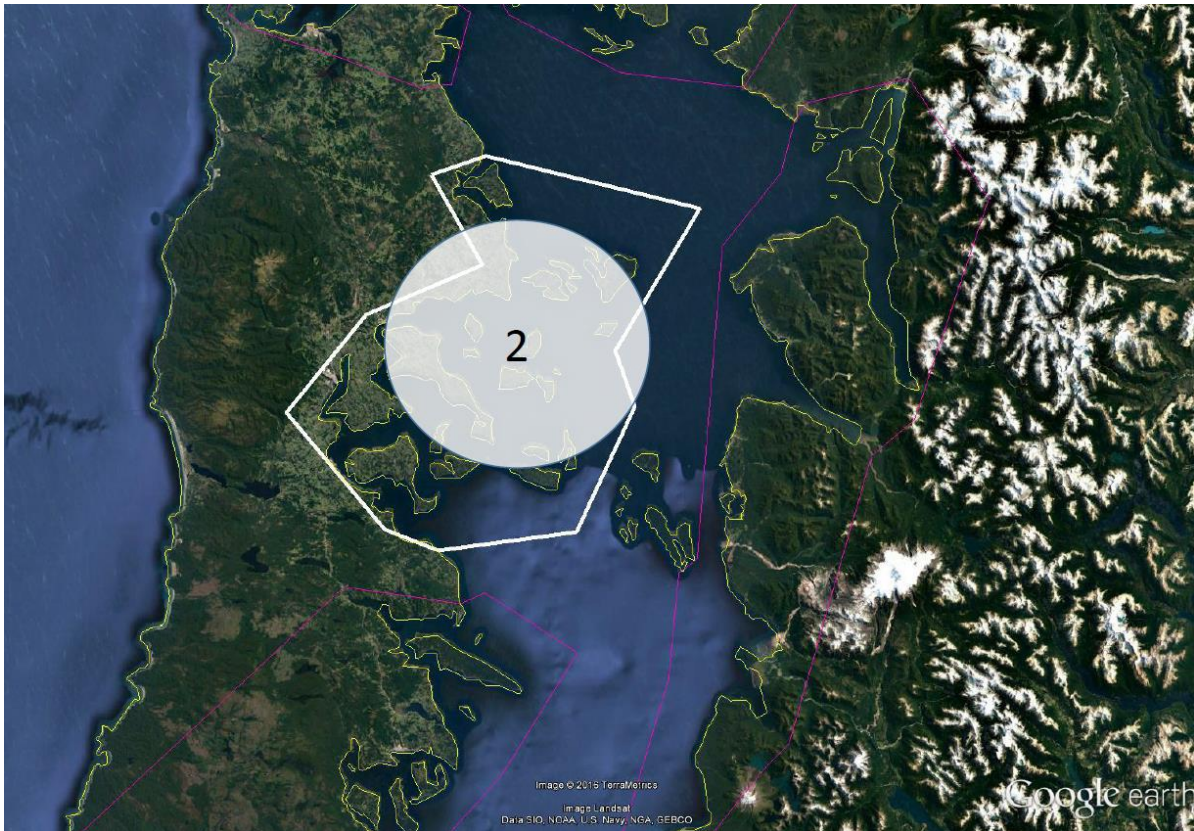
Tabla N° 4. Clústeres espacio-temporales identificados en las regiones de estudio.

Clúster	Macrozona	Radio (km)	Período de tiempo	Riesgo relativo	Valor de p
1	6	18.8	1 Feb. a 30 Abril, 2013	14.4	<0.0001
2	3	23.9	1 Enero a 31 Mayo, 2013	4.67	0.0006
3	6	24.99	1 Dic. 2012 a 31 Mayo, 2013	6.05	0.079*
4	6	13.46	1 al 31 Enero, 2012	5.116.52	0.1**



Figura N° 11. Clúster 1 espacio-temporal en macrozona 6 de la Undécima Región.





*Figura N° 12. Clúster 2 espacio-temporal en macrozona 3 de la Décima Región.*

#### 10.1.4 Estimación del número básico de reproducción ( $R_0$ )

Utilizando el método de la tasa de ataque, el valor de  $R_0$  fue de 1.52, con un intervalo de confianza de un 95% entre 1.18 y 1.84. El método de máxima verosimilitud estimó  $R_0$  en 1.3 con un intervalo de confianza de un 95% entre 1.2 y 1.45. A partir de estas estimaciones se definió una función que describe una distribución uniforme del parámetro y de esta forma capturar ambas estimaciones.

#### 10.1.5 Modelo Epidemiológico SLIR

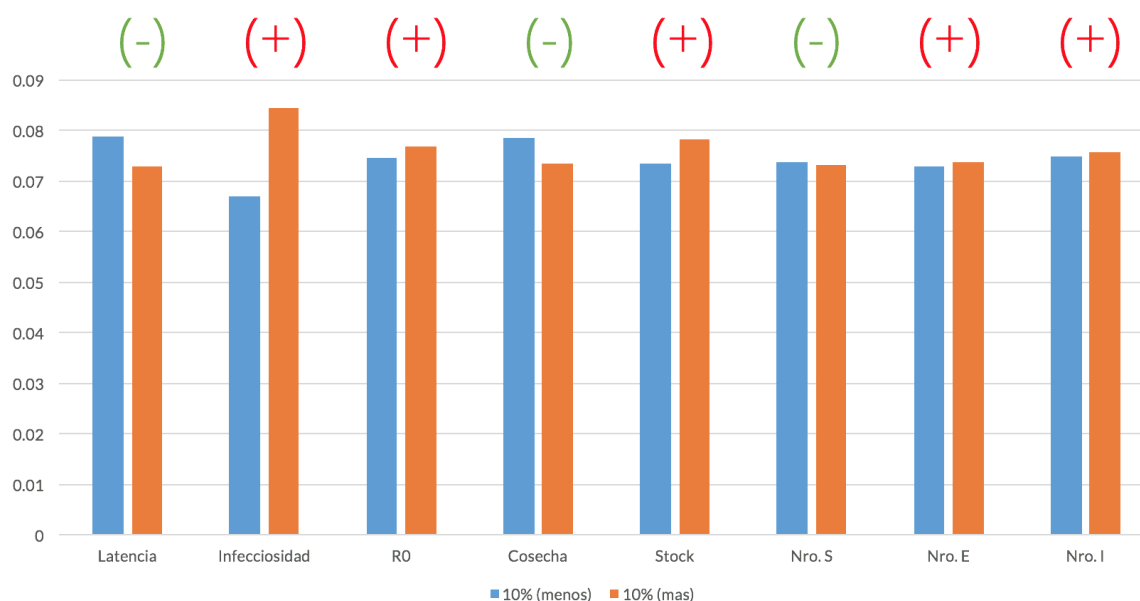
##### 10.1.5.1 Validación de modelo epidemiológico (Objetivo específico N°2)

*Validación utilizando análisis de sensibilidad:*

Los resultados del análisis de sensibilidad se pueden observar en la siguiente Figura N° 13. La variación de cada parámetro en un porcentaje de  $\pm 10\%$  sobre el valor del parámetro determinado en los análisis epidemiológicos muestran, en primer lugar, que ningún parámetro cambia considerablemente el promedio de centros infectados por SRS (eje y). El mayor cambio se observó al modificar el parámetro que determina la duración de la infecciosidad. Cambios en cada uno de los parámetros no afectaron el modelo, por lo tanto, a partir de este método de validación se concluye que el modelo propuesto es robusto y estable a las especificaciones de los parámetros, dentro de una variación aceptable de un 20%.

## Análisis Sensibilidad Modelo SLIR - SRS

### Promedio de Centros Infectados mensuales



*Figura N° 13. Resultados del análisis de sensibilidad*

#### *Validación utilizando datos históricos*

Se llevó a cabo la prueba de Chi-cuadrado, una prueba estándar para determinar la bondad del ajuste, y que básicamente determina cuán bien el modelo ajusta las observaciones registradas y si existen diferencias estas son significativas o no. Un buen modelo no debiera detectar diferencias significativas entre lo observado y ajustado. Por lo general se considera un valor de  $p$  de 0.05. Si la prueba de Chi-cuadrado entrega un valor de  $p = 1$ , esto se interpreta como que el ajuste del modelo es perfecto.

Para este modelo, la prueba de Chi-cuadrado fue no-significativa a un valor de  $p = 0.053$ . Este resultado indicaría que el modelo ajusta adecuadamente las observaciones de la epidemia, pero al límite de un resultado significativo.

#### 10.1.5.2 Resultados del Modelo SLIR

Se realizó una primera prueba de concepto, para una verificación preliminar del modelo. Se trabajó con la base de datos histórica proporcionada para los parámetros asociados a la epidemiología de SRS (Figura X). Esta figura muestra las curvas epidémicas determinadas para ambas regiones de estudio. Se observa un aumento de nuevos casos al inicio del periodo de estudio, con un peak en la época de verano-otoño en el año 2013. A partir de ese periodo los nuevos casos tienden a mantenerse estable con una tasa de incidencia en torno al 5%. La implementación del modelo se realizó en el programa estadístico R y el paquete “deSolve” para el tratamiento de ecuaciones diferenciales (Soetaert et al., 2010).

Esta simulación evaluó el modelo estudiando la dinámica en la aparición de nuevos casos de SRS, en función de las siguientes variables:

1. Número de centros de cultivo susceptibles
2. Número de centros activos infecciosos
3. Duración del período de latencia
4. Duración del período de infecciosidad
5. Tasas mensuales de siembra y cosecha

Los resultados obtenidos, nos indican que el modelo rescata el comportamiento cualitativo de la diseminación temporal del SRS (Figura X). En particular se observaron los siguientes desempeños:

1. Un aumento progresivo de la proporción de centros infectados por SRS.
2. Posterior al peak de la curva epidémica, se estabiliza la proporción de centros infectados en el tiempo (posiblemente a situación de endemismo).
3. La relación entre la proporción de centros infectados versus susceptibles alcanza su máximo valor para centros infectados cuando la tasa de susceptibles bordea el 30% (Figura 3).
4. La dinámica simulada por el modelo para ajustar la curva epidémica de SRS es una buena aproximación, aunque no perfecta, considerando el uso parcial de parámetros en el modelo (Figura 4). La prueba utilizada para validar la proporción entre los centros infectados observados versus modelados se situó en el límite del valor de significancia (ver sección más abajo).
5. En ambos casos se observa una periodicidad variable en la dinámica de la epidemia de SRS a partir del análisis de las series temporales (Figura 5). Esta periodicidad indicaría la adaptabilidad de este modelo incorporando una función de temporalidad.
6. La validación del modelo es adecuada tanto por la metodología que ajusta los casos observados o registrados por SRS versus los esperados según el modelo como por el análisis de sensibilidad que muestra consistencia en los parámetros. En particular la validación del modelo ayuda a comprender el rol de cada parámetro y su implicancia en la toma de decisiones asumiendo su equivalencia con algunas intervenciones (Figura 13).

#### 10.1.5.3 Figuras Modelo SLIR



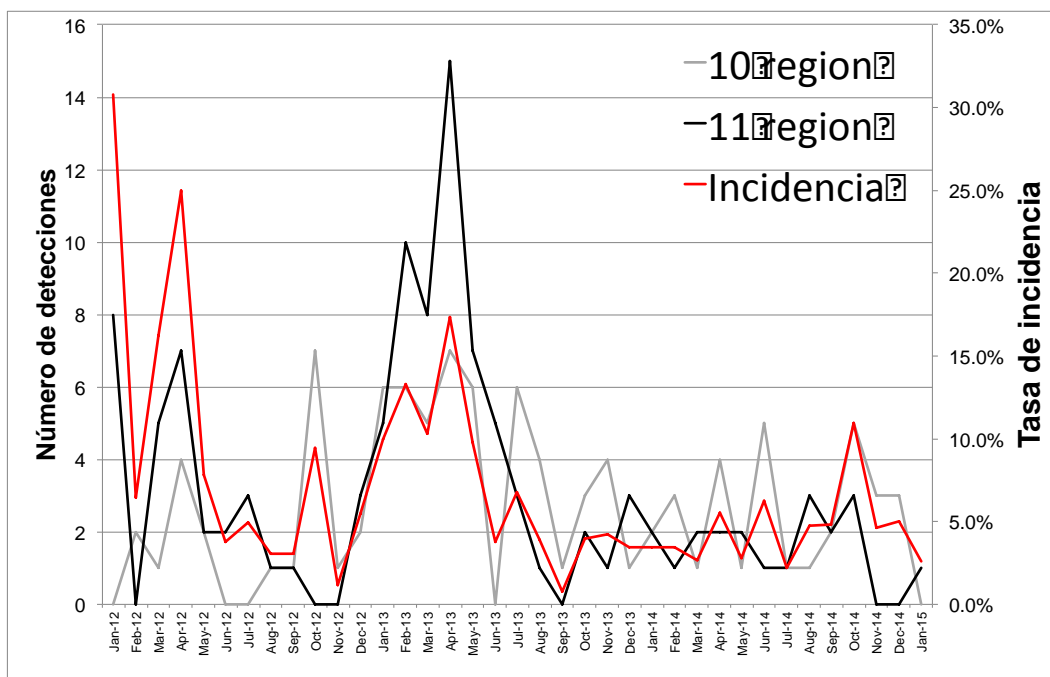


Figura N° 14. Curvas epidémicas para ambas regiones y tasa de incidencia para periodo de estudio (izquierda). Ajuste temporal de función de densidad para ambas regiones (derecha).

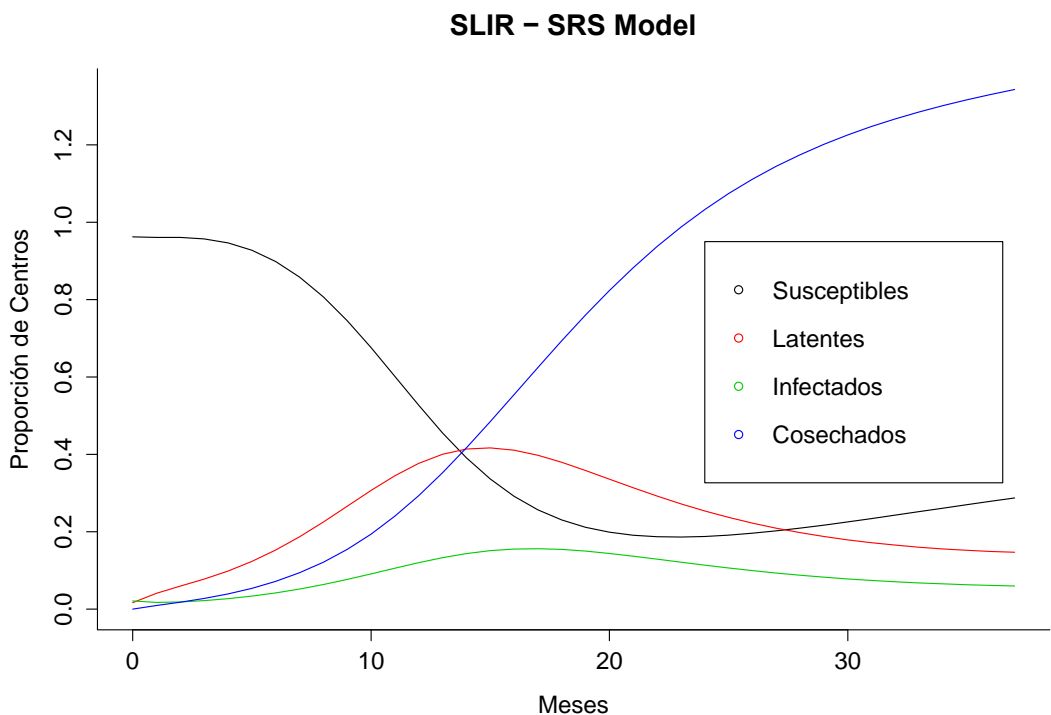


Figura N° 15. Modelo SLIR y predicciones con respecto al número de compartimentos durante el periodo de estudio asumiendo la introducción de 3 centros infectados en una población de 230 centros. Estimación a partir de un valor de  $R_0 = 1.2$ .

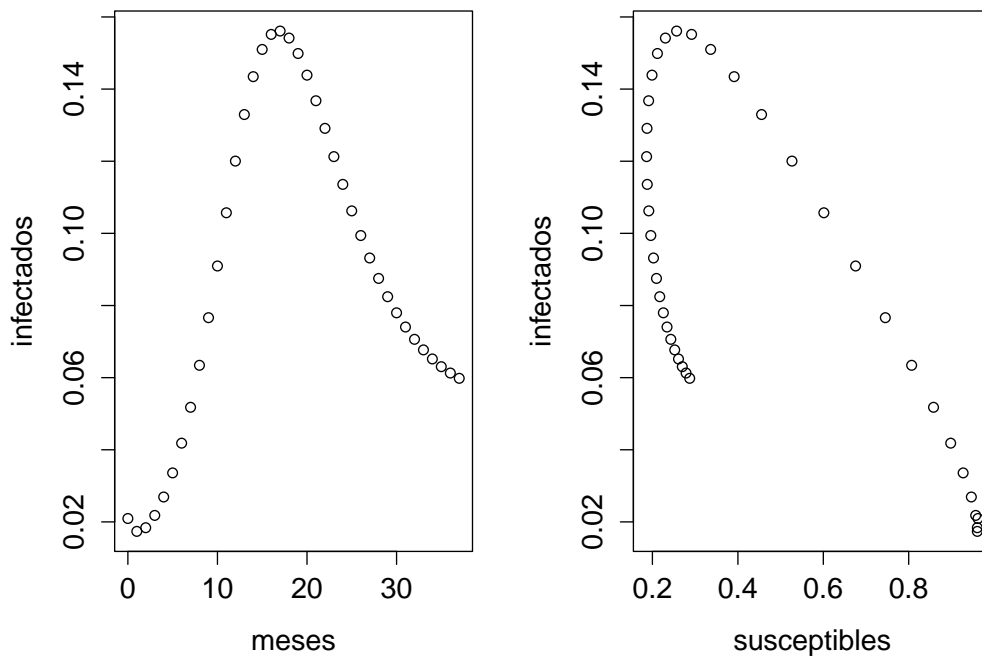


Figura N° 16. Proporción estimada de centros infectados durante el periodo de estudio (izquierda). A la derecha se visualiza la relación entre la proporción esperada de centros susceptibles e infectados según el modelo.

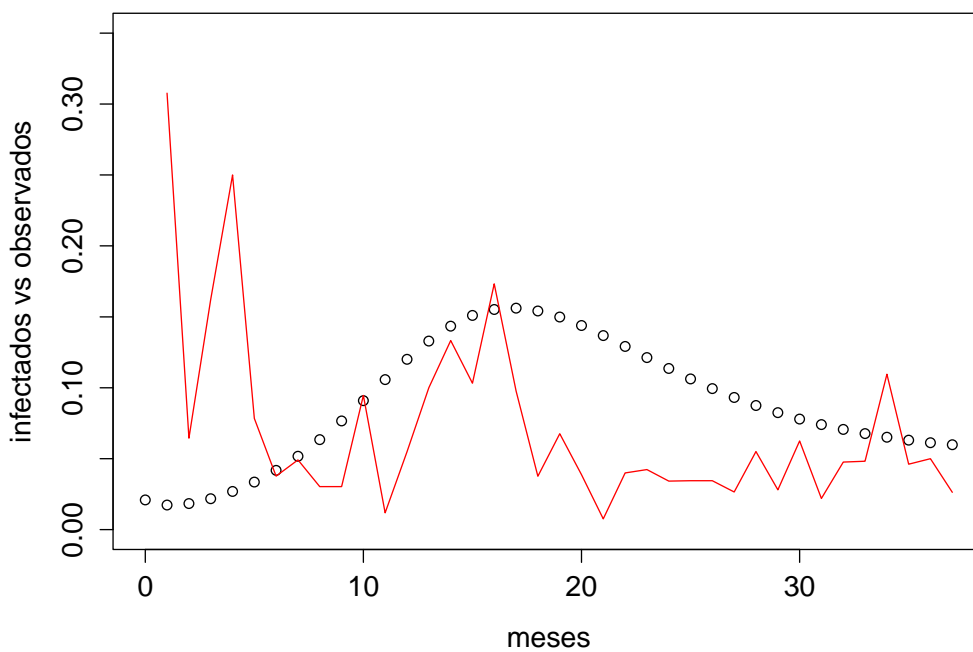


Figura N° 17. Relación entre la proporción de centros infectados (puntos) versus el número observado de casos (línea roja).

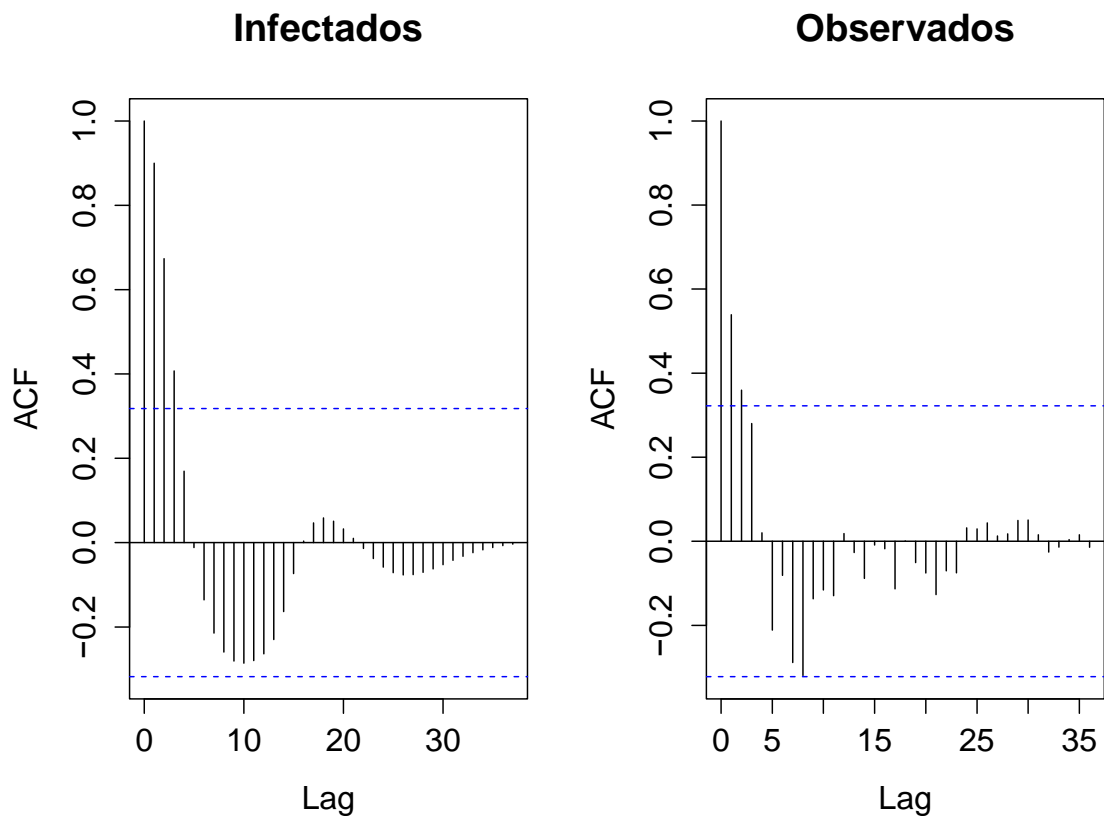


Figura N° 18. Funciones de autocorrelación para el análisis de serie de tiempo entre el número de centros infectados (modelado) y el número de centros observados (real).

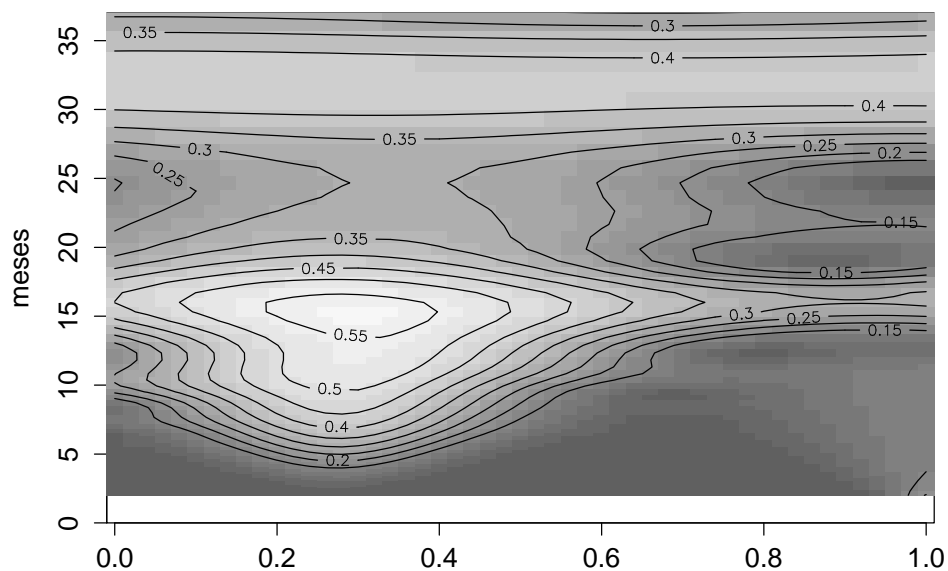


Figura N° 19. Mapa de contorno que permite evaluar la periodicidad del modelo con respecto a la proporción de centros infectados de SRS.

- |                   |  |
|-------------------|--|
| • Latencia        | ➤ Detección temprana                   |
| • Infecciosidad   | ➤ Control temprano (e.g., eliminación) |
| • $R_0$           | ➤ Evaluación de vacunación             |
| • Tasa de cosecha | ➤ Ciclos más cortos                    |
| • Tasa de siembra | ➤ Restringir siembras                  |

*Figura N° 20. Parámetros del modelo SLIR SRS y su equivalencia con algunas medidas de intervención que son posibles de evaluar de acuerdo al análisis de sensibilidad.*

## 10.2 Resultado 5.2 Manual e instructivo

A continuación, se indican los pasos necesarios a seguir para la construcción del Modelo Epidemiológico presentado en este informe. Esta descripción secuencial de pasos no pretende ser un "Manual de usuario", puesto que los procesos involucrados en la creación de este modelo son altamente específicos, complejos y requieren de personal especialista para su aplicación.

- **Instructivo para uso de modelo SLIR - SRS**

### Contenido

Instructivo para uso de modelo SLIR - SRS	49
1. Descarga del software R	50
2. Descarga del software R Studio	50
3. Cargar paquetes (bibliotecas o librerías) de R	51
3.1. Instalación de paquetes (bibliotecas o librerías) de R	51
3.2. Incorporando las librerías en la sesión de R	51
4. Cargar fichero de comando editable (script) con códigos modelo	52
5.1. Condiciones iniciales	54
5.2. Parámetros adicionales	55
5.3. Ejecución del modelo SLIR	55

### Reseña

Este instructivo permite al usuario la instalación de dos softwares de libre acceso (R y R Studio) y la ejecución del modelo SLIR SRS a partir de los códigos de comandos desarrollados en el proyecto. Al mismo tiempo, el usuario podrá evaluar diferentes escenarios epidemiológicos al modificar los parámetros dentro de un margen adecuado y la exportación de figuras y tablas con la información que entrega este modelo.

R y R Studio son software desarrollados recientemente, con gran popularidad en la comunidad científica, sin embargo, su manejo avanzado requiere de un entrenamiento que se escapa a los objetivos de este proyecto.

En esta guía paso a paso el usuario debiera ser capaz de replicar los resultados de este proyecto. Adicionalmente a este instructivo, el equipo Balvi ha elaborado y pone a disposición material suplementario para R y R Studio en el caso que el usuario desea profundizar en sus contenidos.

## 1. Descarga del software R

- Para instalar R hay que descargar un fichero ejecutable desde la página web <https://cran.r-project.org/>
- Hacer *click* en *download* CRAN, escoger uno de los servidores (CRAN mirrors\*) y después seguir los pasos según el sistema operativo de Windows o Mac.
- Actualmente (agosto 2016), la versión más reciente de R para el entorno de Mac es la 3.3.1. con nombre R-3.3.1.pkg
- Una vez descargado hay que ejecutarlo y seguir las instrucciones del programa de instalación.

\* En Chile existe el servidor de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago <https://dirichlet.mat.puc.cl/>

## 2. Descarga del software R Studio

- R Studio es otro editor para scripts disponible para usuarios de R en todos los sistemas operativos.
- Los autores lo consideran un entorno de desarrollo integrado que combina una interfaz muy intuitiva con herramientas de código muy potentes que permiten sacar el máximo provecho a R.
- Para instalar R Studio hay que descargar un fichero ejecutable desde la página web <https://www.rstudio.com/products/rstudio/download2/>
- Actualmente (agosto 2016), la versión más reciente de R Studio para el entorno de Mac es la 0.99.903.
- Una vez descargado hay que ejecutarlo y seguir las instrucciones del programa de instalación.

### 3. Cargar paquetes (bibliotecas o librerías) de R

- Hasta ahora no hemos mencionado mucho la palabra estadística. Sin embargo, muchas personas utilizan R como un sistema estadístico. Los autores prefieren describirlo como un entorno en el que se han implementado muchas técnicas estadísticas, tanto clásicas como modernas.
- R consta de un sistema base (donde están incluidas una enorme cantidad de técnicas estadísticas y numéricas) y de paquetes (*packages*) adicionales que extienden su funcionalidad.
- Junto a R se incluyen ocho paquetes (paquetes estándar) pero otros muchos están disponibles a través de internet en CRAN
- [https://cran.r-project.org/web/packages/available\\_packages\\_by\\_name.html](https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html)
- ¡Actualmente existen 8921 paquetes disponibles!

#### 3.1. Instalación de paquetes (bibliotecas o librerías) de R

Para instalar paquetes de R

- Desde el menú Paquetes > Instalar paquetes (s)
- Primero nos pide seleccionar el "CRAN mirror", por comodidad podemos elegir el que hay en Chile.
  - Luego seleccionamos ya el paquete que queremos. Si el paquete necesita otros paquetes, los instalará automáticamente.
  - También podemos utilizar la función *install.packages()*
- La instalación no implica que los paquetes ya puedan ser utilizados. Es necesario cargar las librerías antes de empezar a usarlas. Lo mismo ocurre con las librerías existentes en la versión local de R.

#### 3.2. Incorporando las librerías en la sesión de R

Existen dos maneras de hacerlo:

- Desde el menú paquetes > Cargar paquete..., desde donde seleccionamos la librería que queramos,
- O bien desde la línea de comando utilizando la función *library()*:
  - *library(foreign)* – cargará la librería *foreign*
  - El comando *library()* abre una ventana con información sobre las librerías (paquetes) instaladas en R.
  - Para obtener mas información sobre estas librerías, se pueden utilizar las funciones *library* y *help* conjuntamente:
  - *library(help="foreign")*
  - Abre una ventana de ayuda sobre la librería *foreign*.

#### 4. Cargar fichero de comando editable (script) con códigos modelo

- Identifique el archivo "**Modelo SRS SLIR.R**" que contiene los comandos para ejecutar el modelo SRS SLIR.
- En **R Studio** hacer *click* en "**Archivo**" -> "**Abrir Archivo**" y buscar el archivo "**Modelo SRS SLIR.R**".
- La siguiente captura (Figura 1) es lo que debiera tener cargado en R Studio.

```
library (deSolve)
##
## Atachar paquete: 'deSolve'
##
#Funcion para computar derivadas de las ecuaciones diferenciales

seir_model = function (current_timepoint, state_values, parameters)
{
  # Creando las variables de los estados de SRS (variables locales)
  S = state_values [1]      # susceptibles
  E = state_values [2]      # expuestos o latentes
  I = state_values [3]      # infecciosos
  R = state_values [4]      # removidos o cosechados

  with (
    as.list (parameters),    # se pueden usar nombres de variables dentro del objeto 'parameters'
  {
    # computar las derivadas
    dS = (stock * N) - (beta * S * I) - (harvest * S)
    dE = (beta * S * I) - (tau * E) - (harvest * E)
    dI = (tau * E) - (rho * I) - (harvest * I)
    dR = (rho * I) - (harvest * R)

    # combinar los resultados
    results = c (dS, dE, dI, dR)
    list (results)
  })
}
```

Figura 1. Captura de imagen del fichero de comando editable que aparece en la ventana superior izquierda del software R Studio.



#### 4.1. Observaciones y descripción del fichero de comando

- En el texto del fichero, cada línea que NO comienza con el símbolo “#” puede ejecutar una función al hacer *click* en el icono “Run” (Figura 2).
- Existen dos formas de ejecutar una función. La primera es seleccionar todo el comando, tal como se muestra en la siguiente figura y luego ejecutar “Run”. La otra forma es colocar el curso al inicio de la línea, y también ejecutar “Run”.
- El símbolo “#” se utiliza para dejar una nota o comentario para el usuario y no tiene ninguna función en el fichero.

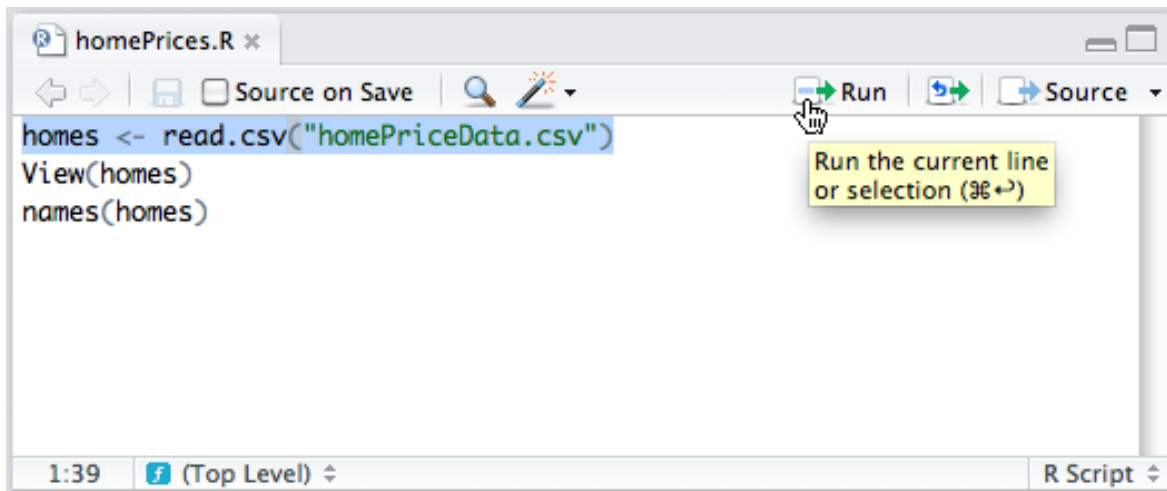


Figura 2. Captura de función para ejecutar una función a partir de una selección o línea del fichero. En este caso, el fichero es un ejemplo y no corresponde con el que el usuario tiene.

## 5. Establecer valores de parámetros del modelo

- El modelo SLIR está definido por variables y parámetros que requieren ciertas especificaciones.
- Pueden ser constantes o en función de características específicas de los centros de cultivo.
- Inicialmente se definen las condiciones iniciales o características demográficas del sistema
- Posteriormente se definen los parámetros epidemiológicos.

### 5.1. Condiciones iniciales

- Especificar el número de individuos en cada estado epidemiológico (SEIR)
- Donde N es el tamaño de la población

```
#Condiciones iniciales en cada estado epidemiológico (SEIR)
```

```
V = 2      # centros latentes o expuestos
```

```
X = 236    # centros susceptibles
```

```
Y = 3      # centros infectados
```

```
Z = 0      # centros removidos
```

```
#Calculo de la población total
```

```
N = V + X + Y + Z
```

```
#Valores iniciales de los diferentes estados para las ecuaciones diferenciales
```

```
initial_values = c (S = X/N, E = V/N, I = Y/N, R = Z/N)
```

```
#Estimaciones en la linea de tiempo de los estados (output timepoints)
```

```
timepoints = seq (0, 36, by=1)
```

## 5.2. Parámetros adicionales

```
#Parámetros
# Duración del periodo de latencia (en meses)
length_of_time_in_latent_state = 6
# Duración del periodo de infecciosidad (en meses)
infectious_period = 3
#Tasa de cosecha de centros por mes (igual para todos los estados)
harvest = 0.0235378 #(225/3505)/3 #3.5/239
#Tasa de siembra de centros por mes
stock = 0.01464435 #3.5/239

rho_value = 1/infectious_period
#epsilon_value = 0.09
tau_value = 1/length_of_time_in_latent_state

#Compute Ro - Reproductive number
R0=1.24
ce <- R0 / rho_value
lambda <- ce * Y/N

#R0=contact*transprob*infectious_period
beta_value = Ro2/infectious_period
Ro = beta_value / rho_value
```

## 5.3. Ejecución del modelo SLIR

```
#SRS dynamics parameters
parameter_list = c (beta = ce, tau = tau_value,
                    rho = rho_value, stock = stock, harvest = harvest)

#Simulaciones de una epidemia de SRS en un marco SEIR
output = as.data.frame(lsoda (initial_values, timepoints, seir_model, parameter_list))

output$time <- NULL
mean(output$I)
median(output$I)
```

## 6. Exportar Figuras y Tablas para reportes.

- Utilizando la herramienta de creación y exportación de figuras de R, se generan las tablas y gráficos que indican los resultados de las simulaciones de los modelos ejecutados.
- La función para exportar una imagen es “*png(filename="xxxxx.png")*”.
- Después de cada gráfica, esta función está incorporada, de forma que estas imágenes serán grabadas automáticamente en la carpeta de Documentos del usuario.
- La función para extraer los valores tabulados para cada unidad de tiempo es “*write.csv(output, file = "xxxxxx.csv")*”
- La tabla principal que se genera es una que contiene todos los estados de enfermedad (S,E,I, R) en el tiempo y que se exportará en un archivo de tipo .csv

## 10.3 Resultado 5.3 Transferencia de resultados y taller

A continuación, invitación de taller de difusión de resultados, a realizarse el 12 de mayo de 2016.



### INVITACIÓN

Balvi Chile Limitada, invita a Ud. a la actividad de difusión de resultados del proyecto FIP 2014-63 “FIP-2014-63 Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades de alto riesgo (EAR”. Apoyado con recursos del Fondo de Investigación pesquera y Acuicultura (FIPA). Esta actividad se realizará el jueves 12 de mayo de 2016, a partir de las 09 horas, en Salón Reñaca, Hotel Diego de Almagro, Molina 76, Valparaíso.

Confirmar asistencia al teléfono +56 9 98741546 o al e-mail [marcelo.herve@balvi.cl](mailto:marcelo.herve@balvi.cl)

### PROGRAMA

Horario	Descripción	Relatores
9:00 9:15	Introducción: Se presenta el proyecto en su generalidad, mencionando sus principales características	Director/Coordinador de Proyecto
9:15 10:00	Modelos epidemiológicos. Características y potencialidades.	Christopher Hamilton West M.
10:00 10:15	Pausa/Café	
10:15 11:00	Integración de bases de datos	Bartolomé Rodillo P.
11:00 11:45	Caracterización de focos de SRS.	Christopher Hamilton West M.
11:45 12:30	Discusión	
12:30 13:30	Almuerzo libre	
13:30 14:15	Desarrollo de un modelo epidemiológico para SRS.	Fernando Mardones O.
14:15 15:00	Identificación de factores de riesgo para SRS.	Christopher Hamilton West M.
15:00 15:15	Pausa/Café	
16:00 17:00	Identificando potenciales mejoras al modelo.	Christopher Hamilton West M.
15:15 16:00	Estructura y diseño de software.	Bartolomé Rodillo P.
17:00 18:00	Mesa redonda final,	Equipo técnico BALVI Chile Ltda.
18:00 18:30	Entrega de certificados y encuesta	Equipo técnico BALVI Chile Ltda.

## 10.4 Resultado 5.4 Diseño conceptual (Objetivo específico N°3)

El diseño conceptual del programa computacional para dar soporte al modelo epidemiológico, en adelante MEVEAR, considera las siguientes funcionalidades que serán descritas como casos de uso más adelante. A continuación, se resume de las funcionalidades propuestas.

Preliminarmente se definen tres perfiles de usuario con el objetivo de restringir o habilitar funcionalidades para su uso.

### Perfil 1: Usuario

Es aquel que puede ingresar a la aplicación y puede visualizar las opciones permitidas a su rol.

### Perfil 2: Usuario ejecutor

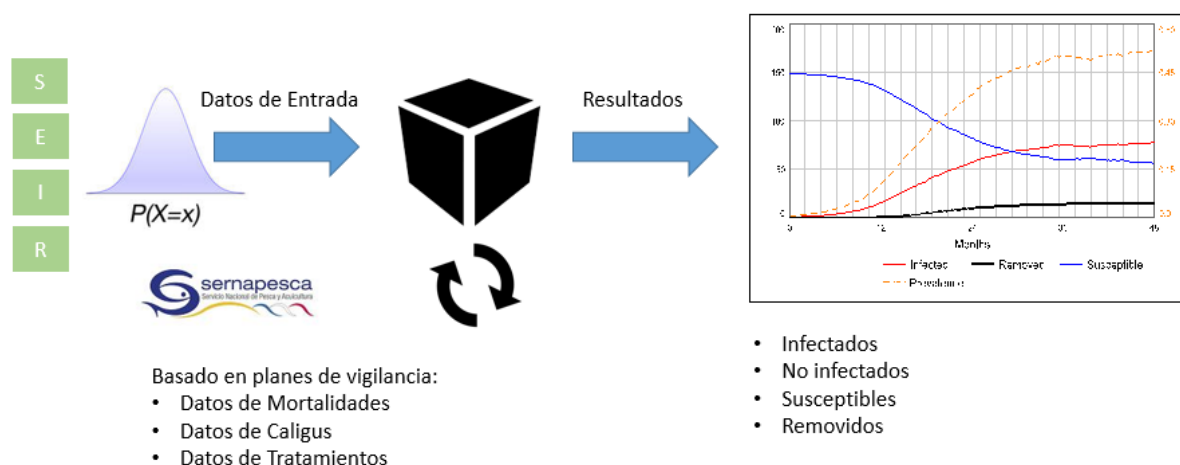
Es aquel que puede ingresar a la aplicación, puede visualizar las opciones permitidas a su rol incluyendo crear y ejecutar escenarios de simulación.

### Perfil 3: Usuario administrador

Es aquel que puede ingresar a la aplicación, puede visualizar las opciones permitidas a su rol incluyendo crear, modificar y eliminar usuarios, parámetros, perfiles y escenarios. Además podrá ejecutar escenarios de simulación.

Nota: La solución considera la posibilidad de crear, modificar o eliminar perfiles, permitiendo asignar al usuario con perfil de administrador la gestión sobre el acceso y uso de la aplicación.

El siguiente diagrama muestra la conceptualmente la solución.



Las funcionalidades se separan en dos grupos.

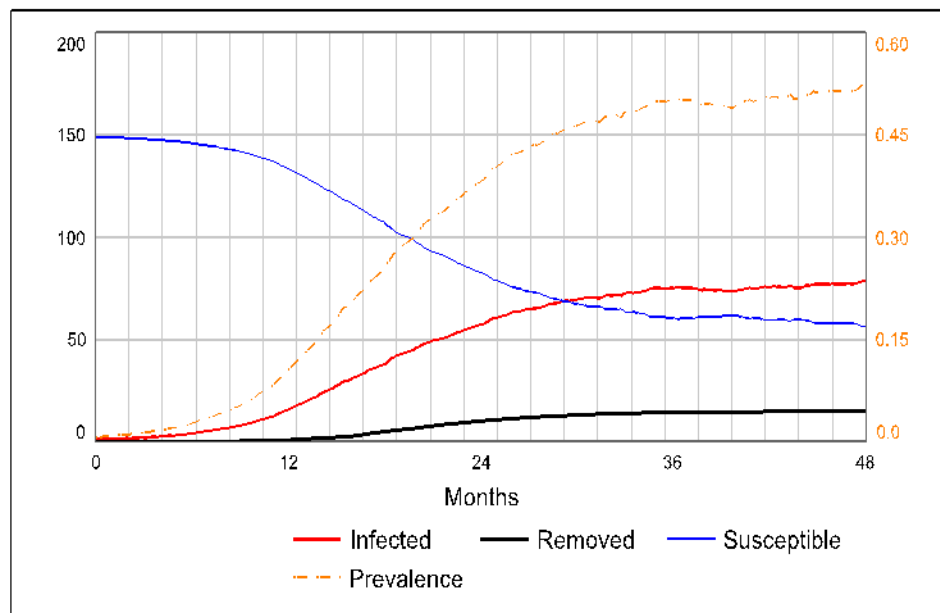
## Funcionalidades primarias:

Corresponden a las características propias del aplicativo que permiten satisfacer los objetivos del sistema. Esta son las siguientes:

Crear un escenario de simulación. Esta actividad consiste en ingresar los valores para cada uno de los parámetros de entrada o iniciales del modelo y sus valores de transición de estados. La aplicación proveerá de datos con valores "por defecto", de acuerdo a los resultados de este estudio.

Ejecutar un escenario de simulación. Esta acción corresponde a la ejecución del modelo utilizando los datos ingresados en el escenario y que entregará los valores de salida a partir de la función (o programa) en R definida para el modelo. El sistema permite grabar los datos obtenidos de la simulación para una posterior visualización.

Visualización. Corresponde a la funcionalidad que permite graficar los datos de salida del modelo y exportarlos a un archivo .csv. Adicionalmente permitirá graficar los datos reales para un rango de fechas de la cantidad de centros infectados por semana o mensual por macrozona.



Nota: Es importante destacar que la información del modelo este expresado en cantidad de mortalidades por macrozona por periodo de tiempo (semana o mes).

Buscar escenario, es la funcionalidad que permite buscar un escenario creado (sin simulación) o uno ya simulado. A partir de esta opción se puede modificar el escenario, re ejecutar o eliminarlo.

## Funcionalidades de apoyo:

Son funcionalidades complementarias que dan soporte a las funcionalidades primarias. Dentro de las funcionalidades complementarias se encuentran las siguientes:

1. Autenticación de usuarios mediante un id y contraseña.
2. Recuperación de contraseña.
3. Creación de definiciones de parámetros para el modelo de simulación.
4. Modificación de definiciones de parámetros para el modelo de simulación.
5. Eliminación de definiciones de parámetros para el modelo de simulación.
6. Creación, modificación y eliminación de usuarios.
7. Creación, modificación y eliminación de perfiles de usuarios. Esto con el objetivo de poder segmentar los permisos de los usuarios.
8. Carga de datos reales desde ETL provista por Sernapesca.

Detalle de las interfaces de usuario con sus funcionalidades.

1. Interfaz para generar escenarios de simulación
2. Crear escenario de simulación
3. Modificar escenario de simulación
4. Eliminar escenario de simulación
5. Generar simulación

Interfaz para visualizar escenarios de simulación  
Buscar escenario

Mantenedor de parámetros  
Crear parámetro  
Modificar parámetro  
Eliminar parámetro

Login  
Autenticación del usuario

Mantenedor de Usuarios  
Crear usuario  
Eliminar usuario  
Modificar usuario  
Crear contraseña  
Modificar contraseña  
Reinicializar contraseña

Mantenedor de perfiles (Asignar funcionalidades a usuarios)  
Crear perfil de usuario  
Modificar perfil de usuario  
Eliminar perfil de usuario

Casos de Uso

Como identificador para los casos de uso se utilizará la siguiente notación.  
<Sistema>-<Funcionalidad>-<Correlativo>

Donde sistema está definido por la sigla MEVEAR (**M**odelo **E**pidemiológico para La **V**igilancia de **E**nfermedades de **A**lto **R**iesgo)

Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-LOGIN-01
<b>Nombre</b>	Autenticación de usuario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permitir a un usuario registrado en el sistema acceder al menú de inicio de la aplicación si ha ingresado su contraseña en forma exitosa.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condicion</b>	El sistema está disponible. El usuario ingresa a la página de inicio del sistema. El usuario está registrado en el sistema, tiene una contraseña y perfil asociado. La contraseña del usuario tiene un estado activo y no está expirada.
<b>Post-Condicion</b>	El sistema despliega la página principal donde se muestran las opciones de menú que tiene disponible el usuario en base a su perfil.

### Flujo Base – Autenticación Exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Autenticación Exitosa
<b>Descripción</b>	El usuario accede a la página de inicio. El usuario ingresa en el campo usuario su identificador que corresponde al email registrado en la base de datos del sistema. El usuario ingresa su contraseña. El usuario hace click sobre el botón entrar. El sistema busca en la base de datos que el usuario ingresado tenga una contraseña registrada. El sistema compara en forma exitosa la contraseña ingresada contra la contraseña que esta guardada en la base de datos en forma encriptada. El sistema valida que la contraseña este <b>ACTIVA</b> y <b>NO</b> este <b>EXPIRADA</b> . El sistema recupera el perfil asociado al usuario con las opciones de menú que tiene disponible. El sistema muestra la página principal donde el usuario tiene acceso a las opciones de menú asignadas a su perfil.



### Flujo Alternativo – Autenticación NO Exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Autenticación NO Exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario accede a la página de inicio.</p> <p>El usuario ingresa en el campo usuario su identificador que corresponde al email registrado en la base de datos del sistema.</p> <p>El usuario ingresa su contraseña.</p> <p>El usuario hace click sobre el botón entrar.</p> <p>El sistema busca en la base de datos que el usuario ingresado tenga una contraseña registrada.</p> <p>El sistema compara en forma <b>NO</b> exitosa la contraseña ingresada contra la contraseña que esta guardada en la base de datos que esta almacenada de forma encriptada.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Usuario o contraseña no valido”</p>

### Flujo Alternativo – Contraseña NO activa

<b>Identificación del Flujo</b>	Contraseña NO Activa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario accede a la página de inicio.</p> <p>El usuario ingresa en el campo usuario su identificador que corresponde al email registrado en la base de datos del sistema.</p> <p>El usuario ingresa su contraseña.</p> <p>El usuario hace click sobre el botón entrar.</p> <p>El sistema busca en la base de datos que el usuario ingresado tenga una contraseña registrada.</p> <p>El sistema compara en forma exitosa la contraseña ingresada contra la contraseña que esta guardada en la base de datos que esta almacenada de forma encriptada.</p> <p>El sistema valida que la contraseña esta <b>INACTIVA</b>.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Usuario con contraseña inactiva”</p>

### Flujo Alternativo – Contraseña expirada

<b>Identificación del Flujo</b>	Contraseña Expirada
<b>Descripción</b>	<p>El usuario accede a la página de inicio.</p> <p>El usuario ingresa en el campo usuario su identificador que corresponde al email registrado en la base de datos del sistema.</p> <p>El usuario ingresa su contraseña.</p> <p>El usuario hace click sobre el botón entrar.</p> <p>El sistema busca en la base de datos que el usuario ingresado tenga una contraseña registrada.</p> <p>El sistema compara en forma exitosa la contraseña ingresada contra la contraseña que esta guardada en la base de datos que esta almacenada de forma encriptada.</p> <p>El sistema valida que la contraseña está <b>ACTIVA</b>.</p> <p>El sistema valida que la contraseña esta <b>EXPIRADA</b>.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Usuario con contraseña inactiva”</p>

### Flujo Alternativo – Contraseña Temporal

Identificación del Flujo	Contraseña Temporal
Descripción	<p>El usuario accede a la página de inicio.</p> <p>El usuario ingresa en el campo usuario su identificador que corresponde al email registrado en la base de datos del sistema.</p> <p>El usuario ingresa su contraseña.</p> <p>El usuario hace click sobre el botón entrar.</p> <p>El sistema busca en la base de datos que el usuario ingresado tenga una contraseña registrada.</p> <p>El sistema compara en forma exitosa la contraseña ingresada contra la contraseña que esta guardada en la base de datos que esta almacenada de forma encriptada.</p> <p>El sistema valida que la contraseña está en estado <b>TEMPORAL</b>.</p> <p>El sistema solicita cambiar la contraseña solicitando el ingreso de los campos: Contraseña Actual, Contraseña Nueva y Repita Contraseña. Los datos ingresados en los campos Contraseña Nueva y Repita Contraseña deben ser iguales y la contraseña vigente debe corresponder con la contraseña guardada en la base de datos de forma encriptada. Si las contraseñas no coinciden el sistema muestra el mensaje "Contraseña vigente invalida"</p> <p>El sistema cambia el estado de la contraseña a <b>ACTIVA</b> si los datos del punto anterior fueron ingresados satisfactoriamente.</p>

### Flujo Alternativo – Usuario solicita contraseña temporal con contraseña activa

Identificación del Flujo	Contraseña Temporal
Descripción	<p>El usuario accede a la página de inicio.</p> <p>El usuario selecciona la opción ¿Olvidaste tu contraseña?</p> <p>El sistema muestra una página donde el usuario debe ingresar su identificador y luego presionar el botón solicitar clave.</p> <p>El sistema valida que el identificador de usuario exista en la base de datos y que la contraseña vigente este activa.</p> <p>El sistema genera una nueva contraseña y se la envía al correo electrónico registrado (Identificador del usuario) dejando la nueva contraseña en estado <b>TEMPORAL</b>.</p> <p>El sistema muestra el mensaje "Su nueva contraseña ha sido enviada a su correo electrónico registrado".</p>

Mockup: Login.

## Modelo Epidemiológico para la Vigilancia de Enfermedades de Alto Riesgo (EAR)

Usuario

Contraseña



¿Olvidaste tu contraseña?

Mockup página de inicio

Menu



Mockup página cambio de contraseña

Contraseña Actual

Contraseña Nueva

Repita Contraseña



## Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_USUARIOS-01
<b>Nombre</b>	Crear Usuario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

## Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder crear un nuevo usuario en el sistema asignándole un identificador, sus datos básicos, asignarle un perfil, una contraseña y con una fecha de expiración.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de administrador. El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de usuarios y escoge la opción crear usuario.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema registra al usuario en la base de datos y genera contraseña que es enviada vía mail al nuevo usuario.

## Flujo Base – Creación de usuario exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de usuario exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción crear usuario.</p> <p>El usuario administrador ingresa el identificador del nuevo usuario que corresponde a una dirección email. (<a href="mailto:usuario@mail.cl">usuario@mail.cl</a>)</p> <p>El usuario administrador ingresa los datos básicos: Nombre, apellidos, número telefónico.</p> <p>El usuario administrador escoge un perfil para asignarle al nuevo usuario.</p> <p>El sistema valida el formato de los campos ingresados en forma exitosa.</p> <p>El sistema valida que el identificador del usuario no exista en la base de datos.</p> <p>El sistema crea al usuario y le genera una contraseña en estado temporal.</p> <p>El sistema despliega el mensaje “Usuario generado exitosamente”</p> <p>El usuario administrador presiona el botón activa usuario.</p> <p>El sistema deja la contraseña en estado <b>TEMPORAL</b> y <b>ACTIVA</b> y luego envía contraseña al usuario.</p> <p>El sistema muestra mensaje “Contraseña enviada al usuario”</p>

### Flujo Alternativo – Creación de usuario NO exitosa Usuario Existente

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de usuario NO exitosa Usuario Existente
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción crear usuario.</p> <p>El usuario administrador ingresa el identificador del nuevo usuario que corresponde a una dirección email. (<a href="mailto:usuario@mail.cl">usuario@mail.cl</a>)</p> <p>El usuario administrador ingresa los datos básicos: Nombre, apellidos, número telefónico.</p> <p>El usuario administrador escoge un perfil para asignarle al nuevo usuario.</p> <p>El sistema valida el formato de los campos ingresados en forma exitosa.</p> <p>El sistema valida que el identificador del usuario <b>Existe</b> en la base de datos.</p> <p>El sistema muestra mensaje “Usuario ya registrado”</p>

### Flujo Alternativo – Creación de usuario NO exitosa Campos con error de formato

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de usuario NO exitosa Campos con error de formato
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción crear usuario.</p> <p>El usuario administrador ingresa el identificador del nuevo usuario que corresponde a una dirección email. (<a href="mailto:usuario@mail.cl">usuario@mail.cl</a>)</p> <p>El usuario administrador ingresa los datos básicos: Nombre, apellidos, número telefónico.</p> <p>El usuario administrador escoge un perfil para asignarle al nuevo usuario.</p> <p>El sistema valida el formato de los campos ingresados en forma NO exitosa.</p> <p>El sistema muestra mensaje “Corriga los datos ingresados” marcando en rojo los campos con error y su descripción.</p>

## Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_USUARIOS-02
<b>Nombre</b>	Modificar Usuario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

## Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder modificar los siguientes datos de un usuario en el sistema: Nombre, apellidos, número telefónico y perfil. El identificador del usuario no puede ser modificado.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de administrador. El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de usuarios y escoge la opción modificar usuario.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema modifica en base de datos los datos del usuario.

## Flujo Base – Modificación de usuario exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificación de usuario exitosa
<b>Descripción</b>	El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción modificar usuario. El usuario administrador ingresa el identificador del usuario que corresponde a una dirección email. ( <a href="mailto:usuario@mail.cl">usuario@mail.cl</a> ) o lo selecciona de la lista disponible con los usuarios no eliminados en el sistema. El usuario administrador modifica uno o más datos: Nombre, apellidos, número telefónico y perfil. El usuario presiona el botón modificar. El sistema valida el formato de los campos ingresados en forma exitosa. El sistema guarda los datos del usuario. El sistema despliega el mensaje “Usuario modificado exitosamente”

### Flujo Alternativo – Modificación de usuario exitosa Campos con error de formato

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de usuario NO exitosa Campos con error de formato
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción modificar usuario.</p> <p>El usuario administrador ingresa el identificador del usuario que corresponde a una dirección email. (<a href="#">usuario@mail.cl</a>) o lo selecciona de la lista disponible con los usuarios no eliminados en el sistema.</p> <p>El usuario administrador modifica uno o más datos: Nombre, apellidos, número telefónico y perfil.</p> <p>El usuario administrador presiona el botón modificar.</p> <p>El sistema valida el formato de los campos ingresados en forma NO exitosa.</p> <p>El sistema muestra mensaje “Corriga los datos ingresados” marcando en rojo los campos con error y su descripción.</p>

#### Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_USUARIOS-03
<b>Nombre</b>	Eliminar usuario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

#### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder eliminar un usuario en el sistema.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	<p>El sistema está disponible.</p> <p>El usuario tiene asignado el perfil de administrador.</p> <p>El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de usuarios y escoge la opción eliminar usuario.</p>
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema marca al usuario en la base de datos como eliminado.

### Flujo Base – Eliminación de usuario exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminación de usuario exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción eliminar usuario.</p> <p>El usuario administrador selecciona el identificador del usuario a eliminar.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Está seguro de querer eliminar el usuario”</p> <p>El usuario administrador confirma la eliminación del usuario.</p> <p>El sistema marca en la base de datos al usuario como eliminado no quedando disponible para realizar login o cualquier otra acción en el sistema.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Usuario eliminado”</p>

### Flujo Base – Eliminación de usuario No exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminación de usuario exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de usuario y luego la opción eliminar usuario.</p> <p>El usuario administrador selecciona el identificador del usuario a eliminar.</p> <p>El sistema muestra el mensaje “Está seguro de querer eliminar el usuario”</p> <p>El usuario administrador no confirma la eliminación del usuario.</p> <p>El sistema cierra el cuadro de dialogo.</p>



## Mockup: Usuario.

### Usuario

Crear Usuario


Eliminar Usuario

Modificar Usuario

Generar Contraseña

Usuario

Contraseña




Email

Estado Contraseña

Inactivo

Actualización Contraseña


03-04-2016 20:39:05



Contraseña Actual

Contraseña Nueva

Repita Contraseña



## Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_PARAMETRO-01
<b>Nombre</b>	Crear parámetro
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

## Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder crear un parámetro.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de administrador. El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de parámetros y escoge la opción crear parámetro.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema registra el nuevo parámetro en la base de datos.

## Flujo Base – Creación de parámetro exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de parámetro exitoso
<b>Descripción</b>	El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción crear parámetro. El usuario administrador ingresa una descripción del parámetro. El usuario administrador selecciona la categoría del parámetro entre los valores posibles. (Entrada, Salida y Transición) El usuario administrador escoge el tipo de dato del parámetro. Valores posibles (numérico, texto) El usuario administrador ingresa el tipo de formato para la variable escogida. El usuario administrador presiona el botón grabar. El sistema valida en forma exitosa que se hayan escogido valores para los campos categoría y tipo además de haber ingresado una descripción. El sistema guarda en base de datos el parámetro en forma exitosa.

### Flujo Alternativo – Creación de parámetro NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Creación de parámetro NO exitoso
<b>Descripción</b>	El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción crear parámetro. El usuario administrador ingresa una descripción del parámetro. El usuario administrador NO selecciona la categoría o el tipo o una descripción para el parámetro. El usuario administrador presiona el botón grabar. El sistema valida que la categoría o el tipo o la descripción para el parámetro están vacíos. El sistema muestra un mensaje de error “Ingrese todos los datos obligatorios”

### Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_PARAMETRO-02
<b>Nombre</b>	Modificar parámetro
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder modificar un parámetro.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de administrador. El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de parámetros y escoge la opción modificar parámetro.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema modifica el parámetro en la base de datos.

### Flujo Base – Modificar de parámetro exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificar parámetro exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción modificar parámetro.</p> <p>El usuario administrador escoge el parámetro desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas.</p> <p>El usuario administrador hace doble click en el parámetro seleccionado y el sistema deja disponibles los campos descripción, categoría, tipo y formato para modificar.</p> <p>El usuario administrador modifica uno o todos los campos disponibles para modificar.</p> <p>El usuario administrador presiona el botón grabar. El sistema muestra el mensaje de confirmación “¿Está seguro de querer modificar este parámetro?” y el usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema valida en forma exitosa que existan valores para los campos categoría y tipo además de existir una descripción.</p> <p>El sistema valida en forma exitosa que el parámetro no esté siendo utilizado en algún escenario guardado. Los parámetros que están siendo utilizados en uno o más escenarios no pueden ser modificados.</p> <p>El sistema guarda en base de datos los cambios del parámetro en forma exitosa.</p>

### Flujo Alternativo – Modificar parámetro NO exitoso porque está siendo utilizado en un escenario

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificar parámetro NO exitoso porque está siendo utilizado en un escenario
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción modificar parámetro.</p> <p>El usuario administrador escoge el parámetro desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas.</p> <p>El usuario administrador hace doble click en el parámetro seleccionado y el sistema deja disponibles los campos descripción, categoría, tipo y formato para modificar.</p> <p>El usuario administrador modifica uno o todos los campos disponibles para modificar.</p> <p>El usuario administrador presiona el botón grabar. El sistema muestra el mensaje de confirmación “¿Está seguro de querer modificar este parámetro?” y el usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema NO valida en forma exitosa que el parámetro no esté siendo utilizado en algún escenario guardado. Los parámetros que están siendo utilizados en uno o más escenarios no pueden ser modificados.</p> <p>El sistema muestra un mensaje de error “El parámetro está siendo utilizado por un escenario y no puede ser modificado.”</p>

### Flujo Alternativo – Modificar parámetro NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificar parámetro NO exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción modificar parámetro.</p> <p>El usuario administrador escoge el parámetro desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas.</p> <p>El usuario administrador hace doble click en el parámetro seleccionado y el sistema deja disponibles los campos descripción, categoría, tipo y formato para modificar.</p> <p>El usuario administrador modifica uno o todos los campos disponibles para modificar.</p> <p>El usuario administrador presiona el botón grabar. El sistema muestra el mensaje de confirmación “¿Está seguro de querer modificar este parámetro?” y el usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema NO valida en forma exitosa que existan valores para los campos categoría y tipo además de existir una descripción. La categoría o el tipo o la descripción para el parámetro no deben estar vacíos.</p> <p>El sistema muestra un mensaje de error “Ingrese todos los datos obligatorios”</p>

#### Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-MANTENEDOR_PARAMETRO-03
<b>Nombre</b>	Eliminar parámetro
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

#### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de administrador poder eliminar un parámetro.
<b>Actores</b>	Usuario Administrador
<b>Pre-Condiciones</b>	<p>El sistema está disponible.</p> <p>El usuario tiene asignado el perfil de administrador.</p> <p>El usuario administrador ingresa desde la página principal a la opción de mantenedor de parámetros y escoge la opción eliminar parámetro.</p>
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema elimina el parámetro en la base de datos.

### Flujo Base – Eliminar parámetro exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminar parámetro exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción eliminar parámetro.</p> <p>El usuario administrador escoge el parámetro desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas.</p> <p>El usuario administrador hace doble click en el parámetro seleccionado y el sistema muestra un mensaje de alerta “Está seguro de eliminar este parámetro”.</p> <p>El usuario administrador confirma la eliminación haciendo click en el botón confirmar.</p> <p>El sistema valida en forma exitosa que el parámetro no esté siendo utilizado en algún escenario guardado. Los parámetros que están siendo utilizados en uno o más escenarios no pueden ser eliminados.</p> <p>El sistema elimina de la base de datos el parámetro en forma exitosa.</p>

### Flujo Alternativo – Eliminar parámetro NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminar de parámetro NO exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario administrador selecciona la opción de mantenedor de parámetros y luego la opción eliminar parámetro.</p> <p>El usuario administrador escoge el parámetro desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas.</p> <p>El usuario administrador hace doble click en el parámetro seleccionado y el sistema muestra un mensaje de alerta “Está seguro de eliminar este parámetro”.</p> <p>El usuario administrador confirma la eliminación haciendo click en el botón confirmar.</p> <p>El sistema valida en forma NO exitosa que el parámetro no esté siendo utilizado en algún escenario guardado. Los parámetros que están siendo utilizados en uno o más escenarios no pueden ser eliminados.</p> <p>El sistema muestra el mensaje de error “El parámetro está siendo utilizado en un escenario”</p>

Mockup: Parámetros.

## Mantenedor Parámetros

Id	<input type="text" value="1"/>
Codigo parámetro	<input type="text" value="S"/>
Descripción	<input type="text" value="Centros de cultivo susceptibles"/>
Tipo	<input type="text" value="numerico"/>
Categoría	<input type="text" value="Entrada"/>
Modelo Simulación	<input type="text" value="1"/>

Grabar

Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-VISUALIZAR_ESCENARIO-01
<b>Nombre</b>	Visualizar resumen de escenario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario visualizar los datos de resumen de un escenario.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de usuario. El usuario ingresa desde la página principal a la opción de escenarios.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema muestra los datos de resumen de escenario.

### Flujo Base – Visualizar resumen de escenario exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Visualizar resumen de escenario exitoso
<b>Descripción</b>	El usuario selecciona la opción de escenarios. El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla. El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema muestra en pantalla los datos del escenario. (nombre del escenario, estado y fecha de creación)

### Flujo Alternativo – Visualizar resumen de escenario NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Visualizar resumen de escenario NO exitoso
<b>Descripción</b>	El usuario selecciona la opción de escenarios. El usuario utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas ingresa la descripción del escenario o el filtro por fecha disponible en la pantalla. El sistema no encuentra datos de escenarios en base al criterio utilizado.

### Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-VISUALIZAR_ESCENARIO-02
<b>Nombre</b>	Visualizar detalle escenario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario visualizar el detalle de un escenario de simulación.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de usuario. El usuario ha seleccionado un escenario y el sistema desplegó los datos de resumen del escenario.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema muestra la información con el detalle del escenario simulado

### Flujo Base – Visualizar detalle escenario exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Visualizar detalle escenario
<b>Descripción</b>	El usuario hace click sobre el botón ver detalle. El sistema busca los valores disponibles del escenario y los muestra en pantalla. Los escenarios no simulados no tienen valores para mostrar.

### Flujo Alternativo – Visualizar detalle escenario NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Visualizar escenario NO exitoso
<b>Descripción</b>	El usuario hace click sobre el botón ver detalle. El sistema no encuentra valores disponibles para el escenario. El sistema muestra el mensaje “No existen valores para este escenario de simulación”



## Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-ADMINISTRAR_ESCENARIO-01
<b>Nombre</b>	Crear escenario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

## Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario crear un escenario de simulación.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de usuario. El usuario ingresa desde la página principal a la opción de administrar escenarios y luego escoge la opción crear escenario.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema crea un nuevo escenario en la base de datos.

## Flujo Base – Crear escenario exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Crear escenario
<b>Descripción</b>	El usuario ingresa el nombre del escenario. El usuario escoge el modelo a utilizar para la simulación. El usuario hace click sobre el botón guardar. El sistema valida que el nombre del escenario haya sido ingresado en forma exitosa y que no está duplicado en la base de datos. El sistema crea el modelo en base de datos utilizando las variables definidas en la parametrización según el modelo escogido.

## Flujo Alternativo – Crear escenario exitoso NO exitoso falta nombre

<b>Identificación del Flujo</b>	Crear escenario exitoso NO exitoso falta nombre
<b>Descripción</b>	El usuario no ingresa el nombre del escenario. El usuario escoge el modelo a utilizar para la simulación. El usuario hace click sobre el botón guardar. El sistema valida que el nombre del escenario NO fue ingresado. El sistema muestra el mensaje: “El nombre del escenario es obligatorio”

### Flujo Alternativo – Crear escenario exitoso NO exitoso por nombre duplicado

<b>Identificación del Flujo</b>	Crear escenario exitoso NO exitoso por nombre duplicado
<b>Descripción</b>	<p>El usuario ingresa el nombre del escenario.</p> <p>El usuario escoge el modelo a utilizar para la simulación.</p> <p>El usuario hace click sobre el botón guardar.</p> <p>El sistema valida que el nombre del escenario haya sido ingresado en forma exitosa.</p> <p>El sistema valida que el nombre del escenario esta duplicado en la base de datos.</p> <p>El sistema muestra el mensaje: “El nombre del escenario ya existe”</p>

Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-ADMINISTRAR_ESCENARIO-02
<b>Nombre</b>	Modificar valores escenario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario modificar los valores de un escenario de simulación.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	<p>El sistema está disponible.</p> <p>El usuario tiene asignado el perfil de usuario.</p> <p>El usuario ingresa desde la página principal a la opción de administrar escenarios y luego escoge la opción modificar escenario.</p>
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema modifica los valores de los parámetros para un escenario existente en la base de datos.

### Flujo Base – Modificar valores escenario exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificar valores escenario exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema muestra en pantalla los parámetros del escenario en una grilla para su modificación.</p> <p>El usuario actualiza los valores en la grilla para cada uno de los parámetros desplegados.</p> <p>El usuario presiona el botón grabar y el sistema despliega un mensaje de confirmación. (Confirmar/Cancelar)</p> <p>El usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema actualiza exitosamente los valores en la base de datos.</p>

### Flujo Alternativo – Modificar valores escenario NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Modificar valores escenario NO exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema muestra en pantalla los parámetros del escenario en una grilla para su modificación.</p> <p>El usuario actualiza los valores en la grilla para cada uno de los parámetros desplegados.</p> <p>El usuario presiona el botón grabar y el sistema despliega un mensaje de confirmación. (Confirmar/Cancelar)</p> <p>El usuario presiona sobre el botón cancelar.</p> <p>El sistema no actualiza los valores en la base de datos y recarga la página mostrando los valores originales.</p>

Identificación del Caso de Uso

<b>Identificador</b>	MEVEAR-ADMINISTRAR_ESCENARIO-03
<b>Nombre</b>	Eliminar escenario
<b>Autor</b>	Bartolomé Rodillo
<b>Extiende Funcionalidad de</b>	N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario eliminar un escenario.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	<p>El sistema está disponible.</p> <p>El usuario tiene asignado el perfil de usuario.</p> <p>El usuario ingresa desde la página principal a la opción de administrar escenarios y luego escoge la opción eliminar escenario.</p>
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema elimina escenario existente en la base de datos.

### Flujo Base – Eliminar escenario exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminar escenario exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema despliega un mensaje de confirmación “Está seguro de querer eliminar el escenario”. (Confirmar/Cancelar)</p> <p>El usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema elimina exitosamente el escenario de la base de datos. (No incluir la eliminación en la tabla execution_log)</p>

## Flujo Alternativo – Eliminar valores escenario NO exitoso

<b>Identificación del Flujo</b>	Eliminar escenario NO exitoso
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema despliega un mensaje de confirmación “Está seguro de querer eliminar el escenario”. (Confirmar/Cancelar)</p> <p>El usuario presiona sobre el botón cancelar.</p> <p>El sistema no elimina registros en la base de datos.</p>

Mockup: Escenarios

### Escenarios

Crear Escenario

Eliminar Escenario

Modificar Escenario

Busqueda

Desde

Hasta

Escenarios

Nombre	Estado	Modelo	Fecha creación	Fecha actualización	Usuario
Prueba 1	created	1	03-02-2016	03-03-2016	admin
Prueba 2	created	1	01-03-2016	23-03-2016	admin

Ver detalle

## Detalle escenario

Escenario

Prueba 1

parameter_description	Categoría	Tipo	Formato	Valor
Centros de cultivo susceptibles	Entrada	numerico		0
Centros de cultivo expuestos	Entrada	numerico		0
Centros de cultivo infecciosos	Entrada	numerico		0
Centros de cultivo removidos	Entrada	numerico		0

### Identificación del Caso de Uso

**Identificador**

MEVEAR-ADMINISTRAR\_ESCENARIO-04

**Nombre**

Generar simulación

**Autor**

Bartolomé Rodillo

**Extiende Funcionalidad de**

N/A

### Descripción del Caso de Uso

<b>Objetivo</b>	Permite al usuario con perfil de usuario generar una simulación de un escenario.
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Pre-Condiciones</b>	El sistema está disponible. El usuario tiene asignado el perfil de usuario. El usuario ingresa desde la página principal a la opción de administrar escenarios y luego escoge la opción simular escenario.
<b>Post-Condiciones</b>	El sistema genera simulación de escenario y guarda los resultados en la base de datos.

### Flujo Base – Generar simulación exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Generar simulación exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema despliega un mensaje de confirmación “Está seguro de querer simular el escenario”. (Confirmar/Cancelar)</p> <p>El usuario presiona sobre el botón confirmar.</p> <p>El sistema genera la simulación exitosamente con los datos de entrada del escenario y los guarda en la base de datos. (se debe actualizar la tabla execution_log)</p>

### Flujo Alternativo – Generar simulación NO exitosa

<b>Identificación del Flujo</b>	Generar simulación NO exitosa
<b>Descripción</b>	<p>El usuario selecciona la opción de escenarios.</p> <p>El usuario escoge el escenario desde la lista disponible de parámetros o utilizando el cuadro de texto disponible para las búsquedas o el filtro por fecha disponible en la pantalla.</p> <p>El usuario hace doble click en el escenario seleccionado y el sistema despliega un mensaje de confirmación “Está seguro de querer simular el escenario”. (Confirmar/Cancelar) El usuario presiona sobre el botón cancelar.</p> <p>El sistema no realiza ninguna acción de simulación.</p>

Mockup: Simulación.

## Generar Simulación

Busqueda

Desde  Hasta

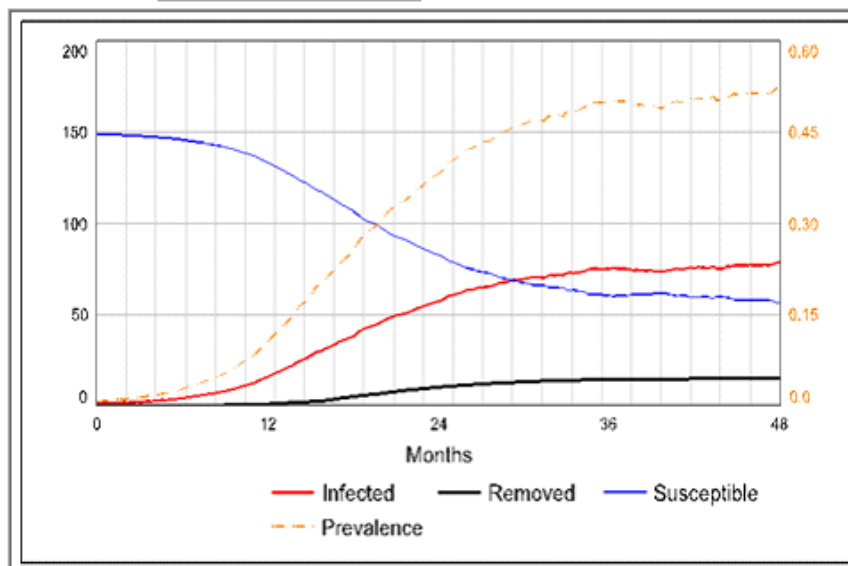


Escenarios

Nombre	Estado	Modelo	Fecha creación	Fecha actualización	Usuario
Prueba 1	created	1	03-02-2016	03-03-2016	admin
Prueba 2	created	1	01-03-2016	23-03-2016	admin

## Resultados de la Simulación

Escenario

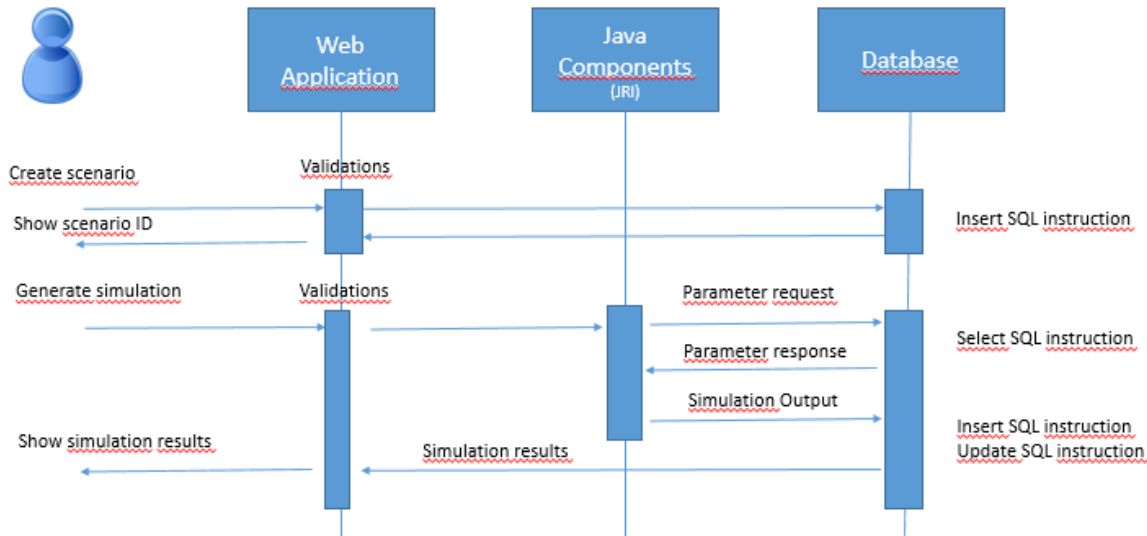


Ver Datos Simulados

Ver Datos Reales

## Diagrama de secuencia:

A continuación, se muestra el diagrama de secuencia de contexto para la creación de escenarios de simulación y para la generación de la simulación del escenario.



## Requerimientos generales:

Las consideraciones de construcción de las interfaces gráficas requeridas para los casos de uso considerados en este diseño se detallan a continuación:

Todas las pantallas deben tener disponible un botón volver.

Los datos de navegación deben mantenerse en sesión de manera que al utilizar el botón volver no se pierda información de los formularios.

Las páginas que tengan grillas de información deben tener la opción de exportación a Excel o CSV de los datos.

La aplicación debe tener manejo de excepciones de manera que todos los posibles errores estén controlados.

## Requerimientos no funcionales

La aplicación debe ser desarrollada utilizando el lenguaje JAVA.

La base de datos utilizara un motor SQLServer 2008 R2

Las simulaciones se realizarán utilizando R version 3.2.5 o superior.

La aplicación debe estar protegida ante ataques de SQL Injection.

La aplicación debe manejar un tiempo parametrizable para la expiración de la sesión del usuario.

La aplicación debe soportar el uso de protocolo https.

El almacenamiento de contraseñas debe considerar un algoritmo de encriptación robusto y unidireccional.

El tiempo de respuesta máximo por transacción debe ser menor o igual a 5 segundos. Esto a excepción de la ejecución de simulaciones.

La aplicación debe considerar un log o bitácora de ejecución de acciones.

La aplicación debe soportar una capacidad para 20 usuarios concurrentes.



## Requerimientos de ETL para carga de datos reales desde sistema SIFA.

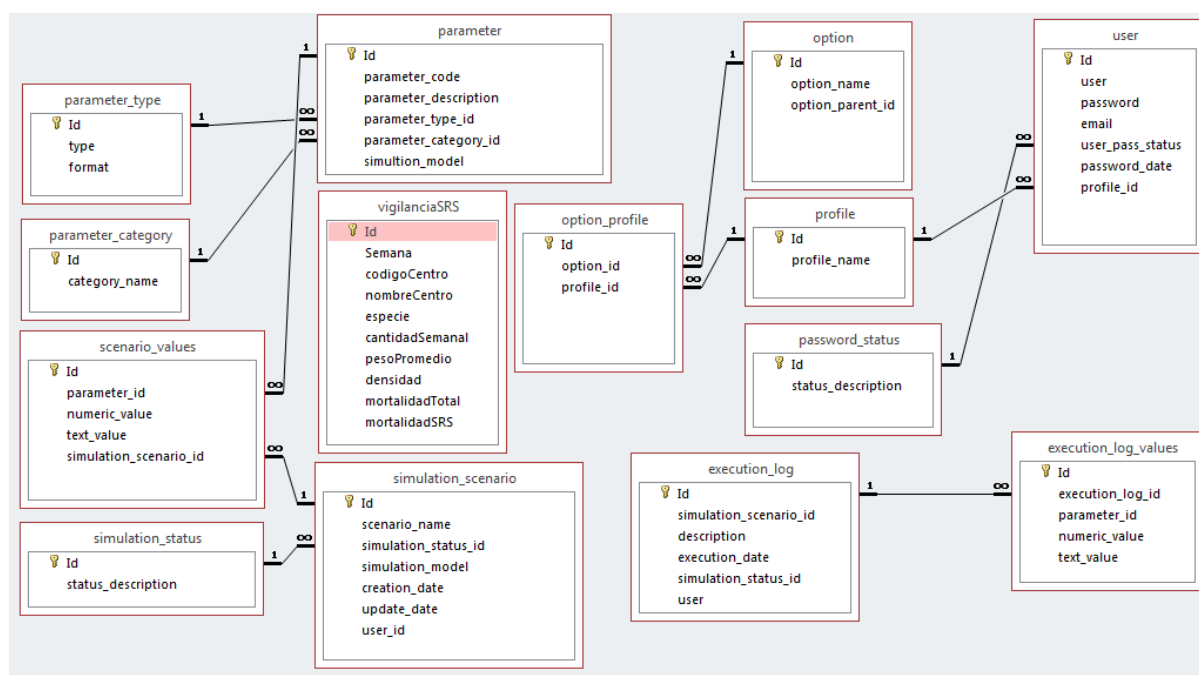
Con periodicidad semanal se requiere que el sistema SIFA provea de la siguiente información para ser cargada en el sistema MEVEAR con el objetivo de poder comparar los datos simulados respecto de los datos reales observados a través del plan de vigilancia de SRS. La salida de los resultados incluirá una gráfica con la incidencia de los centros en brotes.

La información requerida para este proceso de carga semanal es la siguiente:

Campo	Descripción
Semana	Semana de reporte en formato YYYY-Semana XX
Código Centro	Corresponde al código del centro.
Nombre Centro	Corresponde al nombre del centro.
Especie	Corresponde a la especie.
N° Individuos Semanal	Corresponde a la cantidad de individuos semanal.
Peso Promedio (gr)	Corresponde al peso (gr).
Densidad (Kg/m3)	Corresponde a la densidad (Kg/m3).
Mortalidad Total	Corresponde a la mortalidad total.
Mortalidad SRS	Corresponde a la mortalidad de SRS.

## Diagrama de entidad relación

Se adjunta el detalle del diagrama de entidad relación propuesto para dar soporte al modelo computacional. En este se incluyen las principales relaciones entre las tablas del modelo para dar soporte a la especificación funcional.



## Diagrama de arquitectura de alto nivel




































## 10.5 Resultado 5.5 Estimación de costos

La estimación considera la construcción del programa comunicacional, es decir el desarrollo del software. El costo de infraestructura no forma parte del alcance del desarrollo de un programa computacional ni tampoco la compra de licencias o sistema operativo. No se consideran tampoco costos de operación de reuniones, etc.

	Descripción	HH	Plazos (Días)	Semana												Costo (UF)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Diseño Interface/Componente	Reunión Inicial Kick Off	8	8	1												12
	Acta de constitución de proyecto	12	12	2												18
	Login	2	118	16												177
	Cambio Contraseña	2														
	Home	2														
	Mantenedor Usuario	2														
	Mantenedor Opciones	2														
	Mantenedor Perfiles	2														
	Mantenedor Categorías	2														
	Mantenedor Tipos	2														
	Mantenedor Parámetros	2														
	Escenario	2														
	Escenario - Detalle	2														
	Simulación	2														
	Simulación Resultados	4														
	Simulación LOG	2														
	Simulación LOG - Detalle	2														
	Componente JRI	6														
	Bitacora	2														
Construcción	Documento de especificación Funcional	12	330	48												495
	Documento de especificación Técnica	12														
	Entrega, presentación y revisión de documentos (3 días)	54														
	Aprobación de documento Tecnico/Funcional	0														
	Login	12														
	Cambio Contraseña	6														
	Home	12														
	Mantenedor Usuario	12														
	Mantenedor Opciones	12														
	Mantenedor Perfiles	12														
	Mantenedor Categorías	12														
	Mantenedor Tipos	12														
	Mantenedor Parámetros	12														
	Escenario	12														
	Escenario - Detalle	12														
	Simulación	12														
Certificación	Simulación Resultados	24	326	10												489
	Simulación LOG	12														
	Simulación LOG - Detalle	24														
	Componente JRI	40														
	Desarrollo Scripts R	80														
	Bitacora	12														
Soporte Cliente	Plan de Pruebas	32	80	10												120
	Ejecución del plan de pruebas Ciclo 1	75														
	Correcciones	72														
	Ejecución del plan de pruebas Ciclo 2	25														
	Pruebas de rendimiento	90														
Certificación	Documento UAT	32	80	10												120
	Capacitación cliente (1 sesión 1 día)	8														
	Ejecución del plan de pruebas Ciclo 1 (cliente)	0														
	Correcciones	72														
Soporte Cliente	Ejecución del plan de pruebas Ciclo 2 (cliente)	0	80	10												120
	Capacitación cliente (1 sesión 1 día)	8														
	Ejecución del plan de pruebas Ciclo 1 (cliente)	0														
	Correcciones	72														
Paso a Producción y Soporte		16	16	1												24
Gestión de Proyecto		267	890	88												400,5
Total Horas Proyecto		1157	176													
Total Costo proyecto (UF Neto)																1735,5

## 10.6 Resultado 5.6 Biblioteca digital

Referencias incluidas en CD. En dicho material se encuentran todas las referencias indicadas en la sección 13c "Referencias Bibliográficas", a excepción de libros y reportes, disponibles en la web o en formato físico.

 Almendras_et_al_1997_Experimental_Infection_SRS	 Werkman_2011_Following_disease_control
 Asche et al_2009_The Salmon disease Crisis in Chile	 Yatabe_2011_Risk_Factors_Sea_lice
 Boelle-Obadia_2015_EstimacionR0	
 Bravo_1994_SRS in Freshwater	
 Brocklebank et al_1992_Septicemia Infection	
 Delignette-Muller_2015_fitdistplus	
 Fevolden_1992_Disease resistance in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) selected for stress response	
 Fevolden_1993_Disease resistance in Atlantic salmon (Salmo salar) selected for high or low responses to stress	
 Fryer et al_1992_Piscirickettsia_Salmonids	
 Fryer_Hedrick-2003_Piscirickettsia Salmonis	
 Georgiadis_2001_Epidemiology in fish	
 Grassly_2008_Mathematical modelling	
 Hamilton-West_2011_Epi_description	
 Kopec_2010_Validation_Models	
 Kuldorff_2007_Disease_Surveillance	
 Lannan and Fryer_1993_Piscirickettsia_Chile	
 Larenas_2003_Experimental_Transmission_SRS	
 Mardones_2009_Epi_Investigation_JSA_Chile	
 Mardones_2011_Farm_level reproduction number d	
 Mardones_2013_Within farm ISAV spread	
 Mardones_2014_Fish movs and ISA	
 Martinez-Lopez_2014_A_novel_spatial	
 Mauel et al_2008_Culture of SRS	
 Olivares and Marshal_2010_SRS_and Following	
 Rees_2014_Transmission of Piscirickettsia salm	
 Rozas and Henriquez_2014_SRS Review	
 Siettos_2013_Disease_Modelling	
 Smith_1999_Routes_of_entry_SRS	
 Soataert_2010_Solving_Diff_Distributions	
 Subasinghe_2005_Epidemiological approach to aquatic animal	
 Vicenty_1975_Direct_and_inverse_solutions_geodesic	

Adicionalmente, se encuentran disponibles en esta biblioteca digital, los siguientes archivos de bases de datos:

BASE\_DATOS\_GENERADOS (Excel)

DBCATEG: Base de Datos categorías (.DBF)

DBFINAL: Base de mortalidades + tratamientos + Caligus (.DBF)

DBINFEC: Cantidad de centros con contagio de SRS, total y por macro zona (.DBF)

DBMEVEAR: Base de Datos Modelo Epidemiológico Vigilancia Enfermedades Alto Riesgo. (.ACCDB)

Detalle de campos (Word)

## 10.7 Resultado 5.7 Resumen del proyecto en inglés

This project, according to the technical and administrative bases, developed an epidemiological model for high-risk diseases in Chilean aquaculture, focusing on *Piscirickettsia salmonis* (SRS). A team of experts worked in two key areas: veterinary epidemiology and computer science.

Was agreed to consider Piscirickettsiosis as the target disease, in two representative Macrozones (MZ 3 and 6), where high quality information had been recorded in the last three years, including one from Los Lagos Region and one from Aysén Region. Key variables were defined and requested, and then were contrasted with the information available to develop the epidemiological model.

The team was able to obtain the necessary confidentiality authorizations to use the data set, which was received with some observations. The data description and first analysis allowed to identify two variables of relevance to be considered for a future model: stress management (such as the baths applied to treat sea lice and vaccinations) and the farmed salmon species. The prevalence ranged between 8.8 and 65%. A SLIR transitional model was then constructed to describe the outbreaks, using available information of sufficient quality and quantity to represent the Chilean production in the study period, including productive variables. The model obtained had an adequate adjustment, presenting this as a real and useful alternative to describe SRS outbreaks in the study zone.

Finally, the IT consultant identified the structure and potential quality of the available data, allowing to generate a global idea of the type of necessary requirements to generate the data model and the bases for its future implementation. Based on this identification and after the creation of the model, the future requirements for the software development in its different stages are presented.

## 10.8 Resultado 5.8 Borrador de publicación científica

### Resumen

La gestión sanitaria, tanto para la prevención, control y erradicación de enfermedades que afectan a recursos hidrobiológicos, como aquella que se realiza en situaciones de emergencia sanitaria, no puede improvisarse. Para esto, un elemento clave son los modelos epidemiológicos de diseminación de enfermedades. Estos modelos representan una herramienta clave en la gestión sanitaria en países desarrollados, permitiendo implementar, entre otros, respuestas tempranas frente a eventos sanitarios, optimizar la distribución de recursos, tanto económicos, como humanos; probar diferentes herramientas para la prevención o el control de enfermedades en una escala temporal muchas veces menor y a un costo más bajo que un ensayo de campo. Por ese motivo, se ha realizado la presente investigación, en busca de aportar al conocimiento de la epidemiología de la piscirickettsiosis, estableciendo una caracterización de los brotes de la enfermedad, identificando los factores de riesgo para su presentación y desarrollando un modelo predictivo de la enfermedad.

### Introducción

La acuicultura es el sector de producción de alimentos de origen animal que ha experimentado la mayor rapidez en crecimiento a nivel mundial, siendo la fuente de diversos productos para el consumo humano. Sin embargo, el desarrollo del sector acuícola se ve amenazado por la presencia de enfermedades, las que son reconocidas como la principal limitante para el desarrollo de este sector (Subasinghe et al., 2005).

En Chile, el sector acuícola ha experimentado un importante desarrollo y se ha consolidado como un rubro importante dentro de la economía chilena desde sus inicios de la década de los 80s (Lannan and Fryer, 1993). Sin lugar a dudas, el cultivo de especies salmónidas ha liderado la producción, lo que se refleja principalmente en su volumen de cosecha y valores de exportación. Entre las principales amenazas sanitarias que ha experimentado la salmonicultura nacional, se puede mencionar al virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv), a la infestación causada por *Caligus rogercresseyi* (Caligidosis) y a la infección causada por *Piscirickettsia salmonis* (piscirickettsiosis o septicemia rickettsial salmonídea, o SRS), como ejemplo de enfermedades virales, parasitarias y bacterianas respectivamente (Asche et al., 2009; Fryer and Hedrick 2003; Hamilton-West, et al., 2012; ).

Los primeros antecedentes de piscirickettsiosis se remontan al año 1989, donde la enfermedad se reporta en centros de cultivo de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) mantenidos en la Región de Los Lagos. Sin embargo, solo en el año 1992 se logra la identificación del agente infeccioso causante de la enfermedad, el cual se describe como una nueva especie de bacteria, que entre sus características se encuentra ser gramnegativa, intracelular, inmóvil, aeróbica, poseer forma cocoide, con un diámetro que va de 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$ , observada a menudo como anillos pares de forma curva (Fryer et al., 1992; Fryer and Hedrick 2003).

En cuanto a la presentación de la enfermedad, se describe como una patología principalmente de mar y estuario, cuyos primeros signos pueden identificarse entre

las 6 a 12 semanas después de la siembra de peces en el mar. La mortalidad causada por la enfermedad puede variar entre el 30 y el 90% de los peces (Fryer and Hedrick 2003). Sin embargo, en 1993 se reporta un brote de la enfermedad en una piscicultura ubicada en el Lago Llanquihue (Bravo, 1994)

Experimentalmente se ha demostrado la transmisión de *P. salmonis* por vías vertical y horizontal. Asimismo, se ha descrito experimentalmente la infección por las vías intraperitoneal, oral y por branquias, demostrándose que *P. salmonis* es capaz de penetrar piel y branquias intactas, aún en ausencia de vectores (Almendras et al., 1997; Smith et al., 1999; Larenas et al., 2003). Además, se describe que la bacteria se elimina por bilis, heces, orina y de peces infectados, con o sin signos clínicos de la enfermedad (Rozas and Henriquez, 2014) y que la sobrevivencia del patógeno en agua de mar puede llegar hasta los 50 días (Olivares and Marshall, 2010).

En la actualidad, la piscirickettsiosis se encuentra diseminada prácticamente en toda la zona de producción de salmones en Chile, afectando a todas las especies de salmónidos cultivados. Como respuesta, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), ha implementado el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Piscirickettsiosis, con el objetivo disminuir el impacto de la enfermedad a través de la detección temprana y seguimiento de casos, aplicando medidas de control oportunas y graduales (Chile, 2012).

A pesar de la importancia que reviste la piscirickettsiosis para la industria productora de salmón en Chile, aun se desconocen diversos aspectos de la epidemiología de la enfermedad, que puedan apoyar y complementar el desarrollo de las políticas para el control de la enfermedad. La gestión sanitaria, tanto para la prevención, control y erradicación de enfermedades que afectan a recursos hidrobiológicos, como aquella que se realiza en situaciones de emergencia sanitaria, no puede improvisarse. Para esto, un elemento clave son los modelos epidemiológicos de diseminación de enfermedades. Estos modelos representan una herramienta clave en la gestión sanitaria en países desarrollados, permitiendo implementar, entre otros, respuestas tempranas frente a eventos sanitarios, optimizar la distribución de recursos, tanto económicos, como humanos; probar diferentes herramientas para la prevención o el control de enfermedades en una escala temporal muchas veces menor y a un costo más bajo que un ensayo de campo. Por ese motivo, se ha realizado la presente investigación, en busca de aportar al conocimiento de la epidemiología de la piscirickettsiosis, estableciendo una caracterización de los brotes de la enfermedad, identificando los factores de riesgo para su presentación y desarrollando un modelo predictivo de la enfermedad.

## Materiales y métodos

### Fuentes de información

Se recibieron diferentes bases de datos desde el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), con datos referentes a i) mortalidades, ii) tratamientos y iii) carga de *Caligus rogercresseyi*. Estas bases de datos fueron combinadas en un solo archivo, en base a la semana estandarizada de producción, y se eliminaron 126 registros por problemas en la calidad de datos o por ser semanas aisladas de algún ciclo productivo.

Como caso de SRS, se definió al centro de cultivo que presentó un nivel de mortalidad semanal asociado a la enfermedad, igual o superior a 0,35% en un ciclo productivo, en concordancia con los límites establecidos por Sernapesca.

### Caracterización de focos de piscirickettsiosis

Para la caracterización de los focos de SRS, se consideraron herramientas de estadística descriptiva, a nivel de ciclo productivo. Entre otros se identificaron la cantidad de focos presentados, la duración promedio de estos y el peso promedio en que se registraron los casos de SRS. Asimismo, se realizaron comparaciones para las variables mencionadas entre las regiones en estudio (test de Wilcoxon).

Asimismo, se elaboraron las curvas epidémicas, que es la representación gráfica de la ocurrencia de casos de SRS en el tiempo (2012-2015), en base a la cuenta de casos de SRS, según la definición previa.

Para el análisis de la información se utilizaron los programas Excel® e Infostat®.

### Identificación de factores de riesgo para piscirickettsiosis

Para la evaluación de los factores que influyen en la probabilidad de que durante un ciclo productivo se presenten casos de SRS se utilizó un modelo de regresión logística univariado (Dohoo et al., 2010), a nivel de ciclo productivo, en cada región de estudio.

Brevemente, esta metodología permite asociar una variable respuesta o dependiente “Y”, que en este caso está representada por la clasificación de los registros en “caso” (mortalidad causada por SRS igual o mayor a 0.35% de la población de peces durante alguna semana del ciclo productivo “C” o “no caso” (mortalidad asociada a SRS menor a 0.35% de la población de peces durante el ciclo productivo “C”), con una variable predictora “X”. La probabilidad de ocurrencia de casos de SRS se representará por “ $\pi$ ”, y esta relación con la variable predictora se da por las siguientes fórmulas, donde  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros del modelo.

$$\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 X$$
$$\pi = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$



Como caso de SRS, se definió al ciclo productivo que presentó un nivel de mortalidad semanal asociado a la enfermedad, igual o superior a 0,35%, en concordancia con los límites establecidos por Sernapesca (Chile, 2012).

Para la identificación de factores de riesgo para la presentación de SRS, se evaluaron las siguientes variables (tabla 1). De estas variables, algunas se obtuvieron directamente de los registros proporcionados desde Sernapesca, y otras fueron elaboradas a partir de criterios de clasificación y asociación de diferentes variables.

**Tabla 1. Variables evaluadas como factor de riesgo para SRS**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
<b>Especie (sp)</b>	Especie cultivada (1: salmón del atlántico, 2: salmón coho y 3: trucha arcoíris)
<b>Casos de necrosis pancreática infecciosa (CIPN)</b>	Ocurrencia de necrosis pancreática infecciosa (número de casos mayor o igual al 0,1% de la población en cultivo)
<b>Casos de infección bacteriana del riñón (CBKD)</b>	Ocurrencia de infección bacteriana del riñón (número de casos mayor o igual al 0,1% de la población en cultivo)
<b>Casos de síndrome icterico (CSIC)</b>	Ocurrencia de síndrome icterico (número de casos mayor o igual al 0,1% de la población en cultivo)
<b>Casos de otras enfermedades (OD_C)</b>	Presencia de alguna enfermedad concomitante (sea esta IPN, BKD o SIC), según los criterios descritos previamente
<b>Tratamientos (baño) de Caligus (CAL_b)</b>	Realización de baños contra <i>Caligus rogercresseyi</i>
<b>Tratamientos inyectables contra SRS (SRS_inj)</b>	Realización de tratamientos inyectables contra SRS
<b>Tratamientos estresantes (TTO_C)</b>	Realización de algún tratamiento estresante (baño contra Caligus o tratamientos inyectable contra SRS)
<b>Agrupación de concesiones (ACS)</b>	ACS a la cual se asocia el ciclo productivo

#### Modelo predictivo (SLIR) para SRS

La formulación del modelo consideró como unidad de estudio y para todos los análisis, al centro de cultivo de salmones emplazado en agua de mar y que se distribuye espacialmente en ambas macrozonas. A través de procesos estocásticos, es decir, variables que fueron definidas por una distribución probabilística determinada, los centros fueron clasificados en cuatro estados de transición o compartimentos que reflejan su estatus o condición sanitaria con respecto a SRS, y que al mismo tiempo son dinámicas pues varían en el tiempo. Estas categorías son las siguientes:

**Susceptible (S):** definido como aquel centro de cultivo que tiene peces susceptibles a la exposición de la bacteria. Aunque estén vacunados contra la enfermedad, existe una probabilidad de infección, pero que al mismo tiempo, no existen diagnósticos de laboratorio positivos ni signología clínica consistente con SRS.

**Infectado o caso (I):** definido como los nuevos centros de cultivo infectados con SRS (nuevos casos), a partir de un caso inicial o la aparición espontánea producto de una persistencia del agente en el medio ambiente. Hipotéticamente, este centro será el origen de la infección para los centros susceptibles más cercanos. Ahora bien, este riesgo de infección será mucho mayor en la medida que exista una mayor proximidad a centros de cultivo infectados, compartan una red de contacto mayor, tengan una mayor biomasa u otro parámetro que estará contenido en el modelo y que, en definitiva, permita explicar su transmisión.

**Latente (L):** definido como aquel centro de cultivo que estando en condición de infectado, no presenta mortalidad ni signología clínica atribuible a SRS.

**Removido o cosechado (R):** definido como aquel centro de cultivo cuyos peces han sido cosechados o eliminados del sistema y por lo tanto, no se corresponden con ninguna de las categorías antes mencionadas.

A partir de las siguientes ecuaciones se logran determinar los diferentes estados de infecciosidad:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= vN - \beta SI + \mu S, \\ \frac{dL}{dt} &= \beta SI - \tau L - \mu L, \\ \frac{dI}{dt} &= \tau L + \rho I - \mu I, \\ \frac{dR}{dt} &= \rho I - \mu R\end{aligned}$$

El parámetro  $v$  corresponde a la tasa de stock de nuevos centros. Esto significa que, en cada unidad de tiempo, nuevos centros son sembrados los cuales son nuevos susceptibles a SRS. En forma opuesta, se define al parámetro  $\mu$  como la tasa de remoción o de cosecha, es decir, la tasa en que los centros son cosechados en el sistema. Típicamente en epidemiología se considera que  $v=\mu$  para mantener el tamaño poblacional estable, sin embargo, en esta aproximación se consideraron como diferentes a partir de la estimación de estos parámetros por los datos provistos por Sernapesca. El inverso de esta tasa está determinada por la duración promedio de la infecciosidad ( $1/\mu$ ) la cual está determinada por la duración del ciclo de producción. Esto último asume que un centro de cultivo que ha sido infectado por SRS, es capaz de infectar a otros centros de cultivo a lo largo de todo el resto del periodo de su ciclo de producción.

El parámetro  $\tau$  corresponde a la duración del periodo de latencia que corresponde al periodo entre la exposición a *P. salmonis* y el inicio del periodo de infecciosidad. Este

periodo de latencia se consideró en 3 semanas según la bibliografía. Finalmente, se determinó  $p$  como la proporción de centros que reportan infección aguda por SRS. Estas ecuaciones tienen la condición inicial que  $S(0) > 0$ ,  $I(0) > 0$  y que  $R(0) = 0$ , además que  $S + L + I + R = 1$ .

### Validación del modelo

Se utilizaron los datos de la epidemia que se desarrolló en Chile en ambas macrozonas entre los años 2012–2014. Se buscaron indicadores cuantitativos para describir esta epidemia y comparar con las simulaciones basadas en el modelo utilizando indicadores de similitud entre las simulaciones y los datos de la epidemia.

### Indicadores para describir la epidemia:

1. Número mensuales de centros infectados (N): Corresponde a la suma de todos los centros reportados positivos en un mes.
2. Número total de centros infectados (NT): Corresponde al número total de centros infectados, a partir del brote inicial. En esta suma se consideran los centros que no están activos, luego de haberse infectados.

Se llevó a cabo la prueba de Chi-cuadrado, una prueba estándar para determinar la bondad del ajuste, y que básicamente determina cuán bien el modelo ajusta las observaciones registradas y si existen diferencias estas son significativas o no. Un buen modelo no debiera detectar diferencias significativas entre lo observado y ajustado. Por lo general se considera un valor de  $p$  de 0.05. Si la prueba de Chi-cuadrado entrega un valor de  $p = 1$ , esto se interpreta como que el ajuste del modelo es perfecto.

## Resultados

### Caracterización de focos de piscirickettsiosis

La información proporcionada por Sernapesca incluyó 14.606 registros de datos sanitarios y poblacionales, desde la semana 44 de 2011 (31 de octubre al 6 de noviembre) hasta la semana 40 de 2015 (28 de septiembre al 4 de octubre).

Estos registros corresponden a 187 centros de cultivo, de los cuales 84 se encuentran ubicados en la Región de Los Lagos, y 103 a la Región de Aysén. La información registrada se asoció a 228 ciclos de producción (104 registrados en la región de los Lagos y 124 en la región de Aysén), los que pudieron estar completos o registrados en forma parcial.

En el periodo estudiado, en el 78% de los centros de cultivo se identificó solo un ciclo productivo (76% de los centros ubicados en la Región de los Lagos y 80% de los centros ubicados en la Región de Aysén), mientras que en el 22% (24% de los centros de la Región de los Lagos y 20% de los centros de la Región de Aysén ) se registraron dos ciclos productivos. En cuanto a las especies en producción, en el 60% de los centros se realizó la crianza de salmón del atlántico, en el 12,8 % se crió salmón coho y en el 12,8% se crió trucha arcoíris. Mientras que, en el restante 13,9%, se mantuvieron peces de diferentes especies, en diferentes ciclos productivos. El detalle se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2. Especies cultivadas en centros de cultivo de las Regiones de los Lagos y Aysén, entre 2011 y 2015.**

Especie*	N (%) de centros de cultivo	
	Región de Los Lagos	Región de Aysén
SA	42 (50,0)	71 (68,9)
TA	20 (23,8)	4 (3,9)
SC	17 (20,2)	7 (6,8)
SA / TA	0 (0)	14 (13,6)
SA / SC	2 (2,4)	4 (3,9)
TA / SC	3 (3,6)	2 (1,9)
SA /TA / SC	0 (0)	1 (1)
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>103</b>

\*SA: salmón del atlántico, SC: salmón coho; TA: trucha arcoíris.

En el 37,7% de los ciclos productivos se registraron casos de SRS (50 ciclos de la Región de los Lagos y 36 ciclos de la Región de Aysén) viéndose afectados el 41,7% de los centros de cultivo (44 centros ubicados en la Región de los Lagos y 34 centros de la Región de Aysén). A nivel de centros de cultivo, la prevalencia de SRS fue del 41,7%, siendo mayor en la región de los Lagos, donde se registró un 52,4%, que, en la Región de Aysén, donde se identificó un 33%. Al estimar la prevalencia en función del ciclo productivo, se identifica una prevalencia general de 38,4%, siendo de 48,1 para los ciclos productivos registrados en la Región de Los Lagos y de 29% para los ciclos productivos identificados en la Región de Aysén. El detalle de la prevalencia

anual de SRS, a nivel de centro de cultivo y de ciclo productivo se presenta en la tabla 3.

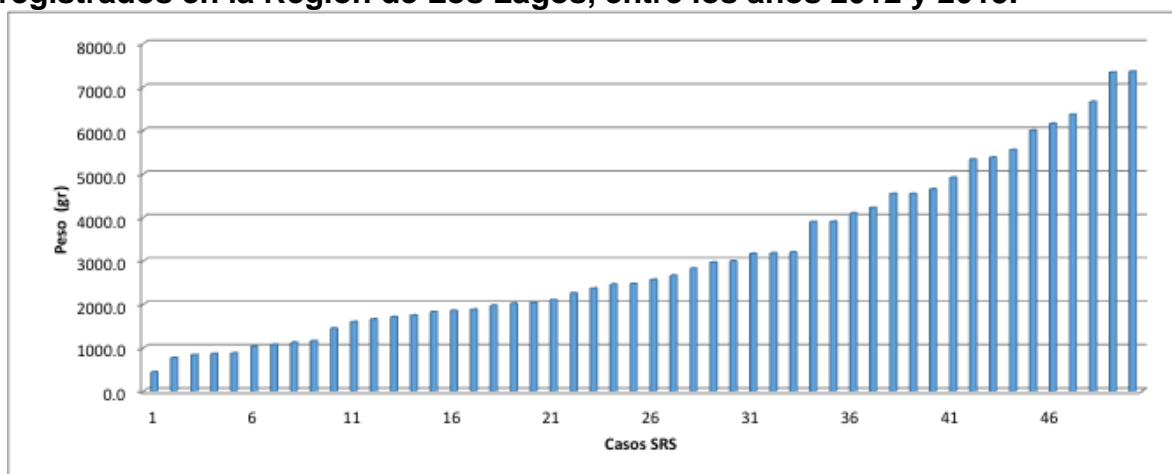
**Tabla 3. Prevalencia anual de SRS a nivel de ciclo productivo y de centros de cultivo, periodo 2012 – 2015.**

Nivel	Prevalencia anual de SRS (%)							
	Region de los Lagos				Región de Aysén			
	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
<b>Ciclo productivo</b>	12,5	28,8	35,8	65,0	8,8	19,8	10,0	33,3
<b>Centro de cultivo</b>	12,8	28,8	36,4	65,0	8,8	36,4	10,0	33,3

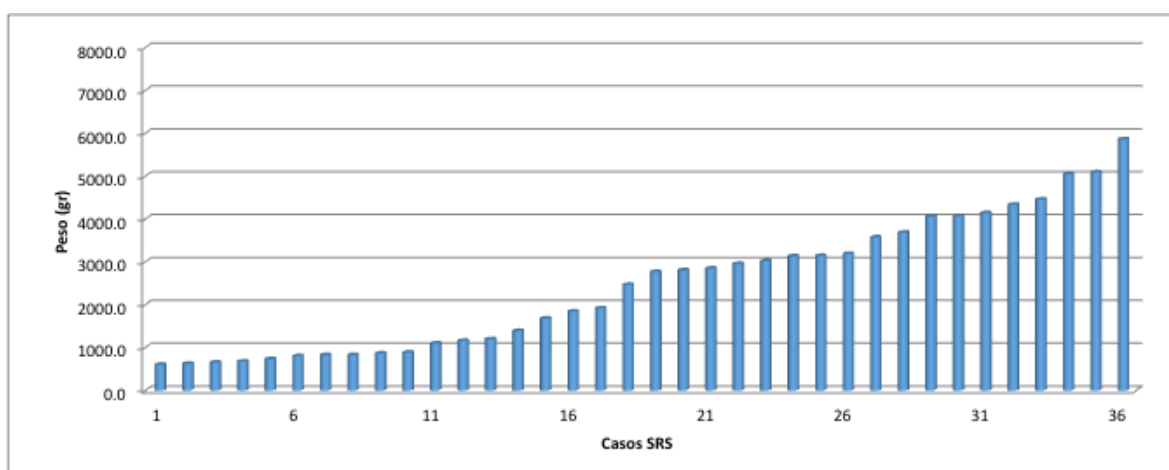
Los casos de SRS, se identificaron 448 semanas en las que ocurrieron eventos de SRS, los que se registraron en 78 centros de cultivo. De estos, 288 eventos ocurrieron en centros de cultivo ubicados en la Región de Los Lagos y 160 fueron identificados en 36 centros de la Región de Aysén.

En promedio, los ciclos productivos en los que se registró la enfermedad, se vieron afectados durante 5,2 semanas (IC: 4,4 - 5,9). Asimismo, se pudo identificar que los casos de SRS se produjeron a un peso promedio de 2.831,9 gramos (IC: 2.486,5 – 3.166,7). No fue posible identificar diferencias significativas al comparar las semanas en las que se registran casos de SRS a nivel de los ciclos productivos registrados en las dos regiones en estudio ( $W= 1403$ ;  $p=0,15$ ), ni para el peso promedio al cual se registraron los casos de SRS en las diferentes Regiones ( $W= 1395$ ;  $p=0,13$ ). Sin embargo, puede observarse una tendencia, donde es mayor la cantidad de semanas en que se presenta la enfermedad en ciclos productivos de centros ubicados en la región de Los Lagos, con 5,7 semanas (IC: 4,6 – 6,9), en comparación con la Región de Aysén, donde la cantidad de semanas que en promedio se afecta un ciclo productivo por SRS fue de 4,4 (IC: 3,4 – 5,2). Para el peso promedio en el que ocurren los casos de SRS, se aprecia la misma tendencia, con mayores pesos al inicio de la enfermedad para los ciclos productivos registrados en la Región de Los Lagos, donde en promedio los casos ocurrieron a un peso de 3.101,7 gramos (IC: 2.581,1 – 3,605,7). Mientras que, para los casos registrados en ciclos productivos registrados en la Región de Aysén, el peso promedio fue de 2.463,7 gramos (IC: 1.936,1 – 2.914,7) (figuras 1 y 2).

**Figura 1. Pesos de ocurrencia de casos de SRS en ciclos productivos registrados en la Región de Los Lagos, entre los años 2012 y 2015.**

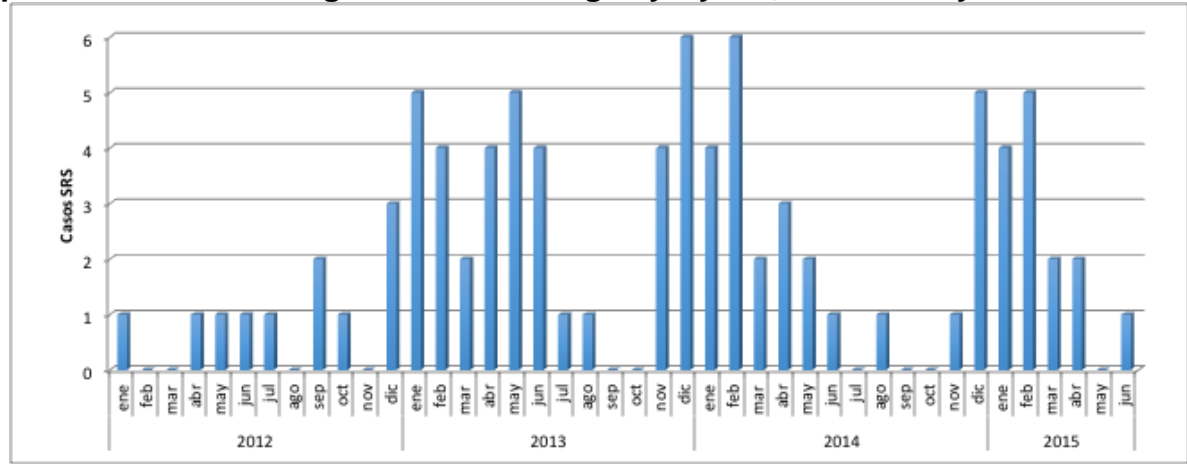


**Figura 2. Pesos de ocurrencia de casos de SRS en ciclos productivos registrados en la Región de Aysén, entre los años 2012 y 2015.**

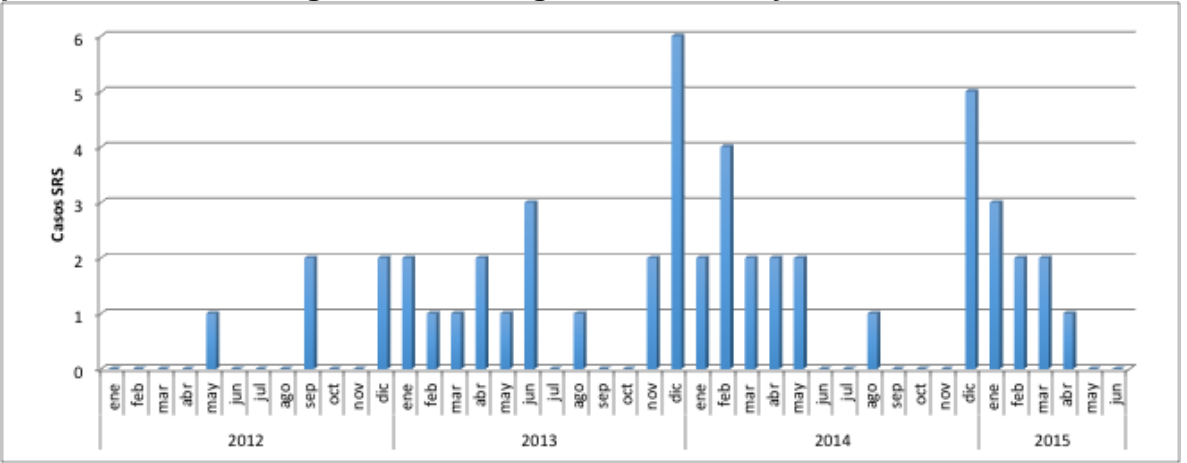


El análisis de la estacionalidad de los casos de SRS en las zonas estudiadas, permite apreciar que los casos ocurren durante todo el año, siendo mayor la incidencia en los meses de verano y otoño, y disminuyendo en el periodo de invierno y primavera. En las figuras 3 a 5 se presentan las curvas epidémicas generadas en base al inicio de los casos de SRS, registrados en ciclos productivos en las regiones de Los Lagos y Aysén, entre 2012 y 2015.

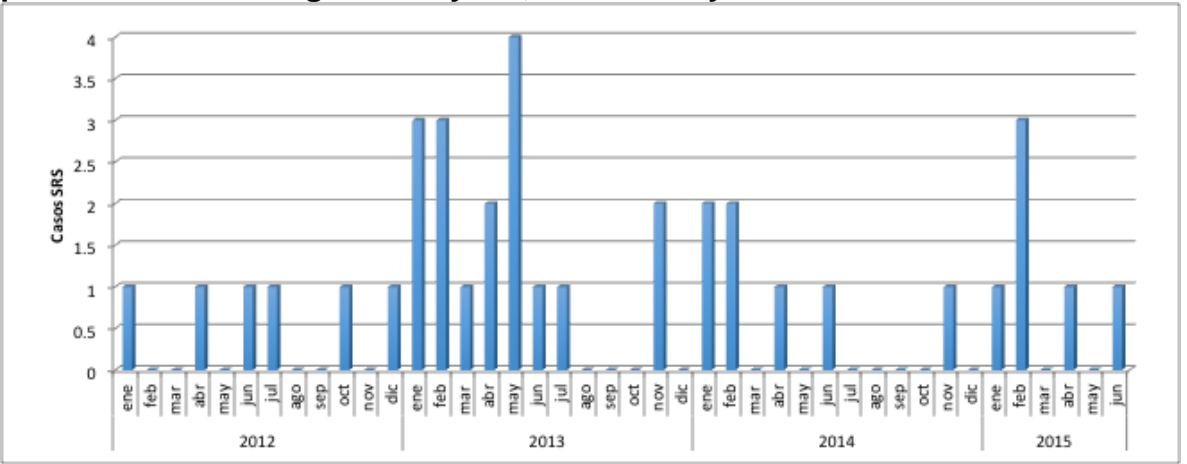
**Figura 3. Curva epidémica de nuevos casos de SRS registrados en ciclos productivos en las regiones de Los Lagos y Aysén, entre 2012 y 2015.**



**Figura 4. Curva epidémica de nuevos casos de SRS registrados en ciclos productivos de la región de Los Lagos, entre 2012 y 2015.**



**Figura 5. Curva epidémica de nuevos casos de SRS registrados en ciclos productivos en la región de Aysén, entre 2012 y 2015.**



### Identificación de factores de riesgo para piscirickettsiosis, en las regiones de Los Lagos y Aysén

El análisis de los datos provenientes de los ciclos de cultivo registrados en la Región de Los Lagos indica que existe asociación de la presentación de SRS con las variables especie, baño contra Caligus, tratamientos inyectables contra SRS y tratamientos estresantes, ya que estas tres últimas variables se encuentran relacionadas, se seleccionó como estimador para el modelo predictivo a la variable tratamientos estresantes. El detalle de los resultados obtenidos en el análisis mediante modelos de regresión logística univariado para ciclos productivos de la Región de Los Lagos se presentan en la tabla 4.



**Tabla 4. Resultados de modelo de regresión logística univariado para ciclos productivos registrados en la Región de Los Lagos.**

Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi²	p-valor
Constante	-0.08	0.28	0.93	0.54	1.6	0.08	0.7816
SP_2,00	-3.06	1.06	0.05	0.01	0.37	8.35	<b>0.0039</b>
SP_3,00	-0.21	0.47	0.81	0.32	2.04	0.2	0.6553
Constante	-0.56	0.21	0.57	0.38	0.86	7.17	0.0074
CIPN_1,00	0.15	0.94	1.17	0.19	7.31	0.03	0.8693
Constante	-0.52	0.2	0.59	0.4	0.89	6.48	0.0109
CBKD_1,00	-20.68	17238.04	1.00E-09	0	sd	1.40E-06	0.999
Constante	-0.41	0.21	0.66	0.44	1	3.83	0.0504
CSICT_1,00	-1.89	1.07	0.15	0.02	1.23	3.11	0.0776
Constante	-0.4	0.22	0.67	0.44	1.03	3.28	0.0702
OD_C_1,00	-1.14	0.67	0.32	0.09	1.19	2.89	0.0889
Constante	-2.77	0.73	0.06	0.01	0.26	14.47	0.0001
cal_b_1,00	2.83	0.77	16.94	3.77	76.19	13.61	<b>0.0002</b>
Constante	-0.35	0.22	0.71	0.46	1.08	2.56	0.1096
SRS_inj_1,00	-1.67	0.78	0.19	0.04	0.88	4.52	<b>0.0334</b>
Constante	-2.53	0.73	0.08	0.02	0.34	11.81	0.0006
TTO_C_1,00	2.4	0.77	10.98	2.43	49.6	9.69	<b>0.0019</b>
Constante	-0.51	0.73	0.6	0.14	2.51	0.49	0.4843
ACS_2,00	1	0.82	2.73	0.54	13.73	1.48	0.2237
ACS_3,00	0.11	0.9	1.11	0.19	6.49	0.01	0.9069
ACS_4,00	-1.44	1.29	0.24	0.02	3.01	1.23	0.2677
ACS_5,00	-0.59	1.37	0.56	0.04	8.09	0.19	0.667
ACS_6,00	-0.05	0.85	0.95	0.18	5.08	3.30E-03	0.9545
ACS_7,00	-2.32	1.26	0.1	0.01	1.16	3.39	0.0657

Los análisis de los datos obtenidos de ciclos productivos realizados en la región de Aysén identifican la asociación entre la presentación de casos de SRS y las variables baño contra Caligus, tratamientos inyectables contra SRS y la aplicación de tratamientos estresantes. al igual que en el análisis descrito para la Región de Los Lagos, estas tres últimas variables se encuentran relacionadas, por lo que se seleccionó como estimador para el modelo predictivo a la variable tratamientos estresantes. El detalle de los resultados obtenidos en el análisis mediante modelos de regresión logística univariado para ciclos productivos de la Región de Aysén se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5. Resultados de modelo de regresión logística univariado para ciclos productivos registrados en la Región de Los Lagos.**

Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi²	p-valor
Constante	-1.13	0.23	0.32	0.2	0.51	22.98	<0,0001
SP_2,00	-1.51	1.06	0.22	0.03	1.76	2.03	0.154
SP_3,00	0.15	0.72	1.16	0.28	4.71	0.04	0.8394
Constante	-1.33	0.24	0.27	0.17	0.42	30.66	<0,0001
CIPN_1,00	0.55	0.55	1.74	0.59	5.1	1.02	0.3121
Constante	-1.2	0.22	0.3	0.19	0.47	28.57	<0,0001
CBKD_1,00	-0.41	0.81	0.66	0.14	3.21	0.26	0.6083
Constante	-1.27	0.22	0.28	0.18	0.43	33.91	<0,0001
CSICT_1,00	22.47	24378.27	5743910552	0	sd	8.50E-07	0.9993
Constante	-1.36	0.26	0.26	0.16	0.43	27.95	<0,0001
OD_C_1,00	0.47	0.47	1.59	0.63	4.02	0.97	0.3236
Constante	-2.53	0.73	0.08	0.02	0.34	11.81	0.0006
cal_b_1,00	1.52	0.77	4.58	1.01	20.7	3.9	<b>0.0481</b>
Constante	-1.54	0.28	0.21	0.12	0.37	31.47	<0,0001
SRS_inj_1,00	0.99	0.45	2.68	1.1	6.53	4.69	<b>0.0303</b>
Constante	-3.09	1.02	0.05	0.01	0.34	9.14	0.0025
TTO_C_1,00	2.08	1.05	8.03	1.03	62.47	3.96	<b>0.0466</b>
Constante	0	1	1	0.14	7.1	0	>0,9999
ACS_9,00	-2.94	1.43	0.05	3.20E-03	0.87	4.22	0.0399
ACS_10,00	-1.5	1.14	0.22	0.02	2.09	1.73	0.1881
ACS_12,00	0	1.73	1	0.03	29.81	0	>0,9999
ACS_14,00	-0.13	1.13	0.88	0.1	7.95	0.01	0.9056
ACS_16,00	-2.2	1.45	0.11	0.01	1.92	2.29	0.1305
ACS_17,00	-2.4	1.45	0.09	0.01	1.55	2.75	0.0973
ACS_18,00	-0.29	1.26	0.75	0.06	8.83	0.05	0.8192
ACS_19,00	-1.1	1.53	0.33	0.02	6.65	0.52	0.472
ACS_20,00	-1.1	1.53	0.33	0.02	6.65	0.52	0.472
ACS_21,00	0	1.15	1	0.1	9.61	0	>0,9999

## Modelo predictivo (SLIR) para SRS

Se realizó una primera prueba de concepto, para una verificación preliminar del modelo. Se trabajó con la base de datos histórica para los parámetros asociados a la epidemiología de SRS (Figura 6). La Figura 6 muestra las curvas epidémicas determinadas para ambas regiones de estudio. Se observa un aumento de nuevos casos al inicio del periodo de estudio, con un peak en la época de verano-otoño en el año 2013. A partir de ese periodo los nuevos casos tienden a mantenerse estable con una tasa de incidencia en torno al 5%.

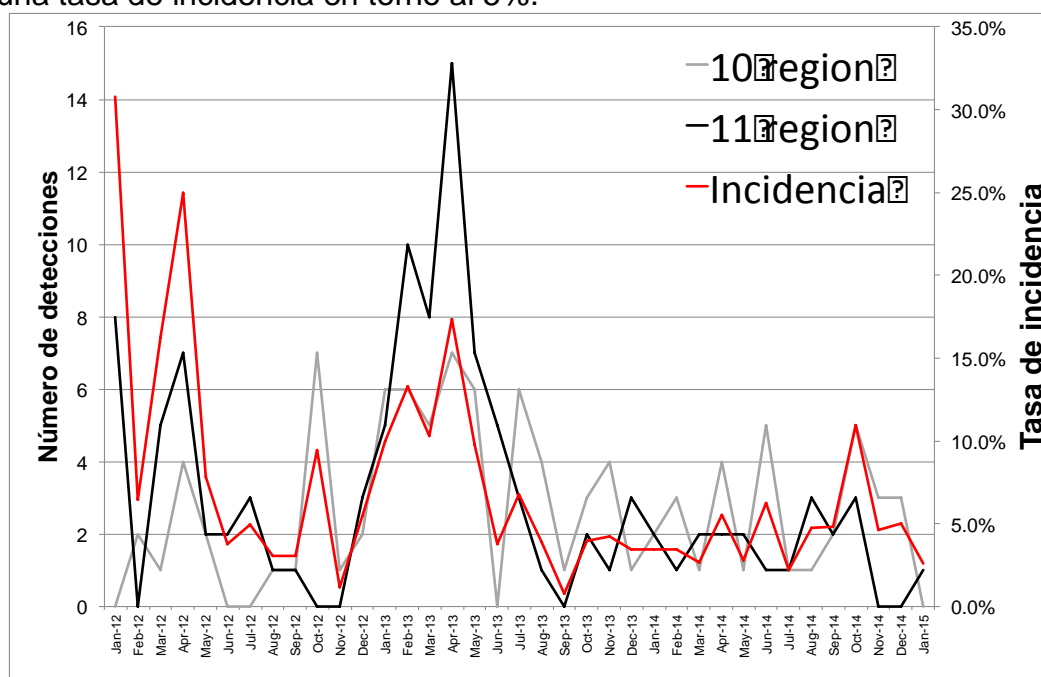


Figura 6. Curvas epidémicas para ambas regiones y tasa de incidencia para periodo de estudio (izquierda). Ajuste temporal de función de densidad para ambas regiones (derecha).

La implementación del modelo se realizó en el programa estadístico R y el paquete “deSolve” para el tratamiento de ecuaciones diferenciales (Soetaert et al., 2010).

Esta primera simulación evaluó el modelo estudiando la dinámica en la aparición de nuevos casos de SRS, en función de las siguientes variables:

1. Número de centros de cultivo susceptibles
2. Número de centros activos infecciosos
3. Duración del período de latencia
4. Duración del período de infecciosidad
5. Tasas mensuales de siembra y cosecha

Los resultados obtenidos, nos indican que el modelo rescata el comportamiento cualitativo de la diseminación temporal del SRS (Figura 7). En particular se observaron los siguientes desempeños:

1. Un aumento progresivo de la proporción de centros infectados por SRS.
2. Posterior al peak de la curva epidémica, se estabiliza la proporción de centros infectados en el tiempo (posiblemente a situación de endemismo).
3. La relación entre la proporción de centros infectados versus susceptibles alcanza su máximo valor para centros infectados cuando la tasa de susceptibles bordea el 30% (Figura 8).

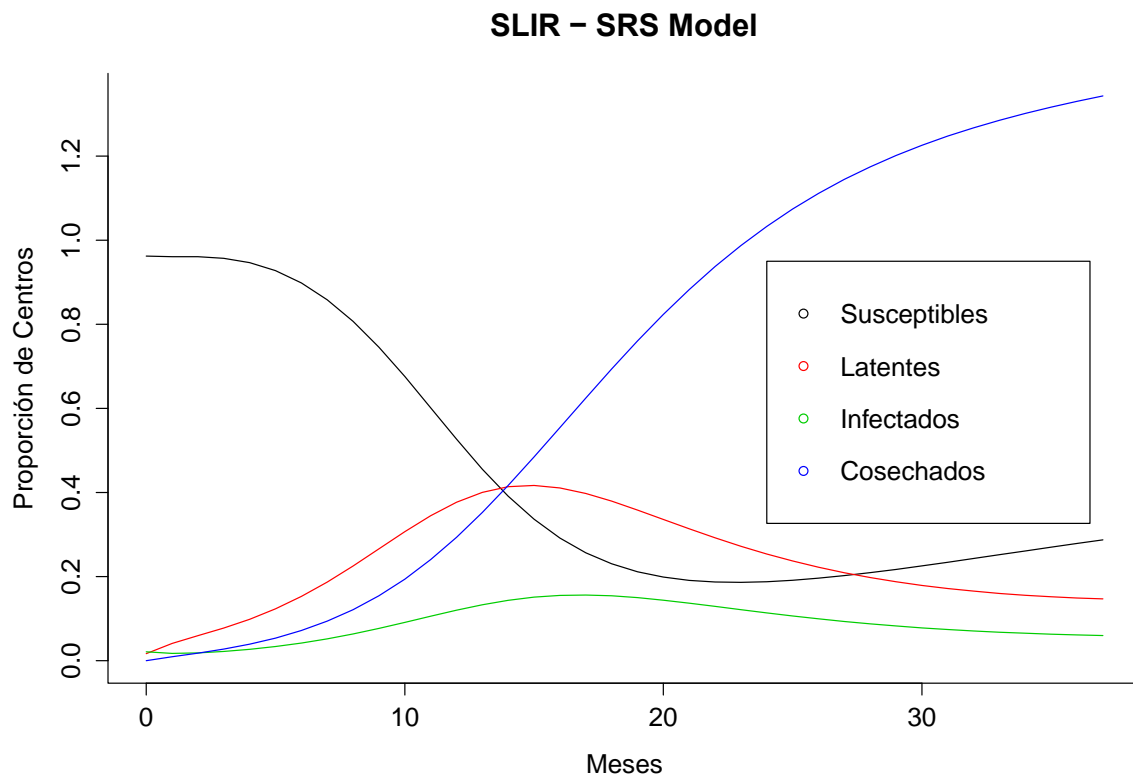


Figura 7. Modelo SLIR y predicciones con respecto al número de compartimentos durante el periodo de estudio asumiendo la introducción de 3 centros infectados en una población de 230 centros. Estimación a partir de un valor de  $R_0 = 1.2$ .

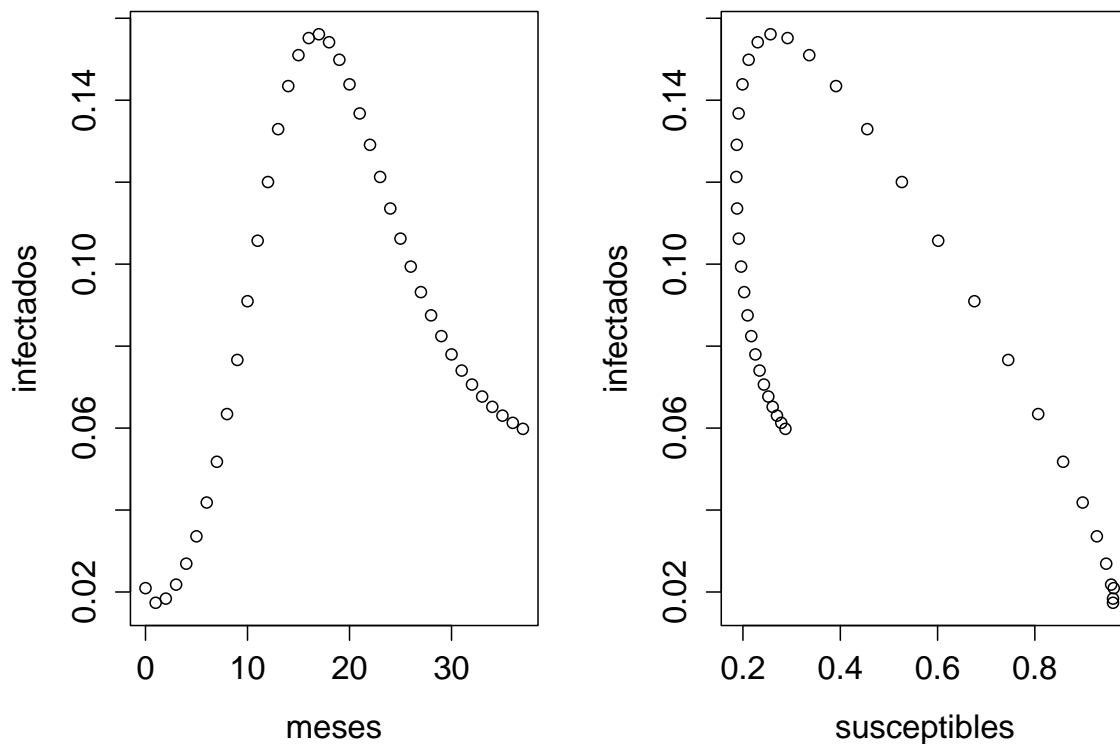


Figura 8. Proporción estimada de centros infectados durante el periodo de estudio (izquierda). A la derecha se visualiza la relación entre la proporción esperada de centros susceptibles e infectados según el modelo.

4. La dinámica simulada por el modelo para ajustar la curva epidémica de SRS es una buena aproximación, aunque no perfecta, considerando el uso parcial de parámetros en el modelo (Figura 9). La prueba utilizada para validar la proporción entre los centros infectados observados versus modelados se situó en el límite del valor de significancia.

5. En ambos casos se observa una periodicidad variable en la dinámica de la epidemia de SRS a partir del análisis de las series temporales (Figura 10). Esta periodicidad indicaría la adaptabilidad de este modelo incorporando una función de temporalidad.

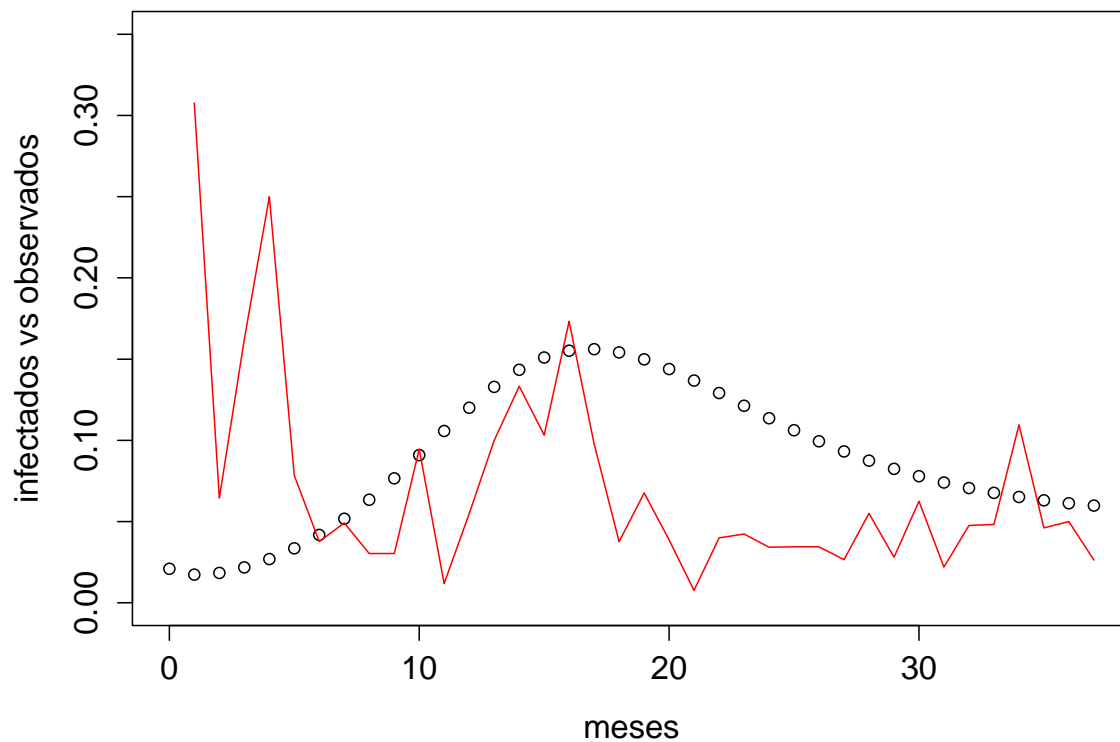


Figura 9. Relación entre la proporción de centros infectados (puntos) versus el número observado de casos (línea roja).

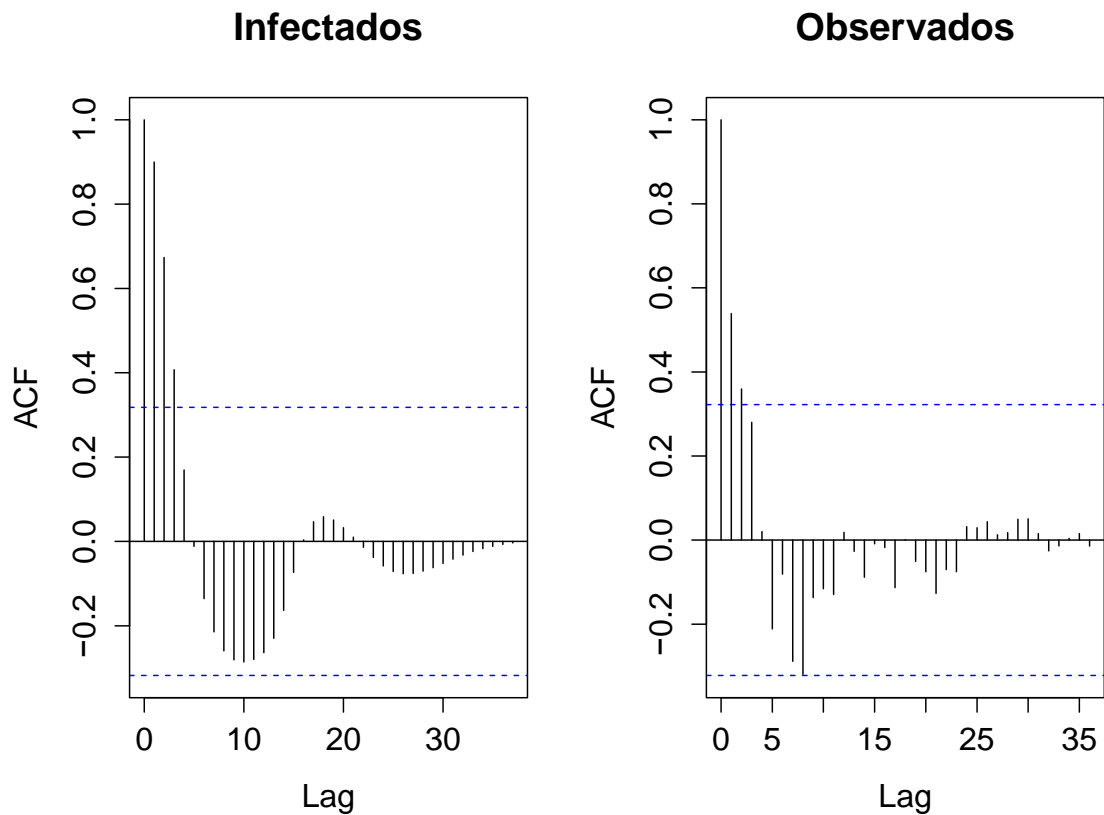


Figura 10. Funciones de auto correlación para el análisis de serie de tiempo entre el número de centros infectados (modelado) y el número de centros observados (real).

#### Validación del modelo

Para este modelo, la prueba de Chi-cuadrado fue no-significativa a un valor de  $p = 0.053$ . Este resultado indicaría que el modelo ajusta adecuadamente las observaciones de la epidemia, pero al límite de un resultado significativo.

## Discusión

La piscirickettsiosis es una de las principales amenazas sanitarias a la que se enfrenta la industria salmonicultora de Chile. Esta enfermedad se encuentra, además, descrita en algunos países del hemisferio norte, donde existen cultivos de salmónidos. No obstante su virulencia varía fuertemente, lo cual ha sido asociado en parte a la secuencia 16S rRNA (Mauel *et al.*, 1996). Es así que se describe un comportamiento particularmente agresivo de la patología en Chile, donde se han llegado a informar mortalidades superiores al 90%, mientras que en el resto del mundo los niveles de mortalidad son del orden de 0,06% en brotes de presentación esporádica. (Brocklebank *et al.*, 1992). Sin embargo, no existen antecedentes previos de la prevalencia de la enfermedad. En los datos analizados en el presente estudio se encontraron niveles de prevalencia que variaron entre 8,8% a 65%.

Desde la descripción de la piscirickettsiosis en el país, se han utilizado de forma infructuosa múltiples quimioterápicos y vacunas, en el tratamiento y prevención de la enfermedad. Los antimicrobianos disponibles para el tratamiento de esta enfermedad son los existentes en el registro de medicamentos veterinarios ([www.sag.gob.cl](http://www.sag.gob.cl)): Ácido oxolínico, flumequina, oxitetraciclina, florfenicol, existiendo también la opción de uso de antibióticos no registrados, como son rifampicina, doxiciclina, minociclina (San Martín *et al.*, 2010). Como estrategia para el control de la enfermedad se han realizado tratamientos a los peces, que a través de los años han ido vertiendo cantidades significativas de antimicrobianos al mar. Solo para el año 2003 se comercializaron más de 134.163 kg de antimicrobianos destinados a la producción de salmones en el país (Bravo *et al.*, 2005).

La enfermedad es septicémica de curso crónico. Los peces más susceptibles a la enfermedad son los que han sido sometidos a estrés crónico o condiciones de cultivo subóptimas, lo cual deriva de manejos productivos inadecuados, condiciones ambientales adversas, ataque de predadores e infestaciones por *Caligus*, parásito que en la actualidad afecta fuertemente a la salmonicultura nacional (Yatabe *et al.*, 2011; Hamilton-West, *et al.*, 2012). Esta situación se refleja en los factores de riesgo identificados para la enfermedad, donde eventos estresantes, como son los baños contra *C. rogercresseyi* o tratamientos inyectables fueron un factor de riesgo para la presentación de la enfermedad.

En la actualidad, los modelos epidemiológicos son una técnica cada vez más utilizada para estimar la posible magnitud de un foco de una enfermedad y los recursos que serían necesarios para una respuesta rápida y poder tomar decisiones políticas sobre las medidas de control (Reeves *et al.*, 2011).

En epidemiología, se refiere a una representación matemática o lógica de la transmisión de enfermedades y los procesos asociados a ella (Dubé *et al.*, 2007), siendo un medio útil para la investigación de enfermedades en las que los experimentos y observaciones de campo son impracticables, así, los modelos son contruidos para intentar explicar y predecir patrones de ocurrencia de enfermedades y qué es lo más probable que ocurra si se adoptan distintas alternativas de estrategias de control, pudiendo ser realmente útiles cuando no se cuenta con información real de una enfermedad en una región de interés, donde la información necesaria puede ser recolectada en la ausencia de la enfermedad y ser utilizada para construir modelos que representen posibles resultados de posibles ingresos de enfermedades (Patyk *et al.*, 2013). Además, un modelo epidemiológico facilita la evaluación de la eficacia de las potenciales medidas de control y permite



calcular la futura magnitud, duración y el alcance geográfico de una enfermedad, dada la aplicación de medidas de control específicas (Dubé et al., 2007).

El modelo desarrollado, presenta un ajuste adecuado a los datos utilizados para su validación, identificándose al menos tres consideraciones para un modelo en una versión más exhaustiva: componente espacial, componente estacional y estructura de especies y su susceptibilidad.

La incorporación de factores de riesgo y de protección identificados en este estudio permitirán ahondar en aspectos de heterogeneidad entre unidades productivas y evaluar alternativas de control en futuros análisis costo-beneficio.

## Bibliografía

- Almendras, F. E., Fuentealba, I. C., Jones, S. R. M., Markham, F., & Spangler, E.** 1997. Experimental infection and horizontal transmission of *Piscirickettsia salmonis* in freshwater-raised Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 20(6), 409-418.
- Asche, F., Hansen, H., Tveteras, R., & Tveterås, S.** 2009. The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics*, 24(4), 405-411.
- Bravo, S.** 1994. Piscirickettsiosis in freshwater. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 14(4), 137-139.
- Bravo, S., Dölz, H., Silva, M. T., Lagos, C., Millanao, A., & Urbina, M.** 2005. Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. *Report Proyect N° 2003*, 28, 202003-28.
- Brockelbank, J. R., Speare, D. J., Armstrong, R. D., & Evelyn, T.** 1992. Septicemia suspected to be caused by a rickettsia-like agent in farmed Atlantic salmon. *Canadian Veterinary Journal*, 33(6), 407-408.
- CHILE.** 2012. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Resolución Exenta 3174: Programa sanitario específico de Vigilancia y control de piscirickettsiosis, Diciembre 2012.
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H.,** 2010. Veterinary Epidemiologic Research, 2nd edition ed. AVC Inc. University of Prince Edward Island, Charlottetown.
- Dubé, C.; Garner, G.; Stevenson, M.; Sanson, R.; Estrada, C. Y Willeberg, P.** 2007. Utilización de modelos epidemiológicos para la gestión de las enfermedades animales. OIE Conference.
- Fryer, J. L., and R. P. Hedrick.** 2003 "Piscirickettsia salmonis: a Gram-negative intracellular bacterial pathogen of fish." *Journal of fish diseases* 26.5: 251-262.
- Fryer, J. L., Lannan, C. N., Giovannoni, S. J., & Wood, N. D.** 1992. *Piscirickettsia salmonis* gen. nov., sp. nov., the Causative Agent of an Epizootic Disease in Salmonid Fishes†. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 42(1), 120-126.
- Hamilton-West, C., Arriagada, G., Yatabe, T., Valdes, P., Herve-Claude, L.P., Urcelay, S.,** 2012. Epidemiological description of the sea lice (*Caligus rogercresseyi*) situation in southern Chile in August 2007. *Preventive Veterinary Medicine* 104, 341-345.
- Lannan, C. N., and J. L. Fryer.** 1993 "Piscirickettsia salmonis, a major pathogen of salmonid fish in Chile." *Fisheries Research* 17.1 115-121.
- Larenas, J. J., Bartholomew, J., Troncoso, O., Fernández, S., Ledezma, H., Sandoval, N., Vera, P., Contreras, J. & Smith, P.** 2003. Experimental vertical

transmission of *Piscirickettsia salmonis* and in vitro study of attachment and mode of entrance into the fish ovum. *Diseases of aquatic organisms*, 56(1), 25-30.

**Mauel, M. J., Ware, C., & Smith, P. A.** 2008. Culture of *Piscirickettsia salmonis* on enriched blood agar. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 20(2), 213-214.

**Olivares, J., & Marshall, S. H.** 2010. Determination of minimal concentration of *Piscirickettsia salmonis* in water columns to establish a fallowing period in salmon farms. *Journal of fish diseases*, 33(3), 261-266.

**Patyk, K. A.; Helm, J.; Martin, M. K.; Forde-Folle, K. N.; Olea-Popelka, F. J.; Hokanson, J. E.; Fingerlin, T. Y Reeves, A.** 2013. An epidemiologic simulation model of the spread and control of highly pathogenic avian influenza (H5N1) among commercial and backyard poultry flocks in South Carolina, United States. *Preventive Veterinary Medicine* 110(3–4): 510-524.

**Reeves, A.; Salman, M. D. Y Hill, A. E.** 2011. Approaches for evaluating veterinary epidemiological models: verification, validation and limitations. *Rev Sci Tech Oie* 30: 499-512.

**Rozas, M., & Enríquez, R.** 2014. *Piscirickettsiosis* and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review. *Journal of fish diseases*, 37(3), 163-188.

**San Martín, B., Yatabe, T., Gallardo, A., & Medina, P.** 2010. Manual de buenas prácticas en el uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmonicultura chilena. *Universidad de Chile, Santiago, Chile*.

**Smith, P. A., Pizarro, P., Ojeda, P., Contreras, J., Oyanedel, S., & Larenas, J.** 1999. Routes of entry of *Piscirickettsia salmonis* in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of aquatic organisms*, 37(3), 165-172.

**Soetaert, K., Petzoldt, T., Setzer, W.,** 2010. Solving Differential Equations in R: Package deSolve. *J Stat Softw* 33, 1-25.

**Subasinghe, R.P.,** 2005. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine* 67, 117–124.

**Yatabe, T., Arriagada, G., Hamilton-West, C., Urcelay, S.,** 2011. Risk factor analysis for sea lice, *Caligus rogercresseyi*, levels in farmed salmonids in southern Chile. *Journal of Fish Diseases* 34, 345-354.

## 11 Análisis y discusión de resultados

Los resultados preliminares dieron cuenta de un aspecto crítico para el desarrollo del proyecto, que se relaciona con la identificación de las zonas de trabajo y revisión de la información que *a priori* fue considerada como necesaria para el desarrollo del modelo, y que al mismo tiempo se encontrase disponible. Por otra parte, durante esta etapa se llevó a cabo la georeferenciación de 443 centros de cultivo. Existiendo 5 centros de cultivo en los cuales no fue posible conseguir información espacial. Los análisis de distancia geodésica permitieron obtener la distancia mínima entre centros de cultivo, y el número de centros alrededor de radios variables, los cuales fueron indicadores indirectos de la presión de infección y producción en ambas macrozonas. Dichos estimadores se incluyeron como predictores de riesgo para SRS. Esto habla de una buena calidad de los datos en lo referido a la georeferenciación.

Los resultados de los análisis geodésicos, indicaron que existen dos patrones espaciales diferentes para cada macrozona. La Macrozona 3 apareció más densa espacialmente, por cuanto la distancia mínima promedio entre centros es significativamente menor (1,3-1,5 km) comparado con la Macrozona 6 (1,6-1,8 km). Esta diferencia fue también evidente al analizar el número de centros en un anillo de radios de 3 y 5 km. En la macrozona 3 este número de centros fue significativamente mayor comparado con la macrozona 6, tal como se aprecia en la Tabla N°2. Sin embargo, una situación inversa se observó al comparar el número de centros sobre los 15 km de radio. En radios mayores el número de centros de cultivo fue mayor en la macrozona 6, sin embargo, esto se debió a que la extensión espacial de esta última es mucho mayor y por lo tanto, contiene un mayor número de centros (156 versus 308).

Las diferencias antes mencionadas permitieron hipotetizar que, si la transmisión local de *P. salmonis* fue predominantemente dada por una transmisión vía movimientos de agua en forma pasiva entre centros vecinos, la dinámica de SRS en la macrozona 3 debió tener un patrón espacial más intenso que en la macrozona 6, puesto que a menor distancia promedio entre centros de cultivos, mayor es el riesgo de transmisión de SRS (Rees et al., 2014). Lo anterior fue más evidente si *P. salmonis* tuvo una presión de infección mayor dentro de los primeros 5 km de radio.

La piscirickettsiosis es una de las principales amenazas sanitarias a la que se enfrenta la industria salmonicultora de Chile. Esta enfermedad se encuentra, además, descrita en algunos países del hemisferio norte, donde existen cultivos de salmónidos. No obstante, su virulencia varía fuertemente, lo cual ha sido asociado en parte a la secuencia 16S rRNA (Mauel et al., 1996). Es así que se describe un comportamiento particularmente agresivo de la patología en Chile, donde se han llegado a informar mortalidades superiores al 90%, mientras que en el resto del mundo los niveles de mortalidad son del orden de 0,06% en brotes de presentación esporádica. (Brocklebank et al., 1992). Sin embargo, no existen antecedentes previos de la prevalencia de la enfermedad. En los datos analizados en el presente estudio se encontraron niveles de prevalencia que variaron entre 8,8% a 65%.

Desde la descripción de la piscirickettsiosis en el país, se han utilizado de forma infructuosa múltiples quimioterápicos y vacunas, en el tratamiento y prevención de la enfermedad. Los antimicrobianos disponibles para el tratamiento de esta

enfermedad son los existentes en el registro de medicamentos veterinarios ([www.sag.gob.cl](http://www.sag.gob.cl)): Ácido oxolínico, flumequina, oxitetraciclina, florfenicol, existiendo también la opción de uso de antibióticos no registrados, como son rifampicina, doxiciclina, minociclina (San Martín *et al.*, 2010). Como estrategia para el control de la enfermedad se han realizado tratamientos a los peces, que a través de los años han ido vertiendo cantidades significativas de antimicrobianos al mar. Solo para el año 2003 se comercializaron más de 134.163 kg de antimicrobianos destinados a la producción de salmones en el país (Bravo *et al.*, 2005).

La enfermedad es septicémica de curso crónico. Los peces más susceptibles a la enfermedad son los que han sido sometidos a estrés crónico o condiciones de cultivo subóptimas, lo cual deriva de manejos productivos inadecuados, condiciones ambientales adversas, ataque de predadores e infestaciones por *Caligus*, parásito que en la actualidad afecta fuertemente a la salmonicultura nacional (Yatabe *et al.*, 2011; Hamilton-West, *et al.*, 2012). Esta situación se refleja en los factores de riesgo identificados para la enfermedad, donde eventos estresantes, como son los baños contra *C. rogercresseyi* o tratamientos inyectables fueron un factor de riesgo para la presentación de la enfermedad.

En la actualidad, los modelos epidemiológicos son una técnica cada vez más utilizada para estimar la posible magnitud de un foco de una enfermedad y los recursos que serían necesarios para una respuesta rápida y poder tomar decisiones políticas sobre las medidas de control (Reeves *et al.*, 2011).

En epidemiología, se refiere a una representación matemática o lógica de la transmisión de enfermedades y los procesos asociados a ella (Dubé *et al.*, 2007), siendo un medio útil para la investigación de enfermedades en las que los experimentos y observaciones de campo son impracticables, así, los modelos son contruidos para intentar explicar y predecir patrones de ocurrencia de enfermedades y qué es lo más probable que ocurra si se adoptan distintas alternativas de estrategias de control, pudiendo ser realmente útiles cuando no se cuenta con información real de una enfermedad en una región de interés, donde la información necesaria puede ser recolectada en la ausencia de la enfermedad y ser utilizada para construir modelos que representen posibles resultados de posibles ingresos de enfermedades (Patyk *et al.*, 2013). Además, un modelo epidemiológico facilita la evaluación de la eficacia de las potenciales medidas de control y permite calcular la futura magnitud, duración y el alcance geográfico de una enfermedad, dada la aplicación de medidas de control específicas (Dubé *et al.*, 2007).

Este estudio determinó importantes parámetros epidemiológicos a partir de la observación y caracterización de la dinámica en la aparición y dispersión de *P. salmonis* en centros de cultivo de salmones. A partir de una serie de análisis que incluyeron regresiones multivariadas, determinación de la tasa de diseminación, la caracterización espacio temporal en la mortalidad de SRS, y características productivas, fue posible ajustar un modelo matemático que explica la progresión de una epidemia de SRS dentro de una población. Este modelo denominado SLIR se ajustó a datos reales de incidencia para simular como una epidemia se expande entre los centros de cultivo. No obstante los positivos resultados, existen algunas

consideraciones a futuro, con el objetivo de mejorar el modelo para generar predicciones más robustas y realistas. Estas consideraciones son:

- El proyecto define una cantidad importante de parámetros epidemiológicos que lograrían ajustar en forma más adecuada el modelo presentado en este informe.
- Existen al menos tres consideraciones para un modelo en una versión más exhaustiva: componente espacial, componente estacional y estructura de especies y su susceptibilidad.
- Por ejemplo, se podría incorporar la distancia mínima de transmisión y el radio de acción para representar la magnitud en escala espacial y evaluar intervenciones relacionadas con la distancia entre unidades productivas.
- Adicionalmente, una función que permita incorporar el efecto de la estacionalidad dada por el alza de la temperatura que permitiría un mejor ajuste.
- La incorporación de factores de riesgo y de protección identificados en este estudio permitirán ahondar en aspectos de heterogeneidad entre unidades productivas y evaluar alternativas de control en futuros análisis costo-beneficio.

### **Consideraciones de diseño**

El diseño conceptual del programa computacional se basó en el modelo epidemiológico que está en etapa de desarrollo en el marco de este proyecto. Por lo anterior en este punto del avance del proyecto se tienen las siguientes consideraciones para el diseño del programa computacional.

1. El modelo utilizará datos disponibles en los programas de vigilancia, los cuales se almacenan en el sistema SIFA. Información adicional proveniente de otros sistemas o repositorios no se ha requerido a la fecha.
2. El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura no cuenta con un Datamart y/o Datawarehouse. No se recomienda utilizar directamente la base de datos utilizada por SIFA para la ejecución del modelo epidemiológico por posibles impactos en la disponibilidad de los servicios de SIFA. Esta hipótesis se debe comprobar en el futuro.
3. Como parte del diseño se plantea crear un modelo de datos relacional para almacenar la información necesaria para el modelo propuesto.
4. Para la carga de información desde SIFA al modelo de datos del modelo epidemiológico se considera utilizar un Extract, Transform and Load («extraer, transformar y cargar», frecuentemente abreviado ETL, que es el proceso que permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos y limpiarlos, y cargarlos en otra base de datos, datamart, o data warehouse para analizar, o en otro sistema operacional para apoyar un proceso de negocio.

5. Los requerimientos de datos necesarios para la construcción del modelo epidemiológico están disponibles en SIFA o se podrían inferir a partir de estos. No obstante, a lo anterior se sabe que hay datos que no contienen la calidad suficiente para su uso, sin embargo, esta situación no debe ser restricción para efectos del diseño, por cuanto en el futuro los datos podrían estar presentes en el modelo.

Se lograron importantes avances, ya contándose con un diseño conceptual de modelo, Asimismo la información previa para construir el modelo de datos y futuro sistema de retroalimentación semi automatizado de datos ya se encuentra configurada.

## 12 Conclusiones

Se identificó y acordó con las contrapartes técnicas del proyecto, las macrozonas para las cuales se desarrollará el modelo explicativo para SRS (anexos 14.2.3.3 (09-09-2015) y 14.2.3.4 (13-10-2015)).

- En la relación a los aspectos e indicadores espaciales, se logró la georeferenciación de los centros de cultivo permitió obtener estimadores epidemiológicos que podrían estar relacionados con la dinámica de transmisión de *P. salmonis*. Se logró identificar la existencia de diferencias significativas al analizar las distancias entre centros de cultivo entre ambas macrozonas. Asimismo, se considera viable que, en el futuro, una segunda exploración y análisis de estas distancias geodésicas, incluirá la estimación de distancias de acuerdo a la vía marítima, complementando la distancia estimada en esta etapa preliminar.

Esta es una de las primeras aproximaciones de modelación de *P. salmonis* entre centros de cultivo de la industria del salmón. Se utilizó un modelo denominado SLIR que ajustó la tasa de incidencia reportada en ambas macrozonas. Este ajuste preliminar que satisface lo ofrecido en la propuesta de trabajo tiene la potencialidad de ser extendido incluyendo otros componentes que fueron determinados en este estudio e incluyen la distribución espacial de los centros de cultivo y la distinta susceptibilidad de las especies, la influencia de la estacionalidad, y el efecto de tratamientos y vacunas, entre otros. Una futura aproximación permitirá evaluar un número importante de estrategias de control.

El modelo desarrollado, presenta un ajuste adecuado a los datos utilizados para su validación, identificándose al menos tres consideraciones para un modelo en una versión más exhaustiva: componente espacial, componente estacional y estructura de especies y su susceptibilidad. Finalmente, la incorporación de factores de riesgo y de protección identificados en este estudio permitirán ahondar en aspectos de heterogeneidad entre unidades productivas y evaluar alternativas de control en futuros análisis costo-beneficio



### 13 Referencias bibliográficas

- Almendras, F. E., Fuentealba, I. C., Jones, S. R. M., Markham, F., & Spangler, E.** 1997. Experimental infection and horizontal transmission of *Piscirickettsia salmonis* in freshwater-raised Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 20(6), 409-418.
- Asche, F., Hansen, H., Tveteras, R., & Tveterås, S.** 2009. The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics*, 24(4), 405-411.
- Boelle, P., Obadia, T.,** 2014. R0: Estimation of R0 and real-time reproduction number from epidemics. R package version 1.2-5.
- Bravo, S.** 1994. Piscirickettsiosis in freshwater. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 14(4), 137-139.
- Bravo, S., Dölz, H., Silva, M. T., Lagos, C., Millanao, A., & Urbina, M.** 2005. Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. *Report Proyect N° 2003*, 28, 202003-28.
- Brockelbank, J. R., Speare, D. J., Armstrong, R. D., & Evelyn, T.** 1992. Septicemia suspected to be caused by a rickettsia-like agent in farmed Atlantic salmon. *Canadian Veterinary Journal*, 33(6), 407-408.
- Dietz K:** The estimation of the basic reproduction number for infectious diseases. *Statistical Methods in Medical Research*. 1993, 2: 23-41.
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H.,** 2010. *Veterinary Epidemiologic Research*, 2nd edition ed. AVC Inc. University of Prince Edward Island, Charlottetown.
- Elignette-Muller, M.L., Dutang, C.,** 2015. fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. *J Stat Softw* 64, 1-34.
- Forsberg White L, Pagano M:** A likelihood-based method for real-time estimation of the serial interval and reproductive number of an epidemic. *Statist. Med.* 2008, 27: 2999-3016. 10.1002/sim.3136.
- Fryer, J. L., and R. P. Hedrick.** 2003 "Piscirickettsia salmonis: a Gram-negative intracellular bacterial pathogen of fish." *Journal of fish diseases* 26.5: 251-262.
- Fryer, J. L., Lannan, C. N., Giovannoni, S. J., & Wood, N. D.** 1992. *Piscirickettsia salmonis* gen. nov., sp. nov., the Causative Agent of an Epizootic Disease in Salmonid Fishes†. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 42(1), 120-126.
- Georgiadis, M.P., Gardner, I.A., Hedrick R.P.** 2001. The role of epidemiology in the prevention, diagnosis, and control of infectious diseases of fish. *Preventive Veterinary Medicine*, Volume 48, Issue 4, 29 March 2001, Pages 287-302.

**Grassly N.C. and Fraser, C. 2008.** Mathematical models of infectious disease transmission. *Nature Reviews Microbiology* | AOP, published online 13 May 2008; doi:10.1038/nrmicro1845.

**Hamilton-West, C., Arriagada, G., Yatabe, T., Valdes, P., Herve-Claude, L.P., Urcelay, S., 2012.** Epidemiological description of the sea lice (*Caligus rogercresseyi*) situation in southern Chile in August 2007. *Preventive Veterinary Medicine* 104, 341-345.

**Kopec, J.A., Fines, P., Manuel, D.G., Buckeridge, D.L., Flanagan, W.M., Oderkirk, J., Abrahamowicz, M., Harper, S., Sharif, B., Okhmatovskaia, A., Sayre, E.C., Rahman, M.M., Wolfson, M.C., 2010.** Validation of population-based disease simulation models: a review of concepts and methods. *Bmc Public Health* 10.

**Kulldorff, M., Mostashari, F., Duczmal, L., Katherine Yih, W., Kleinman, K., Platt, R., 2007.** Multivariate scan statistics for disease surveillance. *Stat Med* 26, 1824-1833.

**Lannan, C. N., and J. L. Fryer. 1993** "Piscirickettsia salmonis, a major pathogen of salmonid fish in Chile." *Fisheries Research* 17.1 115-121.

**Larenas, J. J., Bartholomew, J., Troncoso, O., Fernández, S., Ledezma, H., Sandoval, N., Vera, P., Contreras, J. & Smith, P. 2003.** Experimental vertical transmission of *Piscirickettsia salmonis* and in vitro study of attachment and mode of entrance into the fish ovum. *Diseases of aquatic organisms*, 56(1), 25-30.

**Mardones, F.O., Jansen, P.A., Valdes-Donoso, P., Jarpa, M., Lyngstad, T.M., Jimenez, D., Carpenter, T.E., Perez, A.M., 2013.** Within-farm spread of infectious salmon anemia virus (ISAV) in Atlantic salmon *Salmo salar* farms in Chile. *Dis Aquat Organ* 106, 7-16.

**Mardones, F.O., Martinez-Lopez, B., Valdes-Donoso, P., Carpenter, T.E., Perez, A.M., 2014.** The role of fish movements and the spread of infectious salmon anemia virus (ISAV) in Chile, 2007-2009. *Prev Vet Med* 114, 37-46.

**Mardones, F.O., Perez, A.M., Carpenter, T.E., 2009.** Epidemiologic investigation of the re-emergence of infectious salmon anemia virus in Chile. *Dis Aquat Organ* 84, 105-114.

**Mardones, F.O., Perez, A.M., Valdes-Donoso, P., Carpenter, T.E., 2011.** Farm-level reproduction number during an epidemic of infectious salmon anemia virus in southern Chile in 2007-2009. *Prev Vet Med* 102, 175-184.

**Martinez-Lopez, B., Ivorra, B., Ngom, D., Ramos, A.M., Sanchez-Vizcaino, J.M., 2012.** A novel spatial and stochastic model to evaluate the within and between farm transmission of classical swine fever virus: II Validation of the model. *Vet Microbiol* 155, 21-32.

**Mauel, M. J., Ware, C., & Smith, P. A.** 2008. Culture of *Piscirickettsia salmonis* on enriched blood agar. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 20(2), 213-214.

**Obadia T., Haneef R., Boëlle P-Y.** The R0 package: a toolbox to estimate reproduction numbers for epidemic outbreaks. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2012;12:147.

**Olivares, J., & Marshall, S. H.** 2010. Determination of minimal concentration of *Piscirickettsia salmonis* in water columns to establish a fallowing period in salmon farms. *Journal of fish diseases*, 33(3), 261-266.

**Rees E.E., Ibarra R., Medina M., Sanchez J., Jakob E. Vanderstichel R., St-Hilaire S.** 2014. Transmission of *Piscirickettsia salmonis* among salt water salmonid farms in Chile. *Aquaculture* 428–429 (2014) 189–194.

**Rozas, M., & Enríquez, R.** 2014. *Piscirickettsiosis* and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review. *Journal of fish diseases*, 37(3), 163-188.

**San Martín, B., Yatabe, T., Gallardo, A., & Medina, P.** 2010. Manual de buenas prácticas en el uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmonicultura chilena. *Universidad de Chile, Santiago, Chile*.

**Siettos C.I., Russo, L.** 2013. Mathematical modeling of infectious disease dynamics. *Virulence* 4:4, 295–306; May 15, 2013; © 2013 Landes Bioscience.

**Smith, P. A., Pizarro, P., Ojeda, P., Contreras, J., Oyanedel, S., & Larenas, J.** 1999. Routes of entry of *Piscirickettsia salmonis* in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of aquatic organisms*, 37(3), 165-172.

**Soetaert, K., Petzoldt, T., Setzer, W.,** 2010. Solving Differential Equations in R: Package deSolve. *J Stat Softw* 33, 1-25.

**Subasinghe, R.P.,** 2005. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine* 67, 117–124.

**Subasinghe, R.P.,** 2005. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine* 67, 117–124.

**Vincenty, T.** 1975. Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations, *Survey Review*, 23 (176), 88–93, addendum: *Survey Review* 23 (180), 294 (1976).

**Werkman, M., Green D.M., Murray A.G., Turnbull J.F.** 2011. The effectiveness of fallowing strategies in disease control in salmon aquaculture assessed with an SIS model. *Preventive Veterinary Medicine* 98 (2011) 64–73.

**Yatabe, T., Arriagada, G., Hamilton-West, C., Urcelay, S., 2011.** Risk factor analysis for sea lice, *Caligus rogercresseyi*, levels in farmed salmonids in southern Chile. *Journal of Fish Diseases* 34, 345-354.

## 14 Anexos

Los siguientes anexos se dividen en dos secciones: Los anexos que guardan relación con lo solicitado en el numeral 4.7c de las bases técnicas y Otros anexos.

### 14.1 Anexos relacionados al punto 4.7c de las Bases Técnicas

#### 14.1.1 Base de datos del proyecto

A continuación, se entrega una descripción de la información contenida en el disco de la Base de Datos de acuerdo a lo solicitado en el punto 6 de las Bases Técnicas del Proyecto.

DBCATEG: Base de Datos categorías

DBFINAL: Base de mortalidades + tratamientos + Caligus

DBINFEC: Cantidad de centros con contagio de SRS, total y por macro zona

DBMEVEAR: Base de Datos Modelo Epidemiológico Vigilancia Enfermedades Alto Riesgo.

Campos obtenidos de fuente Original entregada por Sernapesca

<b>Mortalidades</b>	<b>Caligus</b>	<b>Tratamientos</b>
Año	Promedio Juv	CALIGIDOSIS-
		CALIGIDOSIS-
Semana	Promedio HO	INMERSIÓN
Periodo	Promedio AM	CALIGIDOSIS-ORAL
		FLAVOBACTERIOSIS-
KEY (yyyy-Semana XX)		INYECTABLE
		FLAVOBACTERIOSIS-
ValorMedioSemana		ORAL
Código Centro		-ORAL
Nombre Centro		PISCIRICKETTSIOSIS-
		PISCIRICKETTSIOSIS-
ID ACS		INMERSIÓN
		PISCIRICKETTSIOSIS-
Region		INYECTABLE
		PISCIRICKETTSIOSIS-
Especie		ORAL
		RENIBACTERIOSIS-
Nº Individuos Semanal		ORAL
Peso Promedio (gr)		
Densidad (Kg/m3)		
Mort Total		
Secundaria		
Vibrio		
IPN		
Furunculosis Atípica		
BKD		

SRS  
 Síndrome Ictérico  
 ISA

---

#### BDCATEG

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
CSRS	Casos SRS
CIPN	Casos IPN
CBKD	Casos BKD
CSICT	Casos síndrome icterico
OD_C	Casos de Otras enfermedades
fla_inj	Tratamiento flavobacteriosis inyectable
srs_inj	Tratamiento SRS inyectable
TTO_C	Tratamiento estresante (baño caligus o tratamiento inyectable)

#### Campos utilizados en planilla consolidada

<b>Old_Name</b>	<b>New_Name</b>
Año	year
Semana	week
Periodo	period
KEY	key
ValorMedioSemana	wmean
Código Centro	code
Nombre Centro	name
ID ACS	acs
Region	reg
Especie	sp
N° Individuos Semanal	fnum
Peso Promedio (gr)	peso
Densidad (Kg/m3)	dens
Mort Total	mort
Secundaria	2mort
Vibrio	vib
IPN	ipn
Furunculosis Atípica	fur
BKD	bkd
SRS	srs
Síndrome Ictérico	sict
ISA	isa
PromedioDePromedio Juv	ave_juv
PromedioDePromedio HO	ave_oh
PromedioDePromedio AM	ave_am

CALIGIDOSIS-	cal
CALIGIDOSIS-	
INMERSIÓN	cal_bath
CALIGIDOSIS-ORAL	cal_oral
FLAVOBACTERIOSIS-	
INYECTABLE	fla_inj
FLAVOBACTERIOSIS-	
ORAL	fla_oral
-ORAL	oral
PISCIRICKETTSIOSIS-	srs_
PISCIRICKETTSIOSIS-	
INMERSIÓN	srs_bath
PISCIRICKETTSIOSIS-	
INYECTABLE	srs_inj
PISCIRICKETTSIOSIS-	
ORAL	srs_oral
RENIBACTERIOSIS-ORAL	bkd_oral

<b>Especie</b>	<b>sp</b>
SALMON DEL ATLANTICO	1
SALMON PLATEADO O	
COHO	2
TRUCHA ARCOIRIS	3

## 14.2 Otros Anexos

### 14.2.1 Cartas enviadas y convenios firmados

Carta de confidencialidad sobre el uso y reserva de la información solicitada.

#### CARTA DE CONFIDENCIALIDAD

Valparaíso, 25 de Septiembre de 2015

Sr. José Miguel Burgos González  
Director Nacional  
Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura  
Presente

En relación con la información que me suministre por cualquier medio la Institución que usted representa, en el marco del proyecto: " **DESARROLLO DE UN MODELO EPIDEMIOLÓGICO PARA LA VIGILANCIA DE ENFERMEDADES DE ALTO RIESGO (EAR)**", FIP 2014-63", elaborado por la empresa BALVI CHILE LTDA., manifiesto en representación de la referida empresa mi conformidad de recibirla en calidad de confidencial, quedando prohibida la reproducción, divulgación, explotación o comercialización de la misma.

La obligación de confidencialidad se hace extensiva a los propietarios, gerentes y/o administradores, trabajadores de la empresa prestadores de servicios y todo aquel que tenga algún vínculo de subordinación o dependencia con la misma o con las entidades de las cuales forme parte; a quienes tengan o hayan tenido, durante los últimos seis meses, directamente o a través de otras personas, una relación profesional o de negocios con la referida empresa, a los cónyuges y parientes hasta el segundo grado de consanguinidad o afinidad de los propietarios, gerentes, administradores, empleados, trabajadores y de todo aquel que tenga algún vínculo de subordinación o dependencia con la empresa.

Se hace presente a usted, que la información suministrada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en el marco del proyecto ya mencionado, será tratada exclusivamente por el suscrito en la representación en que comparece, como en general la propia institución, comprometiéndose a mantenerla en idénticas condiciones de confidencialidad.

La falta de cumplimiento de esta obligación responsabilizará de todos los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, se ocasionen al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Atentamente,

---

Luis Pablo Hervé Claude  
RUT: 9.490.575-3  
BALVI Chile Limitada  
RUT: 76.142.894-2



# Carta de justificación de solicitud de datos para desarrollo del modelo predictivo para SRS.

Santiago, 29 de Septiembre de 2015

## CARTA DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN

**Sr. José Miguel Burgos González**  
**Director Nacional**  
**Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura**  
**Presente**

En relación con la información requerida para la correcta ejecución del proyecto: "Desarrollo de un Modelo Epidemiológico para la Vigilancia de Enfermedades de Alto Riesgo (EAR)", FIP 2014-63", Elaborado Por La Empresa Balvi Chile Ltda. Se adjunta descripción y detalle de la justificación de las siguientes variables solicitadas y sus referencias:

Se solicita la información de las agrupaciones de concesiones que tengan un periodo productivo completo a partir del año 2013 en las macrozonas 3 y 6.

**Tabla N°1.**  
 Descripción de variables y su justificación.

VARIABLE	JUSTIFICACION
SIEP/RNA	código único de referencia; indicar espacialmente con coordenadas en grados decimales, WGS84
Empresa	Entrega información de estructura de contacto; centros de una misma empresa, mayor tasa de contactos riesgosos
Fecha de siembra*	Fecha que determina el inicio del ciclo de producción y el riesgo a la exposición
fecha cosecha (centro vacío)*	Fecha que determina el fin del ciclo de producción y el centro no constituiría un riesgo para otros centros de cultivo
SEMANA (N°) o fecha de declaración	Fecha del reporte de la información; componente temporal del estudio
TOTAL MORTALIDAD SEMANAL (%):	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
ESPECIE	Factor de riesgo a evaluar; Salmo salar es la especie de mayor riesgo
Nro de peces (inicial o final)*	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
PESO PROM (gr)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )*	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia
TOTAL MORTALIDAD (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
TOTAL MORTALIDAD SECUNDARIA (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
SRS	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia
Vibriosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
IPN	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Furunculosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
BKD	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
ISA	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Icteria	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias
Temperatura [°C]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Fotoperiodo*	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Salinidad [%]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales
Juveniles	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias
Adultos Móviles (AM)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias
Hembras ovigeras (HO)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias

\*Número de individuos máximo semanal (N° inicial semana + ingresos).

#### Detalle de justificación variables solicitadas:

Las siguientes variables han sido seleccionadas a partir de una revisión bibliográfica referente a enfermedades de peces bajo condiciones de cultivo intensivo. Estas variables son importantes metodológicamente ya que permiten ajustar las distintas aproximaciones y supuestos.

La información de empresas es necesaria por dos razones. En primer lugar, metodológicamente se requiere considerar a las empresas como un efecto aleatorio en las aproximaciones matemáticas futuras. Cada centro de cultivo no es independiente de otro, puesto que pertenecen a la misma empresa y por lo tanto afectan a los mismos procedimientos, peces, etc. El supuesto de independencia de las observaciones está violado en esta instancia. En segundo lugar, está demostrada que la tasa de contacto entre centros de cultivo se aumenta cuando pertenecen a la misma empresa (Mardones et al., 2014).

Evaluar la estructura de empresas en las macrozonas de estudio nos entregará mayor información de la tasa de contacto y su rol en la transmisión de *P. salmonis*. Una situación similar se espera al solicitar la información espacial. Al igual que otras enfermedades infecciosas (Mardones et al., 2009), es probable encontrar algún grado de agrupamiento espacio-temporal que requiere ser ajustado en los modelos matemáticos. Centros de cultivo más cercanos compartirán muchas características que de aquellos más lejanos, y por lo tanto se hace necesario ajustar por este efecto de auto-correlación.

Como en todo estudio longitudinal, es fundamental conocer el intervalo de tiempo que transcurre entre la siembra de una población “libre” de SRS en el mar, y la fecha más temprana de diagnóstico de *P. salmonis*. Este período de riesgo permite estimar la tasa de riesgo relativo, una medida probabilística que permite establecer la asociación entre la presencia de una variable u otra (Dohoo et al., 2009). Junto a lo anterior, las fechas de siembra y cosecha son necesarias para incorporar los aspectos de temporalidad en el estudio. Adicionalmente, debido a la naturaleza del proyecto, es importante obtener estimadores de duración del ciclo de producción promedio (tiempo en riesgo) permitiendo también obtener parámetros que reflejen el potencial periodo de infecciosidad a nivel de centro de cultivo.

El aspecto temporal, al igual que el espacial, es clave en este estudio (Dohoo et al., 2009). La información de tipo semanal permitirá obtener una mayor resolución de los diferentes patrones epidémicos del SRS en la industria. Además la información de este tipo permitirá obtener aproximaciones de la incidencia a nivel semanal.

El conocimiento de la especie de cultivo es esencial para entender el grado de susceptibilidad contra *P. salmonis* y la respuesta (magnitud) ante un brote de SRS. La especie es un componente importante del factor ‘individual’ que constituye la triada epidemiológica, y recientes investigaciones han demostrado la mayor susceptibilidad de la especie *Salmo salar* (Gomez et al., 2011).

Otros factores que típicamente se analizan en estudios epidemiológicos son aquellas variables relacionadas con aspectos demográficos como lo son el número de peces y el peso promedio (Dohoo et al., 2009). El número de peces constituye el denominador esencial para la cuantificación de la enfermedad, en cuanto que la biomasa (número de peces x peso promedio) es una medida volumétrica, particularmente útil en este tipo de estudios, que permite evaluar el efecto del volumen de peces en la dinámica de las enfermedades. Tanto el número de peces como la biomasa permitirán evaluar procesos de denso-dependencia,



concepto básico en la epidemiología de las enfermedades (Krkosek, 2010; Mardones et al., 2011; Mardones et al., 2013). Otra variable que entrega importante información a este punto es la densidad de cultivo ( $\text{kg}/\text{mt}^3$ ).

El rol de las coinfecciones entre *P. salmonis* y otros agentes patógenos requiere una atención especial. Un ejemplo de este tipo de interacciones ha sido descrito recientemente como resultado de ciertos manejos asociados al control de enfermedades (Valdes-Donoso et al., 2013). Existen varios ejemplos de coinfecciones en otras especies animales, y en este estudio hemos querido explorar todas las causas infecciosas que se reportan en las macrozonas seleccionadas, además de las cargas parasitarias; potencial vector de *P. salmonis* (Lhorente et al., 2014).

Dentro de las variables medio ambientales, temperatura y salinidad han sido seleccionadas por la descripción preliminar del rol de la temperatura en la sobrevivencia de *P. salmonis* (Larenas et al., 1997).

## Referencias

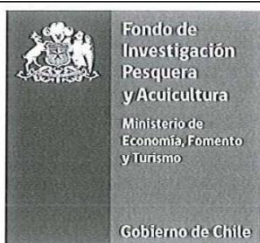
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H., 2009.** Veterinary epidemiologic research. P.E.I.: AVC Inc. Charlottetown.
- Gomez, D., Conejeros, P., Consuegra, S., Marshall, S.H., 2011.** MHC mediated resistance to *Piscirickettsiasalmonis* in salmonids farmed in Chile. *Aquaculture* 318, 15-19.
- Krkosek, M., 2010.** Host density thresholds and disease control for fisheries and aquaculture. *Aquacult Env Interac* 1, 21-32.
- Larenas, J.J., Contreras, J., Oyanedel, S., Morales, M.A., Smith, P., 1997.** Effect of loading density and temperature on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) inoculated with *Piscirickettsia salmonis*. *Arch Med Vet* 29, 113-119.
- Lhorente, J.P., Gallardo, J.A., Villanueva, B., Carabano, M.J., Neira, R., 2014.** Disease Resistance in Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Coinfection of the Intracellular Bacterial Pathogen *Piscirickettsia salmonis* and the Sea Louse *Caligus rogercresseyi*. *Plos One* 9.
- Mardones, F.O., Jansen, P.A., Valdes-Donoso, P., Jarpa, M., Lyngstad, T.M., Jimenez, D., Carpenter, T.E., Perez, A.M., 2013.** Within-farm spread of infectious salmon anemia virus (ISAV) in Atlantic salmon *Salmo salar* farms in Chile. *Diseases of aquatic organisms* 106, 7-16.
- Mardones, F.O., Martinez-Lopez, B., Valdes-Donoso, P., Carpenter, T.E., Perez, A.M., 2014.** The role of fish movements and the spread of infectious salmon anemia virus (ISAV) in Chile, 2007-2009. *Preventive veterinary medicine* 114, 37-46.
- Mardones, F.O., Perez, A.M., Carpenter, T.E., 2009.** Epidemiologic investigation of the re-emergence of infectious salmon anemia virus in Chile. *Diseases of aquatic organisms* 84, 105-114.
- Mardones, F.O., Perez, A.M., Valdes-Donoso, P., Carpenter, T.E., 2011.** Farm-level reproduction number during an epidemic of infectious salmon anemia virus in southern Chile in 2007-2009. *Preventive veterinary medicine* 102, 175-184.
- Valdes-Donoso, P., Mardones, F.O., Jarpa, M., Ulloa, M., Carpenter, T.E., Perez, A.M., 2013.** Co-infection patterns of infectious salmon anaemia and sea lice in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in southern Chile (2007-2009). *J Fish Dis* 36, 353-360.

Atentamente,

---

**Nombre:**  
**RUT:**  
**Organización:**

## Carta Servicio solicitud de datos Carta FIP N°759



Valparaíso, 07 de octubre del 2015

Carta FIP N° 759

Señor  
Jose Miguel Burgos  
Director Nacional  
Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura  
**VALPARAISO**


De mi consideración:

Informo a Ud., que actualmente está en desarrollo el proyecto FIPA 2014-63 "Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades del alto riesgo (EAR)", cuyo ejecutor es la consultora Balvi Chile Ltda. En tal contexto, parte de este trabajo consiste en implementar un del modelo epidemiológico para lo cual es necesario la obtención de datos que provienen del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, es por ello que le hago llegar los siguientes documentos:

- Carta de solicitud de información de la Consultora
- Carta de confidencialidad sobre el uso y reserva de la información solicitada

Agradeceré entonces poder darle cabida a esta solicitud la cual que es relevante para el éxito de este proyecto de investigación.

Saluda atentamente a Ud.,

  
**LUIS CARROZA LARRONDO**

Director Ejecutivo

Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura



MDD/mdo

**CARTA DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN**

Santiago, 4 de diciembre de 2015

Sres. Comité del fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura

Presente:

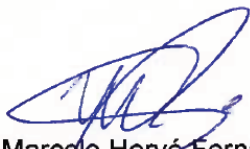
En el marco de las actividades del Proyecto FIP-2014-63 "Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades de alto riesgo (EAR)", está considerado elaborar el diseño conceptual de un programa computacional, basado en el modelo epidemiológico que es materia de este proyecto, para integrar los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial.

En la reunión del 13 de octubre de 2015, se solicitó la información del modelo de datos del sistema SIFA. En la misma reunión como se deja constancia en la minuta, Bélgica Muñoz profesional de UTIC, reitera como fue señalado en la reunión del 18 de mayo, que el Servicio no cuenta con un datamart o data warehouse. Por lo anterior es importante que este proyecto proponga como se realizará la entrega de la información periódica que requerirá la operación del modelo.

En el documento N°1 de alcance del diseño computacional, que forma parte de la entrega del informe de avance número 2, se señalan en el las consideraciones de diseño preliminares (Referencia 2.1.2), que de no contar con la información del modelo relacional de SIFA, (base de datos) para efectos de la formulación del diseño conceptual del programa computacional para dar soporte al modelo epidemiológico, como se solicita en las bases del proyecto, se puede limitar la flexibilidad y utilidad del mismo.

Dada la planificación de las actividades del proyecto, de no contar con la información de este modelo antes de 15 de diciembre de 2015, no se considerará los datos del modelo SIFA para efectos del documento de diseño conceptual que forma parte del alcance de este proyecto. De requerir por parte del cliente incorporar esta información en forma posterior, se deberá formalizar un control de cambio que afectará los costos y plazos del proyecto previa confirmación por escrito del cliente.

Quedamos a la espera de sus comentarios.



Marcelo Hervé Fernández  
Gerente Técnico  
Coordinador de Proyecto  
Balvi Chile Limitada





2 Marzo de 2016, Valdivia

Estimado  
Sr. Luis Carroza  
Director Ejecutivo  
Fondo de Investigación Pesquera (FIP)  
Presente

En relación al proyecto 2014-63 "Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades de alto riesgo (EAR)", BALVI Chile Limitada, la Consultora, informa a usted de las siguientes situaciones:

- El diseño de la base de datos, información importante para el desarrollo del producto informático del proyecto, fue solicitado a la contraparte técnica (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura) con fecha 13 de octubre de 2016.

Con fecha 15 de febrero de 2016 el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura se reciben dudas planteadas a BALVI Chile respecto a dicha solicitud. Estas que fueron respondidas a cabalidad el día 25 de febrero de 2016. A la fecha no se ha recibido la información solicitada. El no contar con esta información, si bien no compromete la entrega del producto, si afecta su alcance.

- A la fecha, no se ha recibido respuesta por parte de la contraparte técnica (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura) sobre los asistentes y la(s) fecha(s) tentativa(s) para la actividad de difusión comprometida en el proyecto. Esta, de acuerdo a las bases, debe realizarse en el mes 14 (marzo de 2016) en Valparaíso. La no respuesta a esta solicitud dificulta el cumplimiento de lo comprometido en las bases y la coordinación de dicha actividad.

Sin otro particular  
Se despide atentamente

Luis Pablo Hervé Claude  
Director de Proyecto  
Representante legal  
Balvi Chile Limitada

Dirección Zonal IX - XIV Región	
Nº Control Interno	66
Fecha de Recepción	27-03-2016
Hora	Destino FIP

### 14.2.2 Carta Gantt Vigente (Modificación aceptada en Informe de Avance N°2).

Actividad/producto	Mes																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Actividad general: Preparación Carta Gantt																		
Actividad general: Reunión coordinación con la contraparte técnica.																		
Actividad general: Revisión bibliográfica.																		
Actividad general: Reunión toma de decisión de modelo																		
Actividad general: Preparación informe de avance 1.																		
Actividad general: Preparación informe de avance 2.																		
Actividad general: Preparación de Pre Informe Final.																		
Actividad general: Preparación de informe final.																		
Actividad general: Construcción de modelo epidemiológico.																		
Actividad general: Validación de modelo epidemiológico.																		
Actividad general: Diseño conceptual de software																		
Actividad general: Reuniones de avance semestrales con la contraparte técnica.																		
Actividad general: Soporte y seguimiento de modelo.																		
Actividad general: Construcción de publicación científica																		
Producto 1: Informe de avance 1.																		
Producto 2: Informe de avance 2.																		
Producto 3: Pre Informe final.																		
Producto 4: Informe final.																		
Producto 5: Taller de difusión de actividades con la contraparte técnica del estudio.																		



## 14.2.3 Minuta de Actividades

### 14.2.3.1 Reunión 22-06-16

Validación Conceptual del Modelo por parte de los profesionales del sector público de SERNAPESCA

Fotografías reunión



Asistencia Taller difusión de resultados Proyecto FIP 2014-63  
 Valparaíso, ~~12-05-16~~ 22-06-16



N°	Nombre	Institución	e-mail	Firma
1	Christophe Hamilton - Doct	U de Chile	christophe.hamilton@u.uchile.cl	[Signature]
2	Fernando Maldonado Luján	UNAB	fernando.maldonado@unab.cl	[Signature]
3	Flavio de la Torre	Sernapirca	flavio@sernapirca.cl	[Signature]
4	Georg Knaus Riedl	Sernapirca	georg@sernapirca.cl	[Signature]
5	Luis Pablo Hernández Carrasco	Sernapirca	lpc@sernapirca.cl	[Signature]
6	Marcos Alejandro Castro	Sernapirca	marcos@sernapirca.cl	[Signature]
7	MARCELO HERVE F.	BALVI CHILE	MARCELO.HERVE@BALVI.cl	[Signature]
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Fecha: 22-06-16 Asistentes:

Contraparte Técnica	Balvi Chile Limitada
1. Eleazar Flores R C.(SERNAPESCA)	1. Christopher Hamilton-West M.
2. Mariana Leal T.(SERNAPESCA)	2. Marcelo Hervé F.
3. Maureen Alcayaga G. (SUBPESCA)	3. Luis Pablo Hervé C.
	4. Fernando Mardones L.



Lugar: Sala de reuniones, piso 19 de Subpesca. Bellavista 0168, Valparaíso. De 10 a 13 horas.

#### Presentaciones:

Presentación Sensibilidad de las variables utilizadas en el modelo. Aplicaciones prácticas.

Fernando Mardones L.

Presentación Variables de relevancia para futura extensión del modelo.

Christopher Hamilton West M.

#### Conclusiones:

Se completa a satisfacción de la contraparte técnica las presentaciones del modelo.

Se destaca la identificación de variables que por diversos motivos (Cantidad, completitud y calidad de datos) no pudieron ser integradas en el modelo en esta etapa.

Encuesta respondida por los funcionarios asistentes a la actividad.



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 22-06-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Muy Buena | <input type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular              | <input type="checkbox"/> Mala  |

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 22-06-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Muy Buena | <input type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular              | <input type="checkbox"/> Mala  |

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!





## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 22-06-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Muy Buena | <input type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular              | <input type="checkbox"/> Mala  |

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!

Arauco 340 of. 201-1

5110542 Valdivia

Tel: +56 9 88189970  
Tel: +56 9 98741546

¿Como calificaría Ud. la organización general del evento?

Buena 3/3

¿Cómo calificaría Ud. la claridad de las exposiciones?

Muy Buena 3/3.

### 14.2.3.2 Reunión 12-05-16

#### Fotografías reunión



#### INVITACIÓN

Balvi Chile Limitada, invita a Ud. a la actividad de difusión de resultados del proyecto FIP 2014-63 “FIP-2014-63 Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades de alto riesgo (EAR)”. Apoyado con recursos del Fondo de Investigación pesquera y Acuicultura (FIPA). Esta actividad se realizará el jueves 12 de mayo de 2016, a partir de las 09 horas, en Salón Reñaca, Hotel Diego de Almagro, Molina 76, Valparaíso.

Confirmar asistencia al teléfono +56 9 98741546 o al e-mail [marcelo.herve@balvi.cl](mailto:marcelo.herve@balvi.cl)

Asistencia Taller difusión de resultados Proyecto FIP 2014-63  
Valparaíso, 12-05-16



Nº	Nombre	Institución	e-mail	Firma
1	Huano Goret Carrasco	Sumpesca	agoret@sumapesca.cl	
2	Naiaue Leal Toro	Sumpesca	mltal@sumapesca.cl	
3	Daisy San Pedro Ilayer	Subpesca	dspedro@subpesca.cl	
4	Maureen Alcaraga Endojo	Subpesca	malcaraga@subpesca.cl	
5	Luis Pérez Hernández	Gravi Chile	luis-perez.hernandez@gravi.cl	
6	MARCELO HERVE F.	BALVI CHILE LTDA.	MARCELO.HERVE@BALVICL	
7	BARTOLOME RODILLO	BALVI CHILE	brodillo@hotmail.com	
8	Fernando Perdomo	BALVI CHILE	fperdomo@gmail.com	
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				



Fecha: 12-05-16 Asistentes:

Contraparte Técnica	Balvi Chile Limitada
1. Álvaro Gaete C.(SERNAPESCA)	1. Bartolomé Rodillo P.
2. Mariana Leal T.(SERNAPESCA)	2. Marcelo Hervé F.
3. Daisy San Pedro M. (SUBPESCA)	3. Luis Pablo Hervé C.
4. Maureen Alcayaga G. (SUBPESCA)	4. Fernando Mardones L.



Lugar: Salón Reñaca, Hotel Diego de Almagro, Molina 76, Valparaíso.

#### Presentaciones:

Presentación "Desarrollo De Un Modelo Epidemiológico Para La Vigilancia De Enfermedades De Alto Riesgo (EAR)", FIP 2014-63"  
Luis Pablo Hervé C.

Presentación "Integración de Bases de Datos"  
Bartolomé Rodillo P.

Presentación "Desarrollo de un modelo epidemiológico para SRS SLIR-SRS"  
Fernando Mardones L.

Presentación "Estructura y diseño de Software"  
Bartolomé Rodillo P.

Mesa redonda

#### Conclusiones

Se acordó que es necesario hacer una segunda actividad, consistente en una reunión para explicar el significado de los parámetros utilizados para formular el modelo. Si bien el taller cubre los elementos comprometidos, Sernapesca expresa que requiere un mayor nivel de detalle en este punto. Sernapesca informará 3 posibles fechas a partir del 15 de junio para que Balvi confirme la actividad.

Fernando Mardones indica que se puede presentar una sensibilización de los parámetros utilizadas.

Balvi trabajará en un documento descriptivo de la obtención de los parámetros y valores utilizados en el modelo a distribuir previo a la actividad del mes de junio.

No hay mayores observaciones respecto del diseño propuesto para el software. La problemática que debe ser evaluada es la factibilidad de que el modelo sea operado por un tercero como un servicio.

Respecto de hacer un taller práctico de R no sería necesario. El foco requerido está en entender los parámetros utilizados y como se seleccionaron y como se descartaron aquellos que no fueron considerados.

Encuesta respondida por los funcionarios asistentes a la actividad.



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 12-05-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Muy Buena | <input type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular              | <input type="checkbox"/> Mala  |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

3.- ¿Qué otros tres (3) temas son de interés para usted?

- ①. Estandarización bases de datos y
2. manejo de información.
- ③. Modelos para determinación de  
susceptibilidad de EAB.

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 12-05-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena          | <input type="checkbox"/> Buena |
| <input checked="" type="checkbox"/> Regular | <input type="checkbox"/> Mala  |

3.- ¿Qué otros tres (3) temas son de interés para usted?

1. Generación del tema de alerta de aumento de costos.
2. Propuesta variación de costos.
3. \_\_\_\_\_

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 12-05-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena          | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input checked="" type="checkbox"/> Regular | <input type="checkbox"/> Mala             |

3.- ¿Qué otros tres (3) temas son de interés para usted?

1. Determinar factores de riesgo en otras enfermedades
2. Determinar sensibilización y especialidad de TCC. diagnóstico de SRS
3. Determinar forma un programa de Vigilancia SRS.

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!



## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Fecha: 12-05-16

Estimado Participante

Le agradeceremos nos pueda indicar algunos comentarios en relación a las exposiciones y contenidos presentados. Marque con una X la casilla correspondiente.

1.- ¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

2.- ¿Cómo calificaría la claridad de las exposiciones?

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena |
| <input type="checkbox"/> Regular   | <input type="checkbox"/> Mala             |

3.- ¿Qué otros tres (3) temas son de interés para usted?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Finalmente, agradecemos su participación y el tiempo empleado en contestar esta encuesta.

¡Muchas Gracias!



Descripción respuestas de encuesta de satisfacción

¿Cómo calificaría Ud. la organización general del evento?

Muy Buena	25%
Buena	75%

¿Cómo calificaría Ud. la claridad de las exposiciones

Buena	75%
Regular	25%

¿Qué otros 3 temas son de interés para usted?

1. Estandarización bases de datos y manejo de información.
2. Modelos para determinación de susceptibilidad de EAR.
3. Generación software de alerta de aumento de brotes
4. Propuesta normalización de datos
5. Determinar factores de riesgo en otras enfermedades
6. Determinar sensibilidad y especificidad de técnicas diagnósticas en SRS.
7. Generar un programa de vigilancia sanitaria



### 14.2.3.3 Reunión 09-09-2015

Fecha: 09-09-15 Asistentes:

Contraparte Técnica Sernapesca	Balvi Chile Limitada
1. Maureen Alcayaga (Subpesca)	1. Fernando Mardones (BALVI)
2. Alejandro Barrientos (Subpesca)	2. Bartolomé Rodillo (BALVI)
3. Luis Carroza (FIP)	3. Marcelo Hervé (BALVI)
4. Michell Dapremontt (FIP)	
5. Alvaro Gaete (SERNAPESCA)	
6. Mariana Leal (SERNAPESCA)	



Lugar: Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, Bellavista 0168, piso 21, Valparaíso.

- Se definen los siguientes hitos del proyecto y sus responsables.

a) Definir área de estudio (Macrozona). BALVI debe proporcionar los criterios que debe(n) cumplir la o las macrozona(s). (BALVI)

Para la elección de macrozona (MZ) se proponen los siguientes criterios.

1. Que sean representativas de la situación actual de la industria.
2. Incluir al menos una MZ para la X, XI, y XII regiones.
3. Mayor proporción de especie *Salmo salar*, sin embargo, debiera existir una proporción de centros de otras especies, idealmente salmón Coho para evaluar efecto de 'corta-fuegos', si existiera.
4. Información reportada de centros ubicados en esta MZ debiera contemplar más de un ciclo cerrado de producción.
5. Nivel de reporte de información a nivel de MZ >90%, es decir, al menos 90% de la información completa.

b) Solicitar por parte de Balvi de la información detallada necesaria avanzar en el diseño del modelo. (BALVI)

Datos mínimos requeridos para iniciar el análisis.

1. Se adjunta template; incluyendo la justificación de cada variable.
2. Cada fila corresponde a información semanal.
3. Si existe información relacionada al reporte de tratamientos antibacterianos; se debiese incluir.
4. Si existe información relacionada a los tratamientos antiparasitarios; se debiese incluir, o utilizar la carga parasitaria como una aproximación. Es mejor conocer los tipos y número de baños antiparasitarios porque tendrían un efecto más estresante que el caligus per se.
5. Con respecto a la información prioritaria, esta se señala inmediatamente sobre el nombre de cada variable en el archivo Excel TemplateFIPBalvi.

- c) El seguimiento de la contraparte técnica lo hará el Sr. Michelle Dapremont (FIP).
- d) Acuerdo de confidencialidad según los requerimientos de información a solicitar (SERNAPESCA).
- e) Calendario propuesta de reuniones (BALVI).
- f) Modelo conceptual informe de avance N °2 (BALVI).



Además se establecieron los siguientes puntos:

Balvi expone que reducir a priori las variables a estudiar puede dejar vacíos en el modelo. Esta situación puede constituirse finalmente en reparos al mismo modelo. Por lo anterior Balvi no recomienda reducir el set de datos al iniciar el trabajo.

Pese a que en la reunión del 26-6-15, se acordó trabajar con datos a nivel nacional, Sernapesca y el Servicio recomiendan restringir los datos a la MZ 3. A esto Fernando Mardones en la presente reunión, recomienda incluir una MZ de la XI región y de la XII para fines comparativos.

Se revisa el alcance del próximo informe comprometido para el 27 de octubre. A este respecto Balvi indica que disponer de los datos en forma oportuna es necesario para esta entrega.

Se acuerda agendar una fecha para reuniones periódicas las cuales podrán ser realizadas en forma presencial o vía video conferencia. (Ver posibilidad de utilizar Skype)

Balvi solicita que se entregue el modelo de datos donde SIFA está guardando la información de los planes de vigilancia y mortalidades. A este respecto esta información es necesaria por cuanto se requiere como parte del proyecto presentar el diseño de un modelo computacional para el modelo epidemiológico. Esta información puede ser de utilidad para acotar la entrega de datos requeridos para la próxima entrega.

Se podría requerir una reunión con informática para la entrega del modelo de datos. Se recomienda agendarla.

El servicio y Sernapesca revisarán los temas relacionados con el acuerdo de confidencialidad necesario para que sean entregados los datos para esta etapa del proyecto.



#### 14.2.3.4 Reunión 13-10-2015

Fecha: 13-10-15 Asistentes:

Contraparte Técnica Subpesca / Sernapesca	Balvi Chile Limitada
1. Michell Dapremontt (FIPA)	1. Bartolomé Rodillo (BALVI)
2. Mariana Leal (SERNAPESCA)	2. Marcelo Hervé (BALVI)
3. Bélgica Muñoz (SERNAPESCA)	



Lugar: Servicio Nacional de Pesca, Victoria 2832, piso 3, Valparaíso.

##### **Temas tratados:**

Balvi explica el alcance del proyecto a los participantes de la reunión haciendo referencia a las bases de la licitación Proyecto FIP-2014-63 Desarrollo de un modelo epidemiológico para la vigilancia de enfermedades de alto riesgo (EAR)

Dentro de las bases técnicas se señala:

##### **2. OBJETIVO GENERAL**

Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico que permita predecir el comportamiento sanitario de las agrupaciones de concesiones de especies salmónidas.

##### **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 3.1. Determinar y desarrollar un modelo epidemiológico predictivo que se ajuste a la realidad nacional, considerando la información sanitaria, ambiental y productiva disponible.
- 3.2. Validar el modelo epidemiológico desarrollado.
- 3.3. Elaborar el diseño conceptual de un programa computacional, basado en dicho modelo epidemiológico, que integre los datos capturados y generados por la Autoridad Sectorial.

Por lo anterior Balvi señala que tanto para elaborar el modelo, como para dar cumplimiento al Objetivo específico 3.3 es necesario contar con los datos solicitados para las macrozonas acordadas (N°3 y N°6) con la Subsecretaría de Pesca, como también el modelo de datos utilizado por SIFA para almacenarlos.

Pese a que la carta solicitando los datos acordados en la reunión del 9-9-15 fue enviado el 7 de octubre se ve con alta probabilidad de que no estén disponibles para la entrega del segundo informe de avance para el 27 de octubre de 2015. Pese a lo anterior se señala tanto por parte del servicio como por parte de Balvi que, para efectos del segundo informe de avance del 27 de octubre de 2015, podrían no estar



estos datos pero que su disponibilidad puede afectar la ruta crítica del proyecto generando atrasos.

Bélgica Muñoz, profesional de TICs (SERNAPESCA) solicita que se le haga entrega de la solicitud de información solicitada por Balvi y compromete entregar el día lunes 19 de octubre un plazo de entrega de dicha información.

Se acuerda que se entregará a BALVI la información en formato Excel, formato sugerido por SERNAPESCA.

Respecto de la entrega del modelo de datos Bélgica Muñoz indica que lo puede entregar utilizando SQL POWER ARCHITECT ([www.sqlpower.ca](http://www.sqlpower.ca)).

Otros antecedentes:

SIFA no maneja la información de fechas de siembra ni de los periodos de descanso, no obstante, se le indica a Balvi que podrían obtener una aproximación utilizando los datos solicitados.

El Score de riesgo es un dato que tiene disponible la Subsecretaría y no el Servicio. Este dato no está disponible en SIFA. De ser requerido Balvi deberá solicitarlo.

Bélgica Muñoz reitera como fue señalado en la reunión del 18 de mayo que el Servicio no cuenta con un datamart o data warehouse. Por lo anterior es importante que el proyecto proponga como se realizará la entrega de la información periódica que requerirá la operación del modelo.

La información de salinidad y temperatura de los centros no se encuentra validada, ni existe metodología estandarizada para la medición de las variables, por lo tanto, al no ser información Oficial, no puede ser entregada por el Servicio.

#### 14.2.3.5 Reunión 07-04-2016



Fecha: 07-04-2016 Asistentes:

Balvi Chile Limitada	Contraparte Técnica SUBPESCA/SERNAPESCA
1. Christopher Hamilton West M.	1. Luis Carroza (FIPA)
2. Bartolomé Rodillo P.	2. Michelle Dapremontt (FIPA)
3. Fernando Mardones O.	3. Mariana Leal (SERNAPESCA)
4. Luis Pablo Hervé C.(BALVI)	4. Maureen Alcayaga (SUBPESCA)
5. Marcelo Hervé F.(BALVI)	

Lugar: Bellavista 0168, piso 16. Valparaíso. 10:00.

**Temas tratados: (Responsable entre paréntesis)**

Se realiza una presentación del estado de avance del proyecto, donde se exponen los objetivos del proyecto, sus avances y el equipo de profesionales de BALVI Chile Limitada. **Luis Pablo Hervé C.**

Presentación del modelo epidemiológico SRS, ecuaciones diferenciales, resultados del proyecto y su validación. La presentación anterior además propone 3 ámbitos de datos no incluidos en este modelo, como son el componente espacial (radio de acción), Temporalidad (temperatura) y Heterogeneidad de centros de cultivo. **Fernando Mardones O.**

Se hace propuesta de actividad de difusión de resultados, se compromete envío de programa tentativo a los asistentes, para poder generar listado de asistencia. **Marcelo Hervé F.**

#### 14.2.3.6 Reunión 29-02-2016

Fecha: 29-02-16 Asistentes:

Contraparte Técnica Subpesca / Semapesca	Balvi Chile Limitada
1. Michell Dapremontt (FIP)	1. Luis Pablo Hervé C. (BALVI) 2. Marcelo Hervé F. (BALVI)



Lugar: Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, Bellavista 0168, piso 21, Valparaíso. 10:30

##### **Temas tratados: (Responsable entre paréntesis)**

Se menciona que el Sr. Michell Dapremontt se encuentra participando de la reunión subrogando al Director Ejecutivo del FIPA, el Sr. Luis Carroza.

Reunión informativa, donde se realiza una presentación del estado de avance del proyecto a la contraparte técnica. En esta oportunidad se recalcó la entrega de los productos dentro de los plazos estipulados en las bases,

Adicionalmente se presentaron distintos temas administrativos relacionados con la disponibilidad de información, fechas para los futuros hitos del proyecto, los que incluyeron el taller de difusión de resultados, entrega de informes y la conducción del proyecto en general.

Se destacó en la reunión que a pesar de los contratiempos en la recepción conforme de algunos elementos de importancia para el proyecto, este sigue avanzando de buena forma, esperándose cumplir con los hitos sin contratiempos adicionales.

#### 14.2.4 Personal participante por actividad

*Tabla N° 2. Personal participante por actividad específica*

Nombre	Rol	Actividades específicas	Sigla
Luis Pablo Hervé Claude	Jefe de proyecto	Administración epidemiología	LPH
Marcelo Hervé Fernández	Coordinador	Coordinación y preparación de informes	MHF
Fernando Mardones Loyola	Consultor 1	Asesor en modelos epidemiológicos	FMO
Christopher Hamilton-West Miranda	Consultor 2	Asesor en epidemiología acuícola	CHW
Bartolomé Rodillo Pérez	Consultor 3	Asesor en herramientas informáticas	BRP

En todas las actividades participan el Coordinador MHF y el Director LPH.

**Actividad general: Construcción de modelo epidemiológico.**

Trabajo grupal con énfasis en FMO como generador del modelo y CHW como analista de datos que posteriormente alimentaron el modelo. BRP participó en la generación de la interfaz con el software.

**Actividad general: Validación de modelo epidemiológico.**

En esta etapa el trabajo se concentró en FMO, quién realizó las pruebas de validación del modelo.

**Actividad general: Diseño conceptual de software**

En esta etapa el trabajo se concentró en BRP, quién realizó el diseño conceptual de Software, en estrecha vinculación con FMO y CHW, para asegurar que la transferencia de datos hacia el modelo se realice de la mejor manera.

**Actividad general: Informe Pre Final:**

En esta actividad ha participado todo el equipo de consultores junto con el Director y el Coordinador (FMO, BRP, CHW, MHF y LPH).



## 14.2.5 Datos solicitados y su justificación

VARIABLE	JUSTIFICACION	Disponibilidad
SIEP/RNA	código único de referencia; indicar espacial	SI
Empresa	Entrega información de estructura de contacto; centros de una misma empresa, mayor tasa de contactos riesgosos	SI
Fecha de siembra*	Fecha que determina el inicio del ciclo de producción y el riesgo a la exposición	No disponible
fecha cosecha (centro vacío)*	Fecha que determina el fin del ciclo de producción y el centro no constituiría un riesgo para otros centros de cultivo	No disponible
SEMANA (N°) o fecha de declaración	Fecha del reporte de la información; componente temporal del estudio	SI
TOTAL MORTALIDAD SEMANAL (%):	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia	SI
ESPECIE	Factor de riesgo a evaluar; Salmo salar es la especie de mayor riesgo	SI
Nro de peces (inicial o final)*	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia	SI
PESO PROM (gr)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia	SI
DENSIDAD (kg/m³)*	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a procesos de denso-dependencia	No disponible
TOTAL MORTALIDAD (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia	SI
TOTAL MORTALIDAD SECUNDARIA (N°)	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia	SI
SRS	Dato epidemiológico esencial para estimación de prevalencia/incidencia	SI
Vibriosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
IPN	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
Furunculosis	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
BKD	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
ISA	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
Ictericia	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a otras condiciones sanitarias	SI
Temperatura [°C]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales	SI
Fotoperíodo*	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales	No disponible
Salinidad [%]	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a factores ambientales	SI
Juveniles	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias	SI
Adultos Móviles (AM)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias	SI
Hembras ovigeras (HO)	Dato epidemiológico esencial para evaluación de riesgo asociado a efecto de cargas parasitarias	SI

Disponibilidad según lo informado por Mariana Leal (SERNAPESCA).

## 14.2.6 Lista de referencias adjuntas en CD de entrega

Las indicadas en la Bibliografía.

Almendras_et_al_1997_Experimental_Infection_SRS Asche et al_2009_The Salmon disease Crisis in Chile Boelle-Obadia_2015_EstimacionR0 Bravo_1994_SRS in Freshwater Brocklebank et al_1992_Septicemia Infection Delignette-Muller_2015_fitdistplus Fevolden_1992_Disease resistance in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) selected for stress response Fevolden_1993_Disease resistance in Atlantic salmon (Salmo salar) selected for high or low responses to stress Fryer et al_1992_Piscirickettsia_Salmonids Fryer_Hedrick-2003_Piscirickettsia Salmonis Georgiadis_2001_Epidemiology in fish Grassly_2008_Mathematical modelling Hamilton-West_2011_Epi_description Kopec_2010_Validation_Models Kuldorff_2007_Disease_Surveillance Lannan and Fryer_1993_Piscirickettsia_Chile Larenas_2003_Experimental_Transmission_SRS Mardones_2009_Epi_Investigation_ISA_Chile Mardones_2011_Farm_level reproduction number d Mardones_2013 Within farm ISAV spread Mardones_2014 Fish movs and ISA Martinez-Lopez_2014_A_novel_spatial Mauel et al_2008_Culture of SRS Olivares and Marshal_2010_SRS_and Following Rees_2014_Transmission of Piscirickettsia salm Rozas and Henriquez_2014_SRS Review Siettos_2013_Disease_Modelling Smith_1999_Routes_of_entry_SRS Soataert_2010_Solving_Diff_Distributions Subasinghe_2005_Epidemiological approach to aquatic animal Vicenty_1975_Direct_and_inverse_solutions_geodesic	Werkman_2011_Following_disease_control Yatabe_2011_Risk_Factors_Sea_lice
--	---

14.2.7 Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 3 en la región de Los Lagos a enero de 2016.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
1	10	8	101987	AGUAS CLARAS S.A.
2	10	10A	100674	AGUAS CLARAS S.A.
3	10	10A	100981	AGUAS CLARAS S.A.
4	10	10A	100416	AGUAS CLARAS S.A.
5	10	10A	100208	AGUAS CLARAS S.A.
6	10	10B	100245	AGUAS CLARAS S.A.
7	10	10B	100680	AGUAS CLARAS S.A.
8	10	10B	100679	AGUAS CLARAS S.A.
9	10	9A	100411	AGUAS CLARAS S.A.
10	10	9A	100222	AGUAS CLARAS S.A.
11	10	9A	100223	AGUAS CLARAS S.A.
12	10	9A	102007	AQUACHILE S. A.
13	10	9A	102008	AQUACHILE S. A.
14	10	9A	102009	AQUACHILE S. A.
15	10	9A	102010	AQUACHILE S. A.
16	10	7	100067	CERMAQ CHILE S.A.
17	10	7	100065	CERMAQ CHILE S.A.
18	10	7	100066	CERMAQ CHILE S.A.
19	10	7	100164	CERMAQ CHILE S.A.
20	10	7	101953	CERMAQ CHILE S.A.
21	10	7	102850	CERMAQ CHILE S.A.
22	10	7	102305	CERMAQ CHILE S.A.
23	10	7	102458	CERMAQ CHILE S.A.
24	10	8	102041	CERMAQ CHILE S.A.
25	10	8	102117	CERMAQ CHILE S.A.
26	10	8	102183	CERMAQ CHILE S.A.
27	10	8	102504	CERMAQ CHILE S.A.
28	10	8	102505	CERMAQ CHILE S.A.
29	10	8	104110	CERMAQ CHILE S.A.
30	10	8	100689	CERMAQ CHILE S.A.
31	10	8	100608	CERMAQ CHILE S.A.
32	10	8	100609	CERMAQ CHILE S.A.
33	10	8	100610	CERMAQ CHILE S.A.
34	10	8	100611	CERMAQ CHILE S.A.
35	10	8	100612	CERMAQ CHILE S.A.
36	10	8	103805	CERMAQ CHILE S.A.
37	10	10A	100104	CERMAQ CHILE S.A.
38	10	10A	104111	CERMAQ CHILE S.A.
39	10	10A	102066	CERMAQ CHILE S.A.
40	10	10A	102105	CERMAQ CHILE S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
41	10	10B	102987	CERMAQ CHILE S.A.
42	10	10B	100103	CERMAQ CHILE S.A.
43	10	9A	100591	CERMAQ CHILE S.A.
44	10	9A	102342	CERMAQ CHILE S.A.
45	10	9C	101930	CERMAQ CHILE S.A.
46	10	9C	102562	CERMAQ CHILE S.A.
47	10	8	102149	CULTIVOS YADRAN S.A.
48	10	8	103566	INVERMAR S.A.
49	10	8	103333	INVERMAR S.A.
50	10	10A	100988	INVERMAR S.A.
51	10	10A	101991	INVERMAR S.A.
52	10	10B	102042	INVERMAR S.A.
53	10	9A	102146	INVERMAR S.A.
54	10	9A	102115	INVERMAR S.A.
55	10	9A	102934	INVERMAR S.A.
56	10	7	101531	MARINE HARVEST CHILE S.A.
57	10	7	100960	MARINE HARVEST CHILE S.A.
58	10	7	100414	MARINE HARVEST CHILE S.A.
59	10	8	102315	MARINE HARVEST CHILE S.A.
60	10	8	102314	MARINE HARVEST CHILE S.A.
61	10	10A	101769	MARINE HARVEST CHILE S.A.
62	10	10A	101777	MARINE HARVEST CHILE S.A.
63	10	10A	101779	MARINE HARVEST CHILE S.A.
64	10	10A	101684	MARINE HARVEST CHILE S.A.
65	10	10A	101687	MARINE HARVEST CHILE S.A.
66	10	10A	101050	MARINE HARVEST CHILE S.A.
67	10	10A	101152	MARINE HARVEST CHILE S.A.
68	10	10A	100117	MARINE HARVEST CHILE S.A.
69	10	10A	100391	MARINE HARVEST CHILE S.A.
70	10	10A	100412	MARINE HARVEST CHILE S.A.
71	10	10A	102554	MARINE HARVEST CHILE S.A.
72	10	10A	101962	MARINE HARVEST CHILE S.A.
73	10	10A	102052	MARINE HARVEST CHILE S.A.
74	10	10B	100413	MARINE HARVEST CHILE S.A.
75	10	10B	100363	MARINE HARVEST CHILE S.A.
76	10	10B	100367	MARINE HARVEST CHILE S.A.
77	10	10B	101681	MARINE HARVEST CHILE S.A.
78	10	9A	100640	MARINE HARVEST CHILE S.A.
79	10	9A	100987	MARINE HARVEST CHILE S.A.
80	10	9A	101285	MARINE HARVEST CHILE S.A.



N	Region	ACS	SIEP	Titular
81	10	9A	100592	MARINE HARVEST CHILE S.A.
82	10	9A	102273	MARINE HARVEST CHILE S.A.
83	10	9A	102198	MARINE HARVEST CHILE S.A.
84	10	9A	102192	MARINE HARVEST CHILE S.A.
85	10	9B	102131	MARINE HARVEST CHILE S.A.
86	10	9B	103822	MARINE HARVEST CHILE S.A.
87	10	9C	102320	MARINE HARVEST CHILE S.A.
88	10	9C	102318	MARINE HARVEST CHILE S.A.
89	10	9C	102164	MARINE HARVEST CHILE S.A.
90	10	9C	102165	MARINE HARVEST CHILE S.A.
91	10	9C	102166	MARINE HARVEST CHILE S.A.
92	10	9C	102125	MARINE HARVEST CHILE S.A.
93	10	9C	102126	MARINE HARVEST CHILE S.A.
94	10	9C	102832	MARINE HARVEST CHILE S.A.
95	10	9C	101863	MARINE HARVEST CHILE S.A.
96	10	9A	100638	MULTIEXPORT PACIFIC FARMS S.A.
97	10	9B	103414	MULTIEXPORT PACIFIC FARMS S.A.
98	10	7	100120	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
99	10	7	103489	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
100	10	8	102053	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
101	10	10A	102054	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
102	10	9B	102069	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
103	10	8	101279	SALMOCONCESIONES S.A.
104	10	8	100982	SALMOCONCESIONES S.A.
105	10	10A	101298	SALMOCONCESIONES S.A.
106	10	10A	100497	SALMOCONCESIONES S.A.
107	10	10A	100385	SALMOCONCESIONES S.A.
108	10	10A	100417	SALMOCONCESIONES S.A.
109	10	10A	100418	SALMOCONCESIONES S.A.
110	10	10A	100216	SALMOCONCESIONES S.A.
111	10	10A	101919	SALMOCONCESIONES S.A.
112	10	10A	101918	SALMOCONCESIONES S.A.
113	10	10B	100619	SALMOCONCESIONES S.A.
114	10	9A	100977	SALMOCONCESIONES S.A.
115	10	9A	101281	SALMOCONCESIONES S.A.
116	10	8	102648	SALMONES ANTARTICA S.A.
117	10	8	102789	SALMONES ANTARTICA S.A.
118	10	8	102677	SALMONES ANTARTICA S.A.
119	10	10A	101888	SALMONES ANTARTICA S.A.
120	10	10A	100075	SALMONES ANTARTICA S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
121	10	10B	102963	SALMONES ANTARTICA S.A.
122	10	9A	103746	SALMONES ANTARTICA S.A.
123	10	9B	102104	SALMONES ANTARTICA S.A.
124	10	9B	102281	SALMONES ANTARTICA S.A.
125	10	9B	100596	SALMONES ANTARTICA S.A.
126	10	9B	100597	SALMONES ANTARTICA S.A.
127	10	9C	103845	SALMONES ANTARTICA S.A.
128	10	10B	102418	SALMONES CAMANCHACA S.A.
129	10	10B	102673	SALMONES CAMANCHACA S.A.
130	10	10B	101690	SALMONES CAMANCHACA S.A.
131	10	8	104124	SALMONES HUMBOLDT LTDA
132	10	8	104114	SALMONES HUMBOLDT LTDA
133	10	8	104085	SALMONES HUMBOLDT LTDA
134	10	9A	101370	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
135	10	9A	102541	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
136	10	9B	101308	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
137	10	9C	103701	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
138	10	8	103737	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
139	10	10A	103528	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
140	10	9C	104167	SALMONES PACIFIC STAR S.A.
141	10	10A	101353	SALMONES TECMAR S.A.
142	10	10A	100989	SALMONES TECMAR S.A.
143	10	10A	101003	SALMONES TECMAR S.A.
144	10	10A	100633	SALMONES TECMAR S.A.
145	10	10A	100068	SALMONES TECMAR S.A.
146	10	10A	102714	SALMONES TECMAR S.A.
147	10	10A	102367	SALMONES TECMAR S.A.
148	10	9A	100634	SALMONES TECMAR S.A.
149	10	7	103384	TRUSAL S.A.
150	10	8	103319	TRUSAL S.A.
151	10	8	103824	TRUSAL S.A.
152	10	9A	104223	TRUSAL S.A.
153	10	9B	102742	TRUSAL S.A.
154	10	9B	102818	TRUSAL S.A.
155	10	9B	102967	TRUSAL S.A.
156	10	9B	104109	TRUSAL S.A.

14.2.8 Centros de cultivo (SIEP) por agrupación de concesiones de salmones (ACS) que conforman la Macrozona 6 en la región de Aysén a enero de 2016.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
1	11	20	110921	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
2	11	20	110866	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
3	11	20	110883	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
4	11	20	110601	SALMONES CAMANCHACA S.A.
5	11	20	110632	SALMONES CAMANCHACA S.A.
6	11	20	110755	SALMONES CAMANCHACA S.A.
7	11	20	110624	SALMONES CAMANCHACA S.A.
8	11	20	110599	SALMONES CAMANCHACA S.A.
9	11	20	110605	SALMONES CAMANCHACA S.A.
10	11	20	110600	SALMONES CAMANCHACA S.A.
11	11	20	110604	MARINE HARVEST CHILE S.A.
12	11	20	110843	MARINE HARVEST CHILE S.A.
13	11	20	110643	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
14	11	20	110667	MARINE HARVEST CHILE S.A.
15	11	20	110598	SALMONES CAMANCHACA S.A.
16	11	20	110756	SALMONES CAMANCHACA S.A.
17	11	20	110780	SALMONES BLUMAR S.A.
18	11	20	110775	SALMONES BLUMAR S.A.
19	11	20	110754	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
20	11	20	110656	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
21	11	20	110708	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
22	11	20	110654	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
23	11	20	110644	SALMONES CAMANCHACA S.A.
24	11	20	110759	SALMONES CAMANCHACA S.A.
25	11	20	110253	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
26	11	20	110387	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
27	11	20	110391	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
28	11	20	110687	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
29	11	20	110385	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
30	11	20	110375	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
31	11	20	110376	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
32	11	20	110395	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
33	11	20	110396	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
34	11	20	110394	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
35	11	18A	110264	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
36	11	18A	110263	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
37	11	18A	110190	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
38	11	18A	110191	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
39	11	18A	110189	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
40	11	18A	110634	MARINE HARVEST CHILE S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
41	11	18A	110580	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
42	11	18A	110405	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
43	11	18A	110704	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
44	11	18A	110610	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
45	11	18A	110490	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
46	11	18A	110489	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
47	11	18A	110607	MARINE HARVEST CHILE S.A.
48	11	18A	110565	MARINE HARVEST CHILE S.A.
49	11	18A	110377	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
50	11	18B	110463	SALMONES CAMANCHACA S.A.
51	11	18B	110737	SALMONES CAMANCHACA S.A.
52	11	18B	110494	SALMONES CAMANCHACA S.A.
53	11	18B	110623	SALMONES CAMANCHACA S.A.
54	11	18B	110492	SALMONES CAMANCHACA S.A.
55	11	18B	110486	MARINE HARVEST CHILE S.A.
56	11	18B	110400	MARINE HARVEST CHILE S.A.
57	11	18B	110321	MARINE HARVEST CHILE S.A.
58	11	18B	110618	SALMONES HUMBOLDT LTDA
59	11	18B	110824	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
60	11	18B	110572	MARINE HARVEST CHILE S.A.
61	11	18B	110533	MARINE HARVEST CHILE S.A.
62	11	18B	110574	MARINE HARVEST CHILE S.A.
63	11	18B	110575	MARINE HARVEST CHILE S.A.
64	11	18B	110854	MARINE HARVEST CHILE S.A.
65	11	18B	110573	MARINE HARVEST CHILE S.A.
66	11	18B	110664	MARINE HARVEST CHILE S.A.
67	11	18B	110571	MARINE HARVEST CHILE S.A.
68	11	18B	110597	CULTIVOS YADRAN S.A.
69	11	18B	110832	CULTIVOS YADRAN S.A.
70	11	18B	110666	SALMONES HUMBOLDT LTDA
71	11	18B	110746	SALMONES CAMANCHACA S.A.
72	11	18B	110796	MARINE HARVEST CHILE S.A.
73	11	18B	110934	SALMONES CAMANCHACA S.A.
74	11	18C	110941	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
75	11	18C	110944	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
76	11	18C	110787	SALMONES HUMBOLDT LTDA
77	11	18C	110776	GRANJA MARINA TORNAGALEONES S.A.
78	11	18C	110684	GRANJA MARINA TORNAGALEONES S.A.
79	11	18C	110700	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
80	11	18C	110777	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
81	11	18C	110880	CULTIVOS YADRAN S.A.
82	11	18C	110662	INVERMAR S.A.
83	11	18C	110749	SALMONES PACIFIC STAR S.A.
84	11	18C	110570	MARINE HARVEST CHILE S.A.
85	11	18C	110633	MARINE HARVEST CHILE S.A.
86	11	18C	110594	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
87	11	18C	110576	MARINE HARVEST CHILE S.A.
88	11	18C	110606	MARINE HARVEST CHILE S.A.
89	11	18C	110516	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
90	11	18C	110502	AGUAS CLARAS S.A.
91	11	18C	110705	AGUAS CLARAS S.A.
92	11	18C	110456	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
93	11	18C	110507	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
94	11	18C	110466	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
95	11	18C	110514	SALMONES HUMBOLDT LTDA
96	11	18C	110517	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
97	11	18C	110510	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
98	11	18C	110689	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
99	11	18C	110556	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
100	11	18C	110710	AGUAS CLARAS S.A.
101	11	18C	110918	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
102	11	18C	110924	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
103	11	18C	110860	SALMONES CAMANCHACA S.A.
104	11	18C	110313	MARINE HARVEST CHILE S.A.
105	11	18C	110315	MARINE HARVEST CHILE S.A.
106	11	18C	110314	MARINE HARVEST CHILE S.A.
107	11	18C	110397	SALMONES AUSTRALES S.A.
108	11	18C	110660	SALMONES CAMANCHACA S.A.
109	11	18C	110561	SALMONES CAMANCHACA S.A.
110	11	18C	110469	SALMONES CAMANCHACA S.A.
111	11	18C	110462	SALMONES CAMANCHACA S.A.
112	11	18C	110567	SALMONES TECMAR S.A.
113	11	18C	110564	MARINE HARVEST CHILE S.A.
114	11	18C	110527	SALMONES TECMAR S.A.
115	11	18C	110568	SALMONES TECMAR S.A.
116	11	18C	110608	SALMONES TECMAR S.A.
117	11	18C	110526	SALMONES TECMAR S.A.
118	11	18C	110588	SALMONES TECMAR S.A.
119	11	18C	110569	SALMONES TECMAR S.A.
120	11	18C	110529	MARINE HARVEST CHILE S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
121	11	18C	110528	SALMONES TECMAR S.A.
122	11	18C	110566	SALMONES TECMAR S.A.
123	11	18C	110525	SALMONES TECMAR S.A.
124	11	18C	110495	SALMONES TECMAR S.A.
125	11	18C	110659	SALMONES TECMAR S.A.
126	11	18C	110534	MARINE HARVEST CHILE S.A.
127	11	18C	110523	AGUAS CLARAS S.A.
128	11	18C	110447	AGUAS CLARAS S.A.
129	11	18C	110587	MARINE HARVEST CHILE S.A.
130	11	18C	110589	MARINE HARVEST CHILE S.A.
131	11	18C	110535	MARINE HARVEST CHILE S.A.
132	11	18C	110753	SALMONES PACIFIC STAR S.A.
133	11	18C	110464	SALMONES CAMANCHACA S.A.
134	11	18D	110524	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
135	11	18D	110549	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
136	11	18D	110688	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
137	11	18D	110685	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
138	11	18D	110743	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
139	11	18D	110520	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
140	11	18D	110744	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
141	11	18D	110493	SALMONES CAMANCHACA S.A.
142	11	18D	110500	SALMONES CAMANCHACA S.A.
143	11	18D	110747	SALMONES CAMANCHACA S.A.
144	11	18D	110562	SALMONES CAMANCHACA S.A.
145	11	18D	110457	SALMONES CAMANCHACA S.A.
146	11	18D	110766	SALMONES CAMANCHACA S.A.
147	11	18D	110393	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
148	11	18D	110859	SALMONES CAMANCHACA S.A.
149	11	18D	110863	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
150	11	18D	110620	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
151	11	18D	110518	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
152	11	18D	110522	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
153	11	18D	110655	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
154	11	18D	110625	MARINE HARVEST CHILE S.A.
155	11	18D	110593	CULTIVOS YADRAN S.A.
156	11	18D	110923	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
157	11	18D	110701	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
158	11	18D	110699	PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS S.A.
159	11	18D	110933	YADRAN CISNES S.A.
160	11	18E	110873	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
161	11	18E	110255	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
162	11	18E	110254	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
163	11	18E	110258	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
164	11	18E	110248	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
165	11	18E	110269	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
166	11	19A	110768	SALMONES CAMANCHACA S.A.
167	11	19A	110817	SALMONES CAMANCHACA S.A.
168	11	19A	110772	SALMONES CAMANCHACA S.A.
169	11	19A	110912	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
170	11	19A	110834	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
171	11	19A	110627	SALMONES BLUMAR S.A.
172	11	19A	110650	SALMONES BLUMAR S.A.
173	11	19A	110647	SALMONES BLUMAR S.A.
174	11	19A	110631	SALMONES BLUMAR S.A.
175	11	19A	110628	SALMONES BLUMAR S.A.
176	11	19A	110615	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
177	11	19A	110454	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
178	11	19A	110560	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
179	11	19A	110513	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
180	11	19A	110592	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
181	11	19A	110550	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
182	11	19A	110937	SALMONES CAMANCHACA S.A.
183	11	19B	110686	MARINE HARVEST CHILE S.A.
184	11	19B	110663	MARINE HARVEST CHILE S.A.
185	11	19B	110626	MARINE HARVEST CHILE S.A.
186	11	19B	110603	MARINE HARVEST CHILE S.A.
187	11	19B	110602	MARINE HARVEST CHILE S.A.
188	11	19B	110511	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
189	11	19B	110728	SALMONES BLUMAR S.A.
190	11	19B	110693	SALMONES BLUMAR S.A.
191	11	19B	110657	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
192	11	19B	110388	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
193	11	19B	110381	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
194	11	19B	110390	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
195	11	19B	110374	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
196	11	19B	110458	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
197	11	19B	110665	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
198	11	19B	110613	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
199	11	19B	110455	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
200	11	21A	110668	MARINE HARVEST CHILE S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
201	11	21A	110757	MARINE HARVEST CHILE S.A.
202	11	21A	110641	CULTIVOS YADRAN S.A.
203	11	21A	110677	CULTIVOS YADRAN S.A.
204	11	21A	110808	CULTIVOS YADRAN S.A.
205	11	21A	110675	CULTIVOS YADRAN S.A.
206	11	21A	110674	CULTIVOS YADRAN S.A.
207	11	21A	110670	CULTIVOS YADRAN S.A.
208	11	21A	110673	CULTIVOS YADRAN S.A.
209	11	21A	110696	CULTIVOS YADRAN S.A.
210	11	21A	110738	CULTIVOS YADRAN S.A.
211	11	21A	110697	CULTIVOS YADRAN S.A.
212	11	21A	110694	CULTIVOS YADRAN S.A.
213	11	21A	110760	MARINE HARVEST CHILE S.A.
214	11	21A	110853	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
215	11	21A	110920	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
216	11	21A	110816	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
217	11	21A	110813	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
218	11	21A	110868	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
219	11	21A	110915	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
220	11	21A	110945	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
221	11	21B	110932	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
222	11	21B	110935	INVERSIONES CHIPANA LTDA
223	11	21B	110828	TRUSAL S.A.
224	11	21B	110885	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
225	11	21B	110896	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
226	11	21B	110904	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
227	11	21B	110905	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
228	11	21B	110908	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
229	11	21B	110925	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
230	11	21B	110865	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
231	11	21B	110872	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
232	11	21B	110878	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
233	11	21B	110596	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
234	11	21B	110762	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
235	11	21B	110658	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
236	11	21B	110713	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
237	11	21B	110735	CERMAQ CHILE S.A.
238	11	21B	110867	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
239	11	21B	110788	SALMONES BLUMAR S.A.
240	11	21B	110496	UNIVERSIDAD DE CONCEPCION



N	Region	ACS	SIEP	Titular
241	11	21B	110491	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
242	11	21B	110498	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
243	11	21B	110468	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
244	11	21B	110465	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
245	11	21B	110467	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
246	11	21B	110460	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
247	11	21B	110536	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
248	11	21B	110538	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
249	11	21B	110505	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
250	11	21B	110504	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
251	11	21B	110537	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
252	11	21B	110503	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
253	11	21B	110449	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
254	11	21B	110661	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
255	11	21B	110540	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
256	11	21B	110497	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
257	11	21B	110406	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
258	11	21B	110408	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
259	11	21B	110609	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
260	11	21B	110539	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
261	11	21B	110245	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
262	11	21B	110249	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
263	11	21B	110247	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
264	11	21B	110252	EMPRESAS AQUACHILE S.A.
265	11	21C	110433	AGUAS CLARAS S.A.
266	11	21C	110443	AGUAS CLARAS S.A.
267	11	21C	110438	SALMONES BLUMAR S.A.
268	11	21C	110444	SALMONES BLUMAR S.A.
269	11	21C	110439	AGUAS CLARAS S.A.
270	11	21C	110435	AGUAS CLARAS S.A.
271	11	21C	110807	SALMONES AYSÉN S.A.
272	11	21C	110864	SALMONES MULTIEXPORT S.A.
273	11	21C	110877	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
274	11	21C	110831	SALMONES BLUMAR S.A.
275	11	21C	110884	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
276	11	21C	110653	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
277	11	21C	110690	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
278	11	21C	110719	CULTIVOS YADRAN S.A.
279	11	21C	110733	CULTIVOS YADRAN S.A.
280	11	21C	110741	CULTIVOS YADRAN S.A.

N	Region	ACS	SIEP	Titular
281	11	21C	110729	CULTIVOS YADRAN S.A.
282	11	21C	110676	CULTIVOS YADRAN S.A.
283	11	21C	110799	SALMONES AYSÉN S.A.
284	11	21C	110791	SALMONES AYSÉN S.A.
285	11	21C	110819	SALMONES GAMA LTDA.
286	11	21C	110830	SALMONES GAMA LTDA.
287	11	21C	110931	CULTIVOS YADRAN S.A.
288	11	21C	110940	INVERSIONES CHIPANA LTDA
289	11	21D	110938	SALMONES CAMANCHACA S.A.
290	11	21D	110898	CULTIVOS YADRAN S.A.
291	11	21D	110672	CULTIVOS YADRAN S.A.
292	11	21D	110652	CULTIVOS YADRAN S.A.
293	11	21D	110649	CULTIVOS YADRAN S.A.
294	11	21D	110635	CULTIVOS YADRAN S.A.
295	11	21D	110648	CULTIVOS YADRAN S.A.
296	11	21D	110640	CULTIVOS YADRAN S.A.
297	11	21D	110695	CULTIVOS YADRAN S.A.
298	11	21D	110638	CULTIVOS YADRAN S.A.
299	11	21D	110671	CULTIVOS YADRAN S.A.
300	11	21D	110761	CULTIVOS YADRAN S.A.
301	11	21D	110875	CULTIVOS YADRAN S.A.
302	11	21D	110779	MARINE HARVEST CHILE S.A.
303	11	21D	110720	CULTIVOS YADRAN S.A.
304	11	21D	110797	EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.
305	11	21D	110707	SALMONES CAMANCHACA S.A.
306	11	21D	110725	SALMONES CAMANCHACA S.A.
307	11	21D	110785	SALMONES BLUMAR S.A.
308	11	21D	110763	SALMONES BLUMAR S.A.