



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Programa de Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente

Análisis de supervivencia del efecto del virus ISA en las exportaciones del salmón Atlántico en Chile.

Marcela Paz Maibee Salazar
Concepción-Chile
2014

Tesis para optar al grado de Magister en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.

Profesor Guía: Manuel Estay M., M.Sc.
Profesor Co-guía: Hugo Salgado C., Ph.D.
Depto. De Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
Universidad de Concepción.

INDICE GENERAL.

LISTA DE TABLAS.	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
1. INTRODUCCIÓN.	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 SALMONICULTURA EN CHILE.....	8
2.2 MODELO ECONOMETRICO DE DURACIÓN.	11
3. OBJETIVOS.	13
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	13
4. METODOLOGÍA.....	14
4.1 MODELO DE DURACIÓN.....	14
4.2 ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO: Curva de supervivencia de Kaplan-Meier y función de riesgo (Hazard Function).....	17
4.2.1. CURVA DE SUPERVIVENCIA DE KAPLAN-MEIER.....	18
4.2.2. FUNCIÓN DE RIESGO (HAZARD FUNCTION).	18
4.3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN	20
4.3.1 ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA.....	20
5. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS.....	23
5.1 VARIABLES.	23
6. RESULTADOS.....	30
6.1 FUNCIÓN DE RIESGO Y FUNCIÓN DE SUPERVIVENCIA (KAPLAN-MEIER).	30
6.2 DISTRIBUCIÓN WEIBULL.	36
7. CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXO	45

LISTA DE TABLAS.

5.1 NÚMERO DE CENTROS INFECTADOS CON ISAv.....	26
5.2 DISTRIBUCIÓN DE CONCESIONES.....	28
6.1.1 CONFIGURACIÓN DE LOS ESTADOS PARA CASO 1 Y CASO 2.....	31
6.1.2 TIEMPO DE SEGUIMIENTO PARA EL TOTAL DE EMPRESAS.....	31
6.1.3 ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA PARA LAS EMPRESAS CON ISAv.....	33
6.1.4 ANÁLISIS DE SUPREVIVENCIA PARA LA INDUSTRIA SALMONERA.....	34
6.1.5 ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA PARA AMBOS GRUPOS DE EMPRESAS.....	36
6.2.1 MODELO WEIBULL DE RIESGO PROPORCIONAL PARA EL ESTADO EN ESTUDIO.....	38



LISTA DE FIGURAS.

4.1 EXPORTACIÓN DEL SALMÓN ATLÁNTICO, 200-2013.....	15
5.1 CALIGIDOSIS PROMEDIO POR SALMÓN ATLÁNTICO, 2002-2013.....	25
5.2: EXPORTACIÓN DEL SALMÓN ATLÁNTICO, 2002-2013.....	29
6.1.1 ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA PARA LAS EMPRESAS CON ISAV.....	32
6.1.2 ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA PARA EL TOTAL DE FIRMAS.....	34
6.1.3 ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA PARA CADA GRUPO DE FIRMA.....	35



1. INTRODUCCIÓN.

A partir de la década de los ochenta la industria salmonicultora chilena logró un importante crecimiento. Esto permitió a Chile posicionarse dentro de los principales productores y exportadores mundiales de salmón atlántico, llegando a ocupar el segundo lugar después de Noruega. Todo esto se vio enmarcado en cifras alentadoras a nivel regional y nacional, tal que su producción y envíos al exterior llegaron a representar el 5% del total de las exportaciones chilenas. Para ese entonces, dentro de las 2 primeras décadas, se habían creado más de 50 mil nuevos puestos de trabajos, lo que redundó en que las ciudades donde están insertas las principales industrias salmoneras, Puerto Montt y Coyhaique, exhibieran índices de reducción de pobreza y de mejoramiento en los indicadores de bienestar muy superiores a la media nacional¹.

Los años siguientes continuaron con un crecimiento positivo, por lo que en el año 2001 se proyectaba que para el 2010 los volúmenes exportados triplicarían las cantidades exportadas del año 2000, llegando a 900 mil toneladas. Sin embargo, estas proyecciones se vieron interrumpidas por la presencia sorpresiva de un fenómeno patógeno que afectó al salmón atlántico, modificando transversalmente la producción y exportación de la industria salmonera: La Anemia Infecciosa del Salmón o Virus ISA.

El 25 de Julio del año 2007 se oficializó lo que hasta entonces era un rumor: La detección de la presencia del ISAv (siglas en inglés para Anemia Infecciosa del Salmón) en un ejemplar del salmón atlántico en la isla Lemuy, Chiloé. Este patógeno comenzó a propagarse primero en la región de Los Lagos y luego en las regiones de Aysén y Magallanes, llevando a la salmonicultura a la peor crisis de su historia en Chile.

Hasta Julio del 2007 Chile no conocía, de manera presencial, lo que era vivir con el fenómeno ISAv, ya que la única experiencia que se tenía del virus era lo vivido por otros países. Cuando el virus se dio a conocer en nuestro país, la reacción de la autoridad en términos de medidas de bioseguridad establecidas fue tardía, pero acertada. Sin embargo, este desfase en el tiempo de reacción sumada a las malas prácticas de algunas empresas salmoneras, llevó a que el ISAv se diseminara con mayor rapidez entre los centros de cultivos localizados en la región de Los Lagos y Coyhaique durante los años 2008 y 2009. Las consecuencias tuvieron un impacto directo en los ámbitos socio-laboral, sanitario-ambientales y económicos.

La aparición y rápida difusión del ISAv, que es una enfermedad viral del salmón que no afecta a los seres humanos, ha diezariado a la industria salmonera afectando de manera directa al empleo local de las regiones en cuestión, dado que cerca del 60% de los centros de cultivos se reportaron como fuera de producción en el año 2009.

¹ Ver: "Creciendo en base a los recursos naturales, "tragedia de los comunes" y el futuro de la industria salmonera" de J. Katz, M. Lizuka y S. Muñoz.

Luego de la implementación de una serie de medidas que incluyeron la cosecha temprana y la eliminación de la producción en algunos centros, se comenzó un lento proceso de recuperación y de discusión de un nuevo marco regulatorio para el sector salmonicultor en Chile. Este proceso incorporó modificaciones al código sanitario, el desarrollo de un programa de vigilancia y control más estricto, y la implementación de medidas conjuntas y coordinadas entre concesiones localizadas en localidades cercanas, denominadas “barrios”. Todas estas medidas surgieron efecto lo que permitió que cuando se detectará nuevamente la presencia del ISAv en el año 2013, se pudiera poner en práctica un procedimiento sanitario que evitó que el virus se propagara de la misma forma en que lo hizo en el año 2009, evitando una nueva crisis en el sector.

En esta investigación se analiza el impacto que tuvo la crisis del ISAv en 2009 en las exportaciones de salmón atlántico en Chile. Específicamente, se estudian los determinantes que explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*” durante la crisis y cómo este riesgo se modifica durante el tiempo. Para lograr este objetivo, se estima un modelo econométrico de duración que analiza cuál es la probabilidad de que una empresa, con ciertas características, reduzca su nivel de exportación en el mes actual dado que no lo ha hecho hasta ese momento. En términos del modelo de duración, la “*reducción en las exportaciones*” es el estado a estudiar. Además, se evalúa si la aparición del ISAv generó efectos diferenciados en las exportaciones, entre empresas que contaban con centros de cultivos infectados en comparación con otras empresas exportadoras de salmón que no poseen centros de cultivo, o que poseyéndolos, no presentaron el ISAv.

El tiempo de seguimiento de las empresas para este estudio corresponde al período comprendido entre julio del año 2007 y julio del año 2013. Para determinar si la empresa redujo o no su nivel de exportaciones en algún momento del período 2007-2013 y debido a la alta variabilidad trimestral y la estacionalidad que presentan las exportaciones en la base de datos, se considera si la empresa reduce sus exportaciones en comparación con el promedio de exportación del período 2002-2007, antes de la ocurrencia del ISAv.

El uso de modelos de duración en econometría es bastante reciente y constituye un área de creciente interés. Uno de los procesos más ampliamente estudiados en este contexto es el de la duración de procesos de desempleo de los individuos, como por ejemplo; cuando los individuos quedan desempleados ¿Cuánto dura ese suceso? o ¿cómo cambia esto durante el ciclo económico?. Es importante responder ya que, en este caso, el bienestar de los desempleados está estrechamente relacionado con el tiempo que pasan sin trabajo.

La aplicación de esta metodología al sector acuícola en Chile se justifica por qué es necesario estudiar las consecuencias que generó el ISAv en la drástica caída del nivel de exportación del salmón atlántico. Esta caída a su vez generó un importante impacto en el desempleo en las regiones donde se desarrolla esta actividad, afectando no sólo a los trabajadores del rubro, también afectando a pescadores artesanales y comunidad en general. Según cifras de Katz, Gillet y Campos (2010), se

estima que durante la crisis del ISAv los despidos llegaron a alrededor de 17 mil personas y las pérdidas a los 600 millones de dólares, solo en la décima región.

Este informe está compuesto por siete secciones. En la sección uno se presenta la introducción, donde se exponen los motivos que justifican el estudio, así como sus delimitaciones temporales y espaciales. En la sección dos se presenta la revisión bibliográfica centrándose en el análisis de los efectos que ha tenido la existencia del ISAv sobre la economía en las regiones en cuestión, además se presentan los trabajos más recientes y con mayor relevancia en lo que respecta a modelos de duración, cuyas conclusiones se enfocan en lo planteado en el presente trabajo. En la sección tres se examina el objetivo general y los objetivos específicos. En una cuarta sección se revisa la metodología a utilizar, introduciendo las ecuaciones que utiliza el modelo, y que nos ayudarán a resolver la pregunta de investigación planteada en este trabajo, mientras que en la quinta sección se analizarán los datos que se utilizan para estimar el modelo en cuestión. Los resultados serán presentados en la sección seis, mientras que la séptima sección se presenta las conclusiones de esta investigación.



2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 SALMONICULTURA EN CHILE.

A mediados de los años sesenta, y como un acto de innovación ideado por la Fundación Chile y un número reducido de empresarios, se establece la industria salmonera en Chile. Además, y con el objetivo de investigar y propagar el desarrollo del sector de la salmonicultura, se establecen acuerdos con universidades extranjeras y centros de investigación. El primer acuerdo que Chile realiza fue en el año 1976 con la Universidad de Washington en Seattle, el objetivo fue seleccionar ríos del sur chileno y sembrar salmón Coho y salmón Chinook. El proyecto no concluyó como se esperaba y fue abandonado un año después. Sin embargo, sirvió para transferir conocimiento y tecnología de producción (CEPAL, 2011).

A comienzo de los años ochentas y después de diversas investigaciones relacionadas con el rubro de la salmonicultura durante la década de los setenta, se comenzó a desarrollar la producción de salmónidos de empresas nacionales. Uno de los principales asesores nacionales en el tema fué Fundación Chile. Esta organización propuso e incentivó la instalación de un gran número de empresas chilenas en la industria salmonera. El resultado de aquella propuesta fue todo un éxito, ya que se logró un crecimiento sostenido, llegando incluso a ocupar un lugar importante en los envíos al extranjero. De manera paralela en la inserción de las industrias nacionales, también se presenció la instalación de empresas Noruegas de gran envergadura en el territorio chileno (SalmonChile, 2010).

En la década de los años ochentas la producción bordeaba las 700 mil toneladas anuales y los envíos al exterior alcanzaban US\$2.500 millones por año, estas cifras equivalen, para ese entonces, a casi un 5% del total de las exportaciones chilenas. Todo esto repercutió directamente en la creación de más de 50 mil nuevos puestos de trabajos, reducción de pobreza y mejoramiento en los indicadores de bienestar en la zona sur de Chile, particularmente alrededor de Puerto Montt y la isla de Chiloé ².

Sin embargo, las increíbles cifras del sector salmonero se vieron fuertemente interrumpidas por la llegada de un fenómeno patógeno denominado Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv). El ISAv no afecta a los seres humanos pero si ha perturbado la industria Chilena. La disminución en la producción y exportación entre los años 2007-2010 se atribuyen completamente a la aparición del ISAv. Algunos especialistas apuntan que algo más complejo subyace bajo los hechos observados. Al respecto surgen tres temas que incidieron en la proliferación del efecto ISAv (CEPAL, 2011): (a) Nivel de patógenos que existen en las aguas donde se encuentran las jaulas con salmones en edad Smolt, como cáligus y el bloom (exceso de algas que proliferan el patógeno), (b) Nivel de tecnología, (c) Regulación sanitaria chilena.

Los tres puntos mencionados anteriormente están completamente relacionados. Respecto al nivel de patógenos, en 1984 llegó a Chile una misión Noruega interesada en explorar las condiciones de

² Ver: "la experiencia de un nuevo producto de exportación" de A. Achurra, 1995.

factibilidad para producir salmón. Los resultados de dicha investigación no fueron los esperados, ya que los técnicos extranjeros encontraron insuficiente la infraestructura doméstica de transporte y preocupante el cuadro local de diversos patógenos. Estos investigadores concluyeron que existía una densidad de peces “sembrados” no apta en los tanques de cultivos, además existía una sobrealimentación a los mismos, la técnica de alimentación no era la adecuada, las vacunas y la forma de administración no era suficiente, existía poca fiscalización en el transporte y en el movimiento de los peces entre las fases del proceso productivo, generando una rápida difusión de las enfermedades. Todo lo anterior incide en la respuesta inmunológica, en el crecimiento y en la capacidad del salmón para enfrentar a los agentes patógenos que circulan en el agua (CEPAL, 2011).

Respecto al segundo punto, la industria salmonera en Chile, a mediados de los setenta, contaba con una precaria tecnología (como jaula de madera de 10 × 10 metros y redes comunes de pesca de altura), y de manera gradual la comunidad local de profesionales y técnicos en acuicultura fue creciendo, dando paso a la inserción de una cultura salmonera previamente inexistente en el país. Existía un alto grado de hacinamiento estructural producto de la falta de caminos, puertos y centros poblados que provenían a la industria mano de obra. Estas faltas de tecnología aún persisten en la actualidad, pero no al mismo nivel de precariedad. Además, el cultivo de salmón se localiza en zonas donde se realiza la pesca artesanal y turismo, de tal manera que se genera mayor competencia y mayor conflicto entre las partes involucradas, (CEPAL, 2011).

Finalmente, la regulación sanitaria chilena en aproximadamente 30 años ha intentado armar su propio modelo de la industria salmonera. El crecimiento de la industria llevó a las autoridades a ignorar la importancia de las condiciones sanitarias del recurso, la necesidad de formas eficientes de monitoreo de impacto ambiental y los esfuerzos de investigación que debiesen ser cumplidos en todas las áreas, la falta de comprensión respecto a los límites de producción que puede soportar el recurso, la falta de reglas de bioseguridad, el oportunismo de algunos agentes productivos y demás³.

Todo lo anterior repercutió en que en Julio del año 2007 la industria salmonera se viera fuertemente afectada por la presencia del fenómeno ISAv, lo que tuvo un fuerte impacto en la producción, el empleo y las exportaciones del sector. Este hecho no se vio inmediatamente reflejado en los volúmenes de producción y exportación, debido a que la cosecha del salmón se realizó de manera anticipada. Esto también permitió dar tiempo a las autoridades y a las empresas dedicadas al rubro a implementar reglas para disminuir la diseminación del ISAv, sin embargo estas medidas no fueron suficientes para evitar la propagación del virus.

Tal como las alentadoras cifras repercutieron en los índices económicos de la Región de los Lagos y la Región de Aysén, el panorama recesivo de las exportaciones del salmón atlántico también repercutió en el desempleo de ambas zonas, tal que el empleo directo se redujo en cerca de 20 mil personas, colocando a innumerables comunas de la región de los Lagos en franca situación de vulnerabilidad y

³ Ver “La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: Aspectos sociales, económicos y ambientales”, M. Claude y J. Oporto

de riesgo social, ya que un gran porcentaje de la población dependía de la industria salmonera (Sernapesca, Unidad de Acuicultura, Mimeo, Junio 2009).

Además Katz, Lizuka y Muñoz sugieren que la creciente presencia de agentes patógenos en los distintos centros de cultivo y los problemas no resueltos de bioseguridad y sustentabilidad ambiental parecen indicar que, el modelo de organización industrial y el marco regulatorio y de impacto ambiental que Chile ha ido consolidando deberán a futuro sufrir una importante transformación si es que el país pretende recuperar y sostener su ventaja comparativa y su presencia en los mercados mundiales.

No obstante, y en base a lo señalado por Katz, Lizuka y Muñoz (2001), y después de la presencia del ISAv, distintos sectores del ámbito privado y público se reunieron para trabajar de manera conjunta en la recuperación de la producción y exportación del salmón. Para esto, y en base a la emergencia sanitaria, el Servicio Nacional de Pesca (en adelante, Sernapesca) estableció en agosto de 2007 un Plan de contingencia para el ISAv, basado principalmente en la experiencia internacional y en los lineamientos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). De acuerdo a esto, Sernapesca establece una serie de medidas orientadas a la contención de los centros positivos, tales como el sacrificio sanitario de las jaulas con animales infectados, delimitación de zonas de cuarentena y vigilancia, restricción de movimiento en la zona afectada, medidas de bioseguridad y condiciones especiales de cosechas (Sernapesca, Unidad de Acuicultura, PSEC-ISA, 2010).

Adicionalmente, en octubre del 2008, Sernapesca dicta el Programa Sanitario Especifico de Vigilancia y Control de la Anemia Infecciosa del Salmón (en adelante, PSEVC-ISA). Este programa incorpora las principales medidas establecidas en el programa de contingencia, las que contemplan con nuevas medidas orientadas principalmente a la detección precoz y eliminación/cosecha oportuna de los centros positivos (Sernapesca, Unidad de Acuicultura, PSEC-ISA, 2010).

Una consecuencia del avance del ISAv es la merma en la exportación del producto en cuestión, reflejándose en la disminución del volumen de los envíos. SalmonChile declaró que para los años 2009 y 2010, la industria salmonera se enfrentaba a una disminución significativa de la oferta que desembocó en la caída de un 23% en los volúmenes de salmónidos exportados por Chile. Durante el año 2011 se comenzó a registrar la recuperación de la industria, considerando el correcto funcionamiento del nuevo esquema productivo, y los altos precios registrados en gran parte del año (FitchRating, 2012).

El proceso de recuperación del nivel de exportaciones por parte de las empresas salmoneras luego de verse afectadas por el virus ISA fue heterogéneo entre empresas, las que utilizaron una serie de estrategias para reducir los impactos económicos del virus en la comercialización de sus productos. Las medidas sanitarias implementadas también tuvieron un efecto importante en los procesos de comercialización, ya que en muchos casos las empresas se veían obligadas a realizar la cosecha temprana de sus centros, disminuyendo los pesos medios y por lo tanto los precios que podían

obtener por sus productos, todo lo cual afectó de manera importante a las exportaciones, tanto en cantidad como en valor.

2.2 MODELO ECONOMETRICO DE DURACIÓN.

El análisis de duración de eventos y sus determinantes es bastante reciente en la literatura econométrica. Uno de los procesos más ampliamente estudiados en este contexto es el de duración de procesos de desempleo de los individuos, como por ejemplo; cuando los individuos quedan desempleados ¿cuánto dura ese suceso?, ¿cómo cambia esto durante el ciclo económico?, ¿cómo afecta la duración del desempleo cuando varía entre individuos? Es importante responder este tipo de preguntas por varias razones. En primer lugar, el bienestar de los desempleados está estrechamente relacionado más con el tiempo que pasan sin trabajo, que con el hecho de estar desempleados en sí mismo. En segundo lugar, en la teoría económica, la duración del período de desempleo juega un papel fundamental en la búsqueda de empleo, tal que la distribución de la duración del desempleo depende del salario de reserva de los individuos. Por lo tanto, la teoría requiere una evaluación cuidadosa y precisa sobre la duración del suceso (Nicholas M. Kiefer, 1988). Este mismo análisis puede ser aplicado a la duración de los impactos percibidos por las empresas exportadoras de salmón al momento de ser afectadas por el ISAv.

El trabajo expuesto por Ehrenberg y Oaxaca (1976) fue uno de los primeros trabajos que utiliza un modelo de duración para determinar la duración del desempleo, en este trabajo se realiza una primera aproximación a la explicación de la duración del suceso en cuestión. Los datos que se utilizan en el estudio provienen del National Longitudinal Survey (NLS), Estados Unidos. Este trabajo introduce, a la explicación de la duración del desempleo, los fundamentos de la teoría de búsqueda de empleo y enfatiza la importancia de controlar por la variable edad.

A fines de la década de los setentas se publica el primer artículo que explica cómo se debe modelar la duración del desempleo. Sin embargo, la característica principal de este documento es que manifiesta cómo superar los problemas más comunes que se despliegan del modelo de duración, como censura y heterogeneidad, dificultades presentadas en trabajos anteriores. Lancaster (1979) estudia los diferentes problemas que se presentan cuando se interpreta el efecto de las diferencias entre los individuos que buscan empleo y el tiempo que tardan en conseguirlo. El estudio se desarrolla basándose en las teorías de búsqueda de empleo. Los datos utilizados son el resultado de encuestas realizadas sobre una muestra de trabajadores británicos no calificados.

Meyer en el año 1990 también realiza un trabajo relacionado con la duración del desempleo, sin embargo, muestra de manera teórica y empírica de que, el seguro de desempleo tiene un efecto positivo sobre el suceso de estudio. Adicionalmente, introduce el uso de análisis semi-paramétricos para construir indicadores que permitan diagnosticar la existencia de variables omitidas.

También se han realizado estudios que suelen considerar las secuencias de empleo, desempleo e inactividad de un individuo, o las secuencias de empleo y jubilación, o de matrimonio y divorcio

(Kalbfleisch y Prentice, 1980; Lancaster, 1990, que presenta una descripción detallada de los modelos de duración). El modelo de duración también se ha aplicado para determinar el tiempo de duración de otros eventos, tales como el tiempo de estancia hospitalaria tras una intervención, tiempo transcurrido hasta encontrar el primer empleo, tiempo de una lista de espera, duración de los pacientes en un proceso de remisión de una enfermedad, tiempo transcurrido hasta que se vende una vivienda, tiempo de permanencia en un buen estado de salud, edad a la que se tiene el primer hijo, tiempo entre dos compras, entre otras aplicaciones.

A pesar que esta metodología ha sido aplicada a diversos problemas, hasta nuestro conocimiento el análisis que aquí se plantea es el primero en analizar los determinantes del tiempo de duración de una empresa en una fase negativa de exportación, debido a un evento externo, tal como la aparición del ISAv.

Dada la detección del ISAv en 2013, por segunda vez en nuestro país, se ha puesto énfasis en el análisis de este virus, ya que esto conlleva a la caída de variables económicas reales, como el empleo. Un claro ejemplo de lo anterior es que durante el mes de Julio del 2013, en la ciudad de Puerto Montt (Chile), se llevó a cabo el Primer Congreso Internacional del ISAv. Este congreso enfatizó en diversos puntos relacionados con el virus, y uno de los puntos fue determinar el tiempo en que una firma se encuentra en presencia del ISAv, lo que estaría correlacionado con el aumento en la tasa de desempleo, poniendo énfasis en los factores de riesgo de severidad, indicando que la aplicación de terapias inyectables en jaulas clasificadas como positivas al ISAv acortarían el tiempo en que la jaula presenta el brote. Además se puso énfasis en la capacidad de carga en cada cultivo de salmón, capacidad que propagaría el Cáligus y por ende una diseminación más rápida del ISAv.

3. OBJETIVOS.

El objetivo del presente trabajo es analizar la supervivencia de las empresas que exportan salmón atlántico y, determinar qué factores explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en las exportaciones*”. El tiempo de seguimiento de las firmas estará comprendido entre julio del año 2007 a julio del año 2013, cuya limitación geográfica corresponde a las dos regiones en que mas prevalece la industria salmonera, Región de Los Lagos y Región de Aysén, en condiciones similares para ambos grupos de empresas (con centro positivo y negativo al ISAv).

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Analizar la probabilidad de que una empresa que pertenece a la industria salmonera *no reduzca su nivel de exportación* (“sobrevivencia”) desde que se detecta el ISAv hasta un momento determinado del tiempo.
- b. Determinar cuándo la empresa puede presentar mayor riesgo en *reducir el nivel de exportación* (“función de riesgo”) dado que ha sobrevivido hasta ese momento.
- c. Evaluar si la aparición del ISAv generó efectos diferenciados en las exportaciones, entre empresas que contaban con centros de cultivos infectados en comparación con otras empresas exportadoras de salmón atlántico.



4. METODOLOGÍA.

La presente sección pone énfasis en el modelo adecuado para responder los objetivos planteados en la sección 3. La sección presenta una breve introducción al modelo planteado, determinando las áreas de estudios a las cuales se han aplicado con mayor relevancia. Luego de esto se explica en qué consiste el modelo en cuestión, de tal manera que introduce las ecuaciones que se utilizan en el modelo y que por ende nos ayudará a resolver la pregunta planteada en esta investigación.

4.1 MODELO DE DURACIÓN.

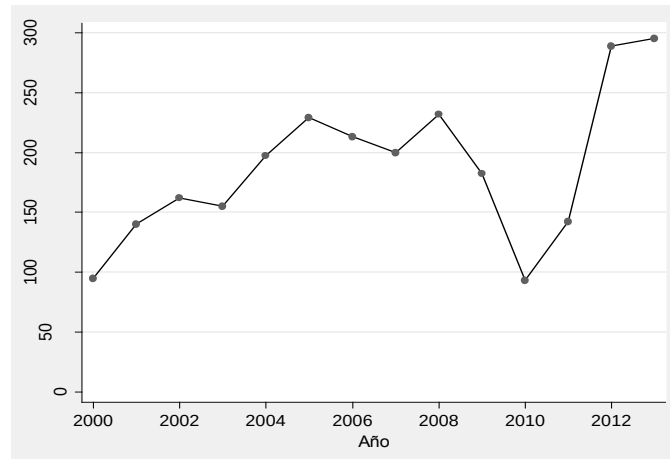
El modelo de duración se aplica principalmente para determinar el tiempo de duración de un *estado* en particular. Es por esta razón que los modelos de duración han sido ampliamente utilizados en las áreas de la ingeniería industrial y en las ciencias biomédicas, donde se ha observado la vida útil de maquinarias y el tiempo de supervivencia de receptores de trasplante de corazón, respectivamente. No obstante, estos métodos tienen una aplicación muy reciente dentro de la economía. Los datos de duración más estudiados en esta área están relacionados con las longitudes de los períodos de desempleo. Los paper de Tony Lancaster (1979) y Stephen Nickell (1979) proponen la aplicación del método de la *función hazard* de tal manera que estudian la duración del desempleo (Kiefer 1988).

El objetivo general de esta investigación está muy relacionado con el tiempo de supervivencia de un *suceso* en particular, por lo que haremos uso del *modelo de datos de duración*, también conocido como *datos de transición*. Los *datos de duración* son aquellos que suministran información sobre “la medida del tiempo que transcurre entre el inicio y el final de un suceso”. Para definir el problema de duración se requiere identificar el estado o suceso que pueden ocupar los agentes y el tiempo de permanencia en el estado en cuestión.

El estado o suceso del presente trabajo corresponde a “*reducción en la exportación*” de las empresas que exportan salmón atlántico. Esta reducción corresponde a los niveles de exportación más bajos que alcanzó la industria salmonera luego que se detectara el ISAv, siendo el año 2010 el más crítico en términos de cantidad de salmón atlántico enviado al exterior. Las cantidades del año 2010, por la industria salmonera chilena, corresponden a 93 mil toneladas, cantidad inferior a la media que se traía en años anteriores.

En la figura 4.1 se puede observar los niveles de exportación de salmón atlántico para el período 2000-2013.

FIGURA 4.1: Exportación del salmón atlántico, 2000-2013.



Fuente: Elaboración propia, en base a los datos de SalmonChile, 2013.

En la figura 4.1 se puede observar la cantidad exportada de salmón atlántico por parte de la industria salmonera para el período 2000-2013.

Para el período 2000-2008 la industria salmonera presentaba una tendencia creciente en término de producción y exportación de salmón atlántico, tal que la industria Chilena era vista como un caso emblemático de éxito. Chile, para ese entonces, se convirtió en un fuerte competidor mundial de salmón atlántico, ocupando el segundo lugar después de Noruega (AquaChile, 2011). Entre el año 2000 y 2008 la producción y exportación del salmón atlántico en Chile aumentó a una tasa promedio anual del 13%, mientras que la de salmón cultivado a nivel mundial lo hizo a un 5%, destacando así el extraordinario dinamismo de la industria chilena. Sin embargo, este crecimiento se vio interrumpido en años recientes por la aparición y rápida difusión del ISAv, llevando a que cerca del 60% de los centros de cultivo se reportaran como fuera de producción en 2009.

Las exportaciones de salmón atlántico comenzaron a declinar a partir del año 2008, tal que en el año 2010 la industria salmonera presentó niveles de producción y exportación similares a los de una década atrás. El panorama recesivo presentado en el año 2010 fue producto de que una de las medidas medio ambientales que las autoridades en cuestión llevaron a cabo fue la cosecha anticipada, cuyo objetivo principal era evitar la diseminación ISAv entre los centros de cultivo de salmón atlántico y así evitar pérdidas económicas (Sernapesca, Unidad de Acuicultura, Mimeo, Junio 2009).

De acuerdo a lo anterior se infiere que el ISAv repercutió de manera directa en los niveles de exportación de salmón atlántico de las empresas salmoniculoras, es por esto que lo que se pretende en esta investigación es analizar la supervivencia de las empresas que exportan salmón atlántico y, determinar qué factores explican el riesgo de presentar el estado *“reducción en el nivel de exportación”*.

La empresa presenta el estado o suceso en cuestión cuando la cantidad exportada en algún momento t , mes, del período 2007-2013 es menor al promedio mensual de las cantidades exportadas del período 2002-2007.

Ahora, para saber cuándo la empresa presenta mayor riesgo en *reducir el nivel de exportación* y, cuál es la probabilidad de que la firma sobreviva, no presente el estado, hasta al menos el momento t se utilizará el modelo de duración. El dato analizado es el tiempo transcurrido hasta que la firma presenta el evento terminal, y es posible que al final del período no todas las empresas experimenten el estado en cuestión.

Los términos *sobrevivencia* y *riesgo* están fuertemente relacionados con estudios quirúrgicos. El objetivo de los cirujanos de esta área era evaluar el tiempo que transcurre hasta un suceso; por ejemplo, un individuo entra al estudio cuando presenta una enfermedad (cáncer), y durante el período de seguimiento se pueden presentar dos estados, *defunción* o *sobrevivencia* del individuo. Sin embargo, es solo un estado el que se estudia, y para este caso es el tiempo que transcurre desde que se presenta la enfermedad hasta la *defunción del sujeto*. Entonces, la probabilidad de que un individuo sobreviva (no presente el estado “*defunción*”) desde la fecha de entrada al estudio hasta un momento determinado en el tiempo corresponde a la *probabilidad de supervivencia* o *función de supervivencia*. Mientras que, la probabilidad de que un individuo que está siendo observado en el tiempo t presente el estado “*defunción*” en ese momento es conocido como *función de riesgo* o *función hazard*. Además, existen dos grupos de individuos que presentan la enfermedad, un grupo que fue operado y otro grupo que no fue operado.

El presente trabajo está muy relacionado con lo expuesto en el párrafo anterior puesto que, tenemos dos grupos de empresas, 23 empresas clasificadas como positivas al ISAv y 16 empresas clasificadas como negativas al virus. La entrada al estudio es la fecha en que se detectó por primera vez el ISAv en la industria salmonera, julio 2007. Los estados que pueden presentar son “*reducción en el nivel de exportación*” o “*no reducción en el nivel de exportación*”, sin embargo el estado a estudiar es “*reducción en el nivel de exportación*”. Por lo tanto, la probabilidad de que una empresa sobreviva (no presente el estado) desde la fecha de entrada al estudio hasta un momento determinado en el tiempo corresponde a la *probabilidad de supervivencia*. Mientras que, la probabilidad de que una empresa que está siendo observada en el tiempo t presente el estado “*reducción en el nivel de exportación*” en ese momento, es conocida como *función de riesgo*.

Por lo tanto, para evaluar el riesgo de *reducir el nivel de exportación* en un momento del tiempo, haremos uso de la “*función de riesgo (función hazard)*” $h(t)$. Es decir, la *función hazard* nos ayudará a responder la siguiente pregunta: ¿cuál es la probabilidad de que una empresa que exporta salmón atlántico “*reduzca su nivel de exportación*” en el mes t , dado que no lo ha reducido hasta ese momento?

Sin embargo, para determinar la probabilidad de que una firma que pertenece a la industria salmonera sobreviva (*no reduzca su nivel de exportación*) desde que entra al estudio hasta un

momento determinado en el tiempo t , haremos uso de la “*probabilidad de supervivencia (función de supervivencia)*” $S(t)$. La supervivencia representa la probabilidad de que una empresa *no reduzca su nivel de exportación* al menos hasta el momento t .

La diferencia principal que radica entre ambas probabilidades es que, mientras la función de supervivencia se centra sobre todo en la no ocurrencia del evento (en nuestro caso, la firma “*no reduce su nivel de exportación*”), la función de riesgo se centra en la ocurrencia de éste (en nuestro caso la firma “*reduce su nivel de exportación*”).

Es importante señalar que en los datos de duración es habitual que se presente un problema de censura de los datos. En general, ésta se produce cuando no se dispone de información completa sobre el tiempo de ocurrencia del suceso. Las principales causas corresponden a la finalización del estudio, pérdida de información y abandono de algún individuo.

La censura puede ser por la izquierda, por la derecha o por intervalos; por la izquierda, cuando el evento ocurre antes de que el individuo fuera observado; por la derecha, cuando el tiempo en observación cesa antes de que el acontecimiento de interés ocurriera; por intervalos, cuando el evento ocurre durante un intervalo de tiempo, pero no se sabe cuando exactamente. Si la muestra no presenta censura de los datos, como la muestra utilizada en el presente trabajo, entonces se utiliza la información sobre la duración de un estado como una variable dependiente en un contexto de regresión, donde los determinantes de la duración se miden por un contexto de variable exógena.

Por una parte, considerando estos conceptos es posible realizar un análisis no paramétrico, el cual permite evaluar el “*riesgo de reducir el nivel de exportación*” y la supervivencia de las empresas en el tiempo. Por otra parte, para explorar en los factores que explican el mayor riesgo de presentar el estado “*reducción en la exportación*”, se realiza un análisis paramétrico denominado como modelo weibull de riesgo proporcional.

Para la cuantificación del riesgo acumulado se aplicó el método no paramétrico de la curva de supervivencia del método Kaplan-Meier y la función de riesgo (Función Hazard, Lancaster, 1992), los cuales se describen a continuación.

4.2 ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO: Curva de supervivencia de Kaplan-Meier y función de riesgo (Hazard Function).

Sea T una variable aleatoria no negativa continua. Esta variable representa el tiempo que transcurre desde el inicio de un evento (o suceso) hasta que éste finaliza. Es decir, en nuestro caso, es el tiempo que tarda una empresa en *reducir su nivel de exportación* desde que se declara por primera vez el ISAv.

El tiempo es una variable aleatoria continua, por lo tanto, y de acuerdo a la teoría de la probabilidad, no es relevante calcular la probabilidad de que un suceso finalice en un punto temporal concreto. Sin embargo, sí será interesante dar una cierta medida del riesgo de finalización tras un período

determinado. Es decir, nos interesará el estudio de la distribución de la probabilidad de la variable T . La función de distribución se especifica de la siguiente manera:

$$(1) \quad F(t) = \Pr(T < t) = \int_0^t f(s)ds$$

La función de distribución $F(t)$ señala la probabilidad de que T no tome un valor superior o igual a t , sin embargo, lo que nos interesa es la probabilidad de que la duración de T sea como mínimo mayor que t . Esto último corresponde a un valor complementario de la función de distribución, y es la información que proporciona la función de supervivencia $S(t)$.

La ecuación 2 refleja la función de supervivencia, tal que $S(t)$ mide la probabilidad de que una empresa sobreviva (*no reduzca su nivel de exportación*) al menos hasta el momento t . En otras palabras, evalúa la probabilidad de que la duración de “*no reducir el nivel de exportación*” sea superior a un momento del tiempo t . La función de supervivencia se expresa como:

$$(2) \quad S(t) = 1 - F(t) = \Pr(T > t)$$

4.2.1. CURVA DE SUPERVIVENCIA DE KAPLAN-MEIER.

Para la descripción de los datos de duración haremos uso de la metodología de Kaplan-Meier, cuyo objetivo es estimar la *probabilidad acumulada de supervivencia* de las empresas en un periodo de tiempo determinado. Este método determinará la probabilidad de que la firma que pertenece a la industria salmonera *no reduzca su nivel de exportación*, al menos hasta t .

La estimación no paramétrica de la función de supervivencia es:

$$(3) \quad \hat{S}(t_j) = \prod_{i=1}^{j-1} \left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right) = \hat{S}(t_{j-1}) \cdot \left(\frac{r_j - d_j}{r_j}\right)$$

Tal que $\hat{S}(t_j)$ es la función de supervivencia estimada. El término r_j corresponde al número de empresas en el tiempo j que aún *no reducían su nivel de exportación* en el mes anterior ($j - 1$), es decir, son el número de empresas (r) que en el mes j están expuestas al riesgo. El término d corresponde al número de empresas que presentan el evento en el mes j .

Por lo tanto, la supervivencia de la empresa para cada mes j se calculará como la supervivencia del mes $j - 1$ multiplicada por la tasa de supervivencia del mes j .

4.2.2. FUNCIÓN DE RIESGO (HAZARD FUNCTION).

La función de riesgo $h(t_j)$ evalúa el “riesgo instantáneo” de que el estado o suceso ocurra, dado que la firma ha sobrevivido hasta ese momento, y se expresa como:

$$(4) \quad h(t_j) = \lim_{\Delta t_j \rightarrow 0} \frac{\text{Prob}(t_j \leq T \leq t_j + \Delta t_j) | T \geq t_j}{\Delta t_j}$$

De acuerdo a la ley de probabilidades condicionales la función hazard queda expresada en términos de la *función de densidad* $f(t_j)$ y de la *función de supervivencia* $S(t_j)$.

$$(5) \quad \text{Prob}(t_j \leq T < t_j + \Delta t_j) | T \geq t_j = \frac{\text{Prob}(t_j \leq T < t_j + \Delta t_j)}{\text{Prob}(T > t_j)} = \frac{F(t_j + \Delta t_j) - F(t_j)}{1 - F(t_j)}$$

$$(6) \quad h(t_j) = \lim_{\Delta t_j \rightarrow 0} \frac{F(t_j + \Delta t_j) - F(t_j)}{\Delta t_j} \cdot \frac{1}{1 - F(t_j)} = \frac{F'(t_j)}{1 - F(t_j)} = \frac{f(t_j)}{S(t_j)}$$

Las ecuaciones (4), (5) y (6) especifican la probabilidad condicional instantánea de que una firma experimente el suceso (*reduzca su nivel de exportación*) en el intervalo $t_j + \Delta t_j$ dado que ha sobrevivido (o *no ha reducido el nivel de exportación*) hasta el momento t_j .

La ecuación (6) también se puede definir como:

$$(7) \quad h(t_j) = \frac{f(t_j)}{S(t_j)} = -\frac{\partial \log S(t_j)}{\partial(t_j)}$$

De la función de riesgo se obtiene la “dependencia temporal” tal que, si la derivada de la *función hazard* $h(t_j)$ con respecto al tiempo es mayor que cero, entonces obtenemos un coeficiente positivo, y se dice que el proceso muestra “dependencia de duración positiva”, lo que implica que la probabilidad de finalización de un proceso **aumenta con el tiempo**. Si la derivada de la función de riesgo con respecto al tiempo es un **coeficiente negativo**, entonces se dice que el proceso muestra “dependencia de duración negativa”, implicando que la probabilidad de finalización del proceso disminuye con el tiempo, y si dicha derivada toma el valor cero, entonces nos encontramos ante un proceso que “no tiene memoria” y que, por tanto, viene definida por la función exponencial.

Relacionada con la función de riesgo está la *función de riesgo acumulada*, que se define como:

$$(8) \quad H(t_j) = \Lambda(t_j) = \int_0^{t_j} h(u) du = -\log S(t_j)$$

La función de riesgo acumulada es la integral de la función de riesgo. Ésta, según Lancaster (1992), se puede ver como un residuo generalizado, por lo que resulta útil para verificar la especificación de los modelo de duración.

4.2.2.1 EL ESTIMADOR NELSON-AALEN (NA) DE LA FUNCIÓN DE RIESGO ACUMULADO.

Dado que la función de riesgo acumulada está definida como $H(t_j) = \Lambda(t_j)$, entonces un estimador natural de esta función se define como:

$$(9) \quad \hat{H}(t_j) = -\ln \hat{S}(t_j)$$

$\hat{S}(t_j)$ es el estimador Kaplan-Meier de la función $S(t_j)$. Similar al estimador de la ecuación (9) tenemos la función empírica de riesgo acumulado definido por Nelson (NA):

$$(10) \quad \tilde{H}(t_j) = \tilde{\Lambda}(t_j) = \sum_{j, t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j}$$

Donde t_j representa el tiempo en que ocurre el suceso, d_j es el número de fallos ocurridos al instante t_j , y r_j es el número de individuos que están en riesgo en t_j .

El cociente d_j/r_j proporciona una estimación de la probabilidad condicionada de que una unidad que sobrevive hasta justo antes del instante t_j , falle en el instante t_j . Esta es la cantidad básica a partir de la cual se construyen los estimadores de la función de supervivencia (Kaplan-Meier) y de la función de riesgo.

4.3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

Dentro de los métodos de estimación están los modelos no paramétricos y paramétricos de duración. La diferencia principal que radica entre ambos modelos es que, el no paramétrico no considera la existencia de factores externos (covariables) que pudieran afectar la distribución de duraciones, mientras que el modelo paramétrico si incorpora la información aportada por estas covariables, con el fin de contemplar su influencia sobre la función de riesgo (Lancaster, 1992). Es por esto que en el presente trabajo nos enfocaremos en el modelo paramétrico.

Ahora, y de acuerdo a lo planteado en el párrafo anterior, la *función de riesgo* presentada al principio de esta sección es modificada y estará condicionada por las covariables en X , y se define de la siguiente manera:

$$(11) \quad h(t_j|X) = \lim_{\Delta t_j \rightarrow 0} \frac{Prob(t_j \leq T < t_j + \Delta t_j | T \geq t_j, X)}{\Delta t_j}$$

Donde X es un vector de variables que resume todos los factores externos que pudieran afectar el riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*”. El término $h(t_j|X)dt$ nos informa qué parte de la fracción del total de firmas, en t , presentan el riesgo de experimentar el estado objeto de estudio en un corto intervalo de tiempo $(t_j, t_j + \Delta t_j)$.

La *función de riesgo* que está relacionada con la *función de densidad* y la *función de supervivencia* en t quedará expresada de la siguiente manera:

$$(12) \quad h(t_j|X) = \frac{f(t_j|X)}{S(t_j|X)}$$

4.3.1 ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA.

En el presente trabajo se aplicó el modelo Weibull de Riesgo Proporcional, de tal manera que estima las variables y parámetros que explican el riesgo de presentar el estado *reducción en el nivel de exportación* por parte de las empresas que exportan salmón atlántico.

4.3.1.1 DISTRIBUCIÓN WEIBULL.

La distribución Weibull es adecuada para modelar datos de duración con tasas de riesgo monótonas que aumentan o disminuyen exponencialmente en el tiempo.

La *función de riesgo* se expresa de la siguiente forma:

$$(13) \quad h(t_j) = \gamma \rho (\gamma t_j)^{\rho-1}$$

Donde γ es un parámetro de escala que nos sitúa la función más cerca o más lejos del origen, mientras que $\rho - 1$ indica la forma de la tasa de riesgo, en otras palabras, indica la dependencia temporal. Ambos parámetros son estrictamente positivos. Si $\rho > 1$, se obtiene una tasa de riesgo creciente, esto se traduce a que la probabilidad de presentar el estado se incrementa con la exposición al riesgo, lo contrario ocurre cuando $\rho < 1$. Sin embargo, no existirá dependencia temporal y el riesgo de presentar el estado es constante para todas las duraciones cuando $\rho = 1$, esto indicaría un modelo con distribución exponencial.

El modelo Weibull puede ser ajustado a través de un modelo de riesgo proporcional o por un modelo de tiempo de fallo acelerado. Para el presente trabajo haremos uso del modelo de riesgo proporcional, ya que estamos interesados en observar el efecto de cada una de las variables explicativas sobre la tasa de riesgo (Van der Berg, 2001).

El modelo de riesgo proporcional implica que las características de las firmas tienen un efecto multiplicativo en el riesgo de presentar el estado o suceso en cuestión.

Ahora, el modelo Weibull de riesgo proporcional donde el riesgo de presentar el estado en el tiempo t_j para las firmas con variables explicativas resumidas en $X(t_j)$ que cambian con el tiempo, puede escribirse de la siguiente forma:

$$(14) \quad h(t_j|X(t_j)) = h(t_j) \exp(X(t_j)\beta)$$

Siendo $h(t_j|X(t_j))$ la función de riesgo dependiente del tiempo t_j , teniendo en cuenta la información suministrada por el conjunto de variables resumidas en $X(t_j)$. El término $h(t_j)$ corresponde a la función de riesgo, o de referencia, bajo la distribución Weibull que depende de t_j pero no de $X(t_j)$. Este término incorpora el patrón de dependencia del tiempo ρ que supone que es común a todas las unidades (ver ecuación 13). El segundo término $\exp(X(t_j)\beta)$ es el riesgo relativo, o incremento o reducción proporcional del riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*” asociado a las características resumidas en $X(t_j)$ que cambian con el tiempo.

Por tanto, el riesgo de que las empresas presenten el estado “*reducción en el nivel de exportación*” dependerá del producto de dos funciones, una que depende solo del tiempo t_j , y que refleja el

comportamiento “natural” que tendrían las empresas sin la existencia de factores externos, y otra que solo depende de $X(t_j)$, centrándose en la estimación de los parámetros β .

Entonces, y de acuerdo a lo anterior, determinamos que la especificación del modelo bajo el supuesto de una “distribución Weibull” es⁴:

$$(15) \quad \hat{h}(t_j|X) = \gamma \rho t_j^{\rho-1} \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot CENTROS + \beta_2 \cdot ISAv + \beta_3 \cdot CÁLIGUS + \beta_4 \cdot CANTIDAD + \beta_5 \cdot CÁLIGUS/ISAv + \beta_6 \cdot DEUDA + \beta_7 \cdot CONCESIONES)$$

Tal que el riesgo de presentar el estado “reducción en el nivel de exportación” es modelado como el producto de una función de riesgo base que representa el proceso “natural” de que las empresas presenten el estado en estudio, y por una función exponencial que contiene las covariables que cambian con el tiempo y que afectan el riesgo de presentar el estado, siendo estas: *centros*, *ISAv*, *cáligus*, *cantidad*, *cáligus/ISAv*, *deuda* y *concesiones*. Para las variables *centros*, *ISAv*, *cáligus*, *cáligus/ISAv* y *deuda* se espera que el parámetro β sea mayor que cero, puesto que, si en algún momento t_j , mes, del período 2007-2013 la empresa declara tener *deuda*, y/o un *centro* más con *ISAv*, exceso de *cáligus* o *ambos patógenos*, entonces se espera que la producción de salmón atlántico disminuya y, por ende, el riesgo de presentar el estado “reducción en el nivel de exportación” será mayor, $\beta > 0$, en comparación con las demás empresas. No obstante, para las variables *cantidad* y *concesiones* se espera que el riesgo de presentar el estado sea menor $\beta < 0$. Es decir, si la empresa exporta mayor *cantidad* de salmónidos y/o presenta mayor número de *concesiones*, sobre 15 concesiones, entonces el riesgo de experimentar el estado será menor.

Las variables que explican el riesgo de presentar el estado “reducción en el nivel de exportación” se explican con mayor detalle en la sección cinco.

⁴ Una amplia exposición del modelo Weibull se encuentra en Cox y Oakes, 1984.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS.

Dado a que el objetivo del presente trabajo es analizar la supervivencia de las empresas que exportan salmón atlántico y, determinar qué factores explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en las exportaciones*”, es que a continuación se dan a conocer las variables explicativas que pudieron influir a que el riesgo de presentar el estado en un momento determinado del tiempo sea mayor o menor.

La selección de las variables a incluir en esta investigación se basó en la literatura existente sobre el problema bajo análisis, lo que se vio restringido por la disponibilidad de información a nivel de cada empresa. En base a esto se seleccionaron siete variables. Las variables que creemos que pudieron influir para que la empresa presente el estado “*reducción en el nivel de exportación*” corresponden a la existencia de *deuda*, *cantidad de salmón exportado* por cada firma, presencia de otros patógenos como *cáligus*, número de *concesiones* de cada empresa y *número de centros infectados* por firma. Además, y de acuerdo al objetivo planteado, se pretende determinar si la presencia del ISAv generó efectos diferenciados en las exportaciones entre empresas que contaban con ISAv en comparación con otras empresas exportadoras de salmón atlántico. También se incorpora la variable *cáligus/ISAv*, es decir, las empresas que presentaron ambos patógenos.

5.1 VARIABLES.

Los datos utilizados en esta investigación fueron en su mayoría proporcionados por Aduana Chile, la que corresponde a un organismo público que se desempeña en materia de comercio exterior, como la facilitación y agilización de las operaciones de importación y exportación. Asimismo, resguarda los intereses del estado, fiscalizando dichas operaciones y generando estadística del intercambio comercial de Chile⁵. La información otorgada por el organismo en cuestión corresponde a la *cantidad exportada* por cada una las firmas, 23 firmas con ISAv y 16 firmas sin ISAv, en estudios durante el período 2002-2013, país de destino y región en la que se localiza cada empresa, que en este caso se trabajará con centros de cultivos localizados en la región de Los Lagos y región Aysén, entre otras variables. Aduana facilitó esta información en función de la cantidad exportada por cada empresa salmonera de manera **diaria**, no obstante y para un mejor análisis, la variable se modificó y se obtuvo la sumatoria **mensual** de las cantidades exportadas por empresa.

Otros datos importantes como la presencia del ISAv en cada centro de cultivo localizado en la décima y décima primera región fueron otorgados por Sernapesca, al igual que la cantidad de *cáligus* (Ectoparásito de mar). Este último se facilitó como promedio quincenal por salmón para cada centro.

La variable *concesiones* que corresponde a la cantidad de concesiones que posee cada empresa se obtuvo por un estudio publicado en el año 2009 por Sernapesca⁶.

⁵ Ver página web: www.aduana.cl

⁶ Sernapesca, 2009.

La variable *deuda* que es el compromiso monetario adquirido por algunas empresas salmoneras durante la crisis Asiática en el año 1999 y por la crisis financiera del año 2007, se obtuvo de un estudio titulado como “La Industria Salmonera en Crisis” de Bravo y Romero (2009) y “Crisis en la salmonicultura, sin solución a la vista” de Flavia Liberona (2010) respectivamente.

El primer brote del ISAv en el salmón atlántico fue en un centro de cultivo ubicado en la isla Lemuy en Chiloé central, en el cual se detectó un aumento de la mortalidad, sinología clínica consistente con la enfermedad y finalmente la diseminación de este patógeno a otros centros de cultivo. Esto significa que ante la presencia de la anemia infecciosa aumenta la mortalidad del salmón atlántico y por ende disminuye la cantidad exportada.

Para la variable ISAv se construyó una variable dicotómica que mide la presencia (1) o ausencia (0) del virus en algún centro de cultivo de la empresa. La empresa tendrá el valor 1 sólo en el momento t , mes, del período 2007-2013 en que el centro de cultivo fue clasificado como positivo al ISAv, y 0 en caso contrario. El efecto esperado de esta variable, es que la presencia del patógeno en la empresa aumente el riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*” en comparación con aquellas firmas que en el momento t del período 2007-2013 fueron clasificadas como negativas al virus.

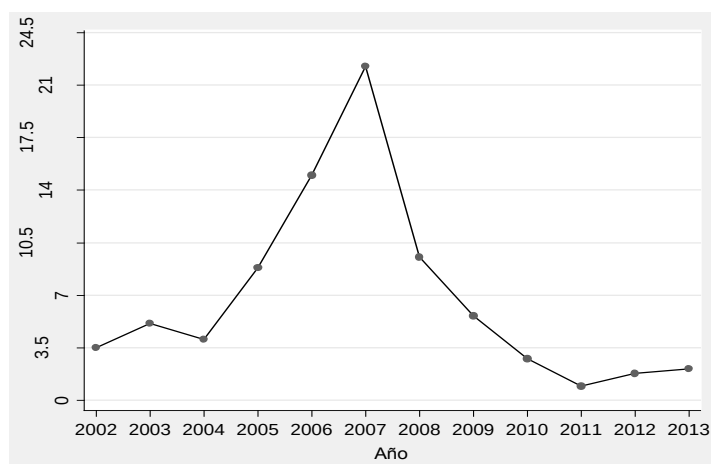
La variable *deuda* corresponde principalmente a la deuda contraída por algunas empresas salmoneras durante la crisis financiera asiática en el año 1999 y durante la crisis financiera del año 2007. La crisis financiera asiática, en parte, empeoró la situación de las empresas salmoneras para enfrentar la crisis del año 2007. Tal que, ambas crisis, en especial la del 2007, hicieron que algunas empresas presentaran mayor dificultad para enfrentar la crisis sanitaria del ISAv surgida en el año 2007. Para ese entonces, las empresas con deuda y con ISAv se vieron en la obligación de cerrar gran parte del total de sus centros de cultivos, cuya consecuencia principal fue la reducción de producción y exportación de salmón atlántico. De acuerdo a esto, se presume y se infiere que si la firma presenta deuda en el momento t , mes, en que la empresa declara al menos un centro de cultivo con ISAv, entonces el riesgo de presentar el estado en cuestión es mayor en comparación con otras empresas salmoneras. Esta variable, al igual que la variable ISAv, corresponde a una variable dicotómica, es decir, si la empresa en el momento t , mes, del período 2007-2013 presenta ISAv y además deuda, contraída en el 1999 y en el 2007, tendrá el valor 1, y 0 en caso contrario.

El *caligus* o piojo de mar es otro factor relevante, dado que durante el mismo período del ISAv se produjo la presencia excesiva de este parásito provocando que el ISAv se transmitiera con mayor rapidez entre los salmónidos, puesto que el *caligus* provoca una herida en el salmón y al momento de tener contacto con otro de la misma especie, el ISAv se transmite con mayor facilidad⁷.

⁷ Ver: “*Caligus rogercresseyi* as a potential vector for transmission of Infectious Salmon Anemia (ISA) virus in Chile” de K. Oelckers, S. Vike, H. Duesund, J. Gonzalez, S. Wadsworth y A. Nylund.

En la figura 5.1 se puede observar la cantidad de cáligus promedio encontrado en cada salmón atlántico para el período 2002-2013.

FIGURA 5.1: Caligidosis promedio por salmón atlántico, 2002-2013.



Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Gobierno de Chile.

La Caligidosis es una enfermedad producida por *Caligus rogercresseyi*, comúnmente llamado piojo de mar, que corresponde a un ectoparásito copépodo que habita las aguas marinas y salobres de Chile, y que parasita salmónidos de cultivo generando pérdidas económicas por la mortalidad de los peces.

En la figura 5.1 se puede observar que hasta el año 2005 la presencia del patógeno fue de un promedio mensual de 5,37 cáligus por salmón, no obstante, en los años siguientes, 2006, 2007 y 2008, el cáligus se diseminó de manera creciente, tal que en el año 2007 la presencia de este patógeno fue de un promedio de 22,2 cáligus por salmón atlántico, generando el aumento de la predisposición a las infecciones secundarias y grandes costos de tratamiento⁸. Consecuencias que hasta el año 2005 la industria salmonera no había presentado. Por lo tanto, y dado que hasta ese período, la presencia del cáligus en el salmón no generó dificultades sanitarias, es que se considera como exceso de cáligus si la empresa en el momento t presenta un promedio superior a 5,37 cáligus por especie.

En 2007 Sernapesca incorpora a la Caligidosis como una Enfermedad de Alto Riesgo, por considerarse una enfermedad de importancia presente en el país y que puede ser objeto de programas sanitarios de vigilancia y control. En mayo del 2012, Sernapesca establece e implementa la estrategia de vigilancia y control del cáligus, que se regula a través del Programa Sanitario Específico de Caligidosis.

Para la variable *cáligus* se construyó una variable dicotómica que mide la presencia excesiva del cáligus (1) por salmón en cada empresa. Es decir, si en el mes t del período 2007-2013 la empresa presenta un promedio mensual superior a 5,37 cáligus por salmón atlántico, entonces la empresa tendrá el valor 1, y 0 en caso que el promedio declarado por la empresa sea menor o igual a 5,37.

⁸ Ver: Carvajal et al., 1998; Johnson et al., 2004; Costello, 2006.

Si la empresa presenta un exceso de cáligus, sobre 5,37 cáligus por especie, entonces se espera que el riesgo de presentar el estado sea mayor en comparación con las demás empresas en estudio.

Dado que el cáligus ejerce un efecto tal sobre las enfermedades secundarias, como mayor diseminación del ISAv, entonces podemos inferir que existe un efecto de interacción entre cáligus e ISAv, de tal manera que la relación entre ambos patógenos interferiría a que el riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*” sea mayor en comparación con aquellas empresas que nunca presentaron exceso de cáligus e ISAv en el mismo momento t del período en estudio.

La interacción de esta variable se mide a través de una variable dicotómica, tal que si la empresa presenta exceso de cáligus, sobre 5,37 cáligus por salmón, y además es clasificada como positiva al ISAv en el momento t del período 2007-2013 entonces tendrá el valor 1, y 0 en caso contrario.

La variable *centros* corresponde a la cantidad de centros de cultivos clasificados como positivos al ISAv en el momento t del período 2007-2013 por cada empresa. En la tabla 5.1 se puede observar la cantidad de centros de cultivos infectados con ISAv por parte de cada una de las firmas en estudio.

TABLA 5.1: Número de centros infectados con ISAv.

EMPRESA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
AGUAS CLARAS	4	10	9	1	0	0	0
AQUACHILE	1	18	29	9	1	0	0
AUSTRALIS MAR	0	2	2	3	3	0	0
CALETA BAY	0	1	1	2	2	0	0
CAMANCHACA	5	10	18	9	4	0	1
CONGELADOS PACÍFICOS	1	6	6	1	1	0	0
CULTIVOS MARINOS CHILOÉ	4	19	16	1	0	0	0
CULTIVOS YADRÁN	0	2	3	1	2	0	0
GMT	1	3	2	0	2	0	0
INVERTEC	4	13	12	2	0	0	0
LOS FIORDOS	0	8	16	8	6	0	1
MAINSTREAM	6	28	27	5	3	0	0
MARINE HARVEST	26	57	55	10	0	0	0
P. SALMÓN FARMING	0	5	4	1	0	0	0
SALMONES ANTARTICA	1	11	9	0	0	0	0
SALMONES CUPQUELAN	0	0	1	6	9	1	0
SALMONES EL GOLFO	1	6	3	1	0	0	0
SALMONES FRIOSUR	0	6	8	4	1	0	0
SALMONES HUMBOLDT	0	2	1	1	2	0	0
SALMONES ITATA	0	0	1	2	1	0	0
SALMONES MULTIEXPORT	1	24	20	0	2	0	1
SALMONES PACIFIC STAR	0	12	9	0	0	0	0
TRUSAL	0	11	12	0	0	0	0
VENTISQUEROS	0	3	3	2	0	0	0
TOTAL	55	257	267	69	39	1	3

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Gobierno de Chile.

De acuerdo a la tabla 5.1 podemos observar que el grado de infección del ISAv en los centros de cultivos de cada firma aumentó de manera gradual desde el año 2007 al 2009, llegando a un máximo de 267 centros infectados en el año 2009. Sin embargo, desde el año 2010 a julio del 2013 el número de centros clasificados como positivos al ISAv disminuyó de 69 a 3 centros. Esta disminución se debe principalmente a la implementación de medidas de bioseguridad y que, en función de ello, los centros han sufrido con menor intensidad el impacto de la crisis medioambiental.

El número de centro infectados, desde 2007 a 2010, llevó a que muchas de estas empresas cerraran gran parte del total de sus centros de cultivo, lo que se traduce a una disminución en la producción y exportación del salmón atlántico. De acuerdo a esto se espera que el riesgo de presentar el estado en estudio sea mayor a medida que la empresa, en cada momento t del período 2007-2013, declare un centro más con ISAv en comparación con las empresas que no presentaron o dejaron de presentar el patógeno.

Las empresas presentadas en la tabla 5.1, a excepción de Camanchaca, son las 23 firmas que pertenecen al grupo de firmas clasificadas como positivas al ISAv. La empresa Camanchaca no es considerada en este estudio puesto que existe información incompleta de otras variables.

La variable *concesión* corresponde a una variable dicotómica, tal que las empresas que poseen mayor número de concesiones, sobre 15 concesiones por empresa en el período 2007-2013, tendrán el valor uno, y cero en caso contrario. Esta variable se incluye ya que, hoy en día la salmonicultura es una actividad altamente concentrada y, de acuerdo a la información entregada por Sernapesca, las cinco compañías más grandes del sector concentran el 53% de las concesiones y el 73% de toda la superficie de cultivo⁹. Las empresas que más concesiones acumulan hasta fines del año 2008 se dan a conocer en la tabla 5.2.

⁹ Cuando hablamos de número de concesiones nos referimos al número de concesiones de explotación acuícola que controla cada empresa en el sector de la salmonicultura, y en este caso las 9 empresas más grandes en términos de producción y exportación, concentran el 71,4% de este activo empresarial, mientras que las empresas restantes concentran el 28,6%. Por lo tanto, las 9 empresas con mayor número de concesiones, sobre 15 concesiones por empresa, o mayor control en la explotación acuícola, tomaran el valor uno, mientras que las 30 restantes tomará el valor cero (Aquachile, 2011).

TABLA 5.2: Distribución de Concesiones.

Empresa	Concesiones
MARINE HARVEST	92
MAINSTREAM CHILE	46
AQUACHILE	56
INVERTEC MAR DE CHILOÉ	25
VENTISQUEROS	20
MULTIEXPORT	23
CULTIVOS MARINOS CHILOÉ	15
TRUSAL S.A.	26
SALMONES PACIFIC STAR	21
CONGELADOS PACÍFICOS	8
CULTIVOS YADRÁN	12
SALMONES ANTÁRTICA	10
SALMONES HUMBOLDT	11
GRANJA M. TORNAGALEONES	3
CALETA BAY	7
OTRAS FIRMAS	76

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Gobierno de Chile.

Las concesiones de explotación acuícola que controla cada firma constituyen un activo empresarial muy importante que resguarda a cada empresa. Actualmente, el manejo de las concesiones ha tenido un fuerte impacto en las empresas con la creación de los “barrios”. Los “barrios” corresponden a Áreas de Manejo Sanitario, y su objetivo apunta fundamentalmente a un adecuado y correcto manejo sanitario conjunto entre los diversos actores. Los “barrios” establecen un orden territorial que permite coordinar manejos sanitarios en todo sistema de producción animal.

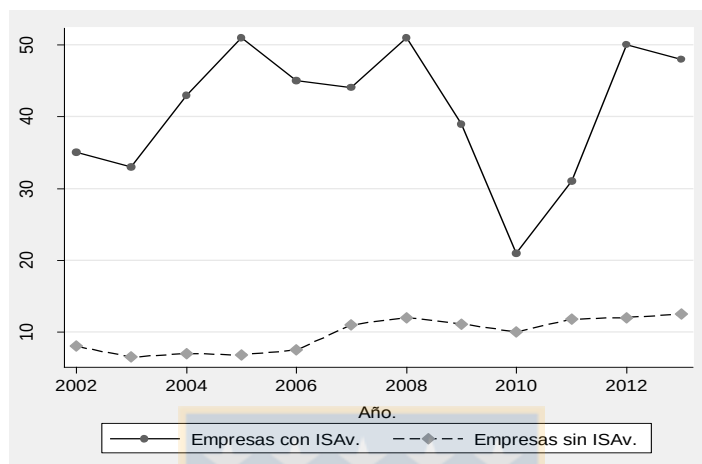
De acuerdo a Sernapesca, las firmas con más concesiones, sobre 15 concesiones, no se ven afectadas de manera importante en comparación con las firmas con pocas concesiones, puesto que poseer un mayor número de concesiones permite a la firma propagar escalonadamente su calendario de actividades y descanso sanitario usando para ello los distintos permisos de explotación que controla. Una firma con pocas concesiones implica una restricción en la producción y exportación de salmón, ya que en la mayoría de los casos en que la empresa con pocos centros de cultivos y que además un centro del barrio al cual pertenece esta empresa es positivo a algún patógeno, entonces el barrio completo se va a descanso, tal que la empresa queda con un mínimo e incluso sin centros de cultivos a explotar. Esto conlleva a que las empresas pequeñas o con pocas concesiones queden sumamente bloqueadas frente a cualquier emergencia sanitaria. Por lo tanto, y de acuerdo a lo planteado, se espera que las empresas con mayor número de concesiones, sobre 15 concesiones, presenten mayor riesgo de experimentar el estado *reducción en el nivel de exportación* en comparación con aquellas empresas que en el período 2007-2013 presentaron menor número de concesiones.

La última variable a definir corresponde a *cantidad*. Esta variable se expresa como la suma mensual de kilogramo de salmón atlántico enviado al extranjero por cada una de las empresas en estudio,

tanto de las firmas afectadas y no afectadas con el ISAv, y se espera que el riesgo de presentar el estado en cuestión sea menor a medida que la empresa exporta más de este producto.

En la figura 5.2 se puede observar los niveles de exportación de salmón atlántico para el período 2002-2013.

FIGURA 5.2: Exportación del salmón atlántico, 2002-2013.



Fuente: Elaboración propia, en base a los datos de Aduana, Gobierno de Chile, 2013.

La figura 5.2 muestra solo las exportaciones de salmón atlántico de las 39 empresas en estudio. La línea continua corresponde a la cantidad exportada por el grupo de las 23 empresas infectadas con el ISAv, mientras que la línea punteada corresponde al grupo de empresas que nunca presenció el ISAv.

Entre el grupo de firmas con y sin ISAv existen grandes diferencias entre las cantidades exportadas, y esto se debe principalmente a que las empresas con ISAv son las empresas con mayor participación en el mercado de la salmonicultura. Además, de las 23 empresas que conforman el grupo de firmas con ISAv, 9 son las que poseen mayor número de concesiones, razones que explicarían los altos niveles de producción y exportación.

6. RESULTADOS.

Esta sección muestra los resultados y conclusiones de la función de supervivencia acumulada (Kaplan-Meier) y de la función de riesgo acumulado para el período 2007-2013. Además, se evalúan los factores que explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en el nivel de exportación*”. Para esto último se realizaron estimaciones paramétricas ajustadas a través de un modelo de riesgo proporcional.

6.1 FUNCIÓN DE RIESGO Y FUNCIÓN DE SUPERVIVENCIA (KAPLAN-MEIER).

A continuación se presentan los resultados para dos casos en particular. El primero de ellos considera como momento inicial para el análisis, el mes en que el primer centro de cultivo de cada empresa es clasificado como positivo al ISAv. Para este caso, el estado concierne a “*reducción en el nivel de exportación*”, dado que la empresa presenta el ISAv¹⁰. Así, el momento de inicio del análisis será variable entre las empresas, y sólo se pueden analizar las empresas que presentaron el ISAv. El segundo caso presentado considera como momento base el mes en que se detecta el ISAv en la industria y este caso puede analizarse para todas las empresas.

La diferencia entre ambos casos presentados es el momento en que se comienza a contar el tiempo desde cuándo se puede presentar el estado en cuestión. Esta diferencia se debe, ya que, para el primer caso se considera la fecha en que la *empresa* detecta el ISAv por primera vez en un centro de cultivo, y desde ese momento hasta julio 2013, fin del período de seguimiento, se compara con el promedio de las cantidades exportadas del período 2002-2007. Es decir, si una empresa detecta el ISAv por primera vez en enero del año 2008, entonces a partir de ese período se compara la cantidad exportada con el promedio de la cantidad exportada de enero del período 2002-2007, y así sucesivamente para cada empresa en particular. Si en algún momento (mes t) del período 2008-2013 la cantidad exportada es inferior al promedio exportado en el período 2002-2007, entonces se dice que la empresa presenta el estado “*reducción en el nivel de exportación*”. Para el segundo caso se considera la fecha en que la *industria* detecta por primera vez el ISAv, julio 2007-julio 2013 para todas las empresas y a contar de ese momento se va comparando para cada una de ellas su cantidad exportada período a período con el promedio exportado en el período 2002-2007.

¹⁰ Cuando hablamos de *reducción en el nivel de exportación* nos referimos a las empresas que presentan niveles de exportación inferior a los niveles exportados en el período 2002-2007.

La configuración de la base de datos es la siguiente:

TABLA 6.1.1: Configuración de los estados para *caso 1* y *caso 2*.

Empresa	Año	Tiempo	Detección	Estado caso 1	Estado caso 2
Los Fiordos	2007	Julio	0	0	0
Los Fiordos	2007	Octubre	0	0	0
Los Fiordos	2008	Enero	1	0	0
Los Fiordos	2008	Junio	1	1	0
Los Fiordos	2009	Septiembre	1	1	1
Los Fiordos	2009	Octubre	1	1	1

Fuente: Elaboración propia usando datos provenientes del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) y Aduana, Gobierno de Chile, 2013.

Según la tabla 6.1.1, la variable tiempo define, en meses, el tiempo de seguimiento de la empresa; la variable estado, para ambos casos, define la situación de la empresa en su última observación, 1 si ésta *reduce su nivel de exportación* y 0 en caso contrario. La diferencia del **estado caso 1** y **estado caso 2** es que para el primer caso la empresa Los Fiordos detecta el ISAv por primera vez en enero del 2008 (columna 4, 1 si presenta el ISAv y 0 en otro caso), por lo tanto, se consideran las cantidades exportadas del período enero 2008 a julio 2013 y se compara con el promedio de la cantidad exportada del período 2002-2007, mes a mes. Mientras que el **estado caso 2** considera las cantidades exportadas desde julio 2007, fecha en que la *industria* salmonera detecta el ISAv, a julio 2013 y se compara con el promedio de la cantidad exportada del período 2002-2007. Esto se hace para cada una de las 39 empresas en estudio a lo largo del período de seguimiento.

A continuación se presenta la función de supervivencia acumulada (Kaplan-Meier) y la función de riesgo acumulado de las 23 firmas que exportan salmón atlántico y que fueron clasificadas como positivas al ISAv. En el eje de las ordenadas de la representación gráfica de la curva de supervivencia (Kaplan-Meier) se muestra la probabilidad acumulada de supervivencia. Mientras que en el eje de las abscisas se muestra el tiempo (mes). La duración del tiempo de estudio o de seguimiento es de 73 meses, es decir, el seguimiento que se hace a las empresas es de 73 meses, julio del año 2007 a julio del año 2013.

TABLA 6.1.2: Tiempo de seguimiento de las 39 empresas en estudio para ambos casos.

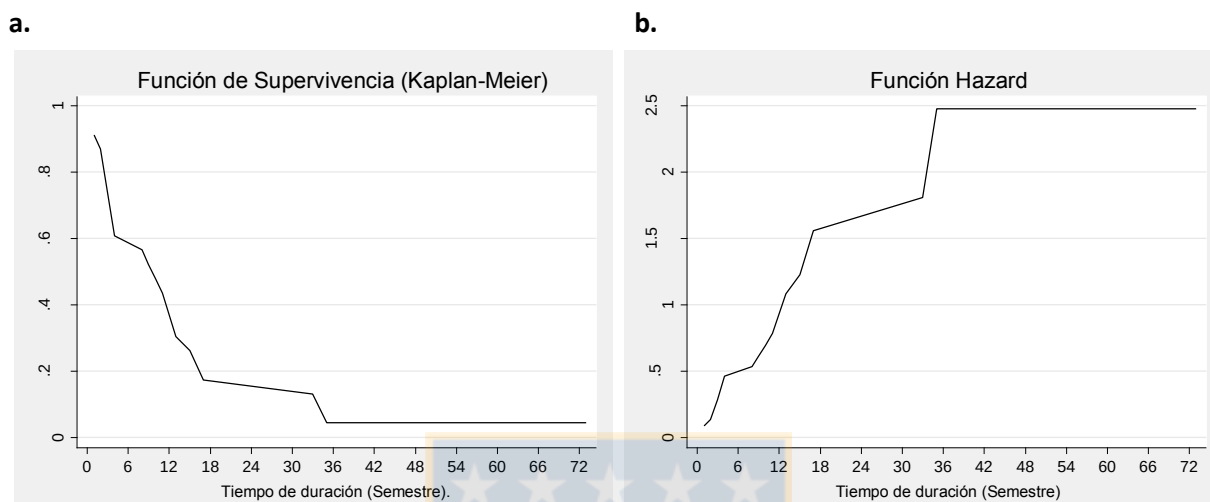
Año\Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.
2007	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	6
2008	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2009	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2010	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
2011	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
2012	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
2013	67	68	69	70	71	72	73	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6.1.2 muestra el tiempo de seguimiento de las 39 empresas, ya sea con y sin ISAv. Este tiempo se formula como un “*número*” que representa el mes de cada año, es decir, el mes 1 corresponde a Julio del año 2007 y el mes 73 a julio del año 2013. De acuerdo a este orden

cronológico podemos indicar que el período en que más prevalece el ISAv es desde el mes 19 al mes 30, enero a diciembre del año 2009; y el período en que la industria salmonera presenta los niveles de exportación más bajos es desde el mes 31 al mes 42, durante el año 2010.

FIGURA 6.1.1: Función de supervivencia acumulada (Kaplan-Meier) y función de riesgo acumulado de Nelson-Aalen para las empresas que declararon al menos un centro de cultivo como positivo al ISAv.



Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

La función de supervivencia acumulada y la función de riesgo acumulado se presentan en la figura 6.1.1 a. y b. respectivamente. Según los resultados de la función acumulada de supervivencia para el grupo de empresas con ISAv, tienen mayor probabilidad de *no reducir su nivel de exportación* hasta el segundo semestre del año 2007, mes 6, luego disminuye de manera creciente hasta llegar a una probabilidad acumulada de supervivencia de 4,35% al final del período de estudio. Al mes 6, diciembre 2007, la probabilidad acumulada de supervivencia es 60,87%, sin embargo, al segundo semestre del año 2008 la supervivencia acumulada de las 23 empresas que en algún momento t del período 2007-2013 fueron clasificadas como positivas al ISAv, alcanzan una supervivencia de 17,39%. En marzo del 2010, mes 33, estas empresas alcanzan una probabilidad acumulada de 13,04% de *no reducir el nivel de exportación*. Desde el mes 35 al mes 73, mayo 2010 a julio 2013, las empresas alcanzan una supervivencia acumulada de 4,35%. Por lo tanto, podemos señalar que la mayor probabilidad de *no reducir el nivel de exportación* es de un promedio cercano al 50% y comprende el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008.

La figura 6.1.1 b. muestra la probabilidad acumulada instantánea de que las 23 empresas con ISAv *reduzca su nivel de exportación* precisamente en el tiempo t_j (o en un pequeño intervalo $[t_j, t_j + \Delta t_j]$), suponiendo que estaban en riesgo en el momento anterior.

Ahora, el riesgo acumulado de *reducir el nivel de exportación* en el mes 2, agosto del año 2007, condicionado a que las empresas con ISAv estaban en riesgo en aquel momento es de 13,46%. Luego, el riesgo acumulado de presentar el suceso aumenta considerablemente llegando a un riesgo de 247,6% al final del período de estudio. Sin embargo, el mayor riesgo de *reducir el nivel de exportación*

es entre el segundo semestre del año 2008 y primer semestre del año 2011, mes 9 a mes 48. Recordemos que estamos graficando la función de riesgo acumulado de Nelson-Aalen¹¹.

La tabla 6.1.3 muestra la estimación de la probabilidad condicional de supervivencia y la probabilidad condicional de que las empresas con ISAv *reduzcan su nivel de exportación*¹².

TABLA 6.1.3: Probabilidad condicional de supervivencia $(1 - d_j/r_j)$ y probabilidad condicional del evento (d_j/r_j) para el grupo de empresas clasificadas como positivas al ISAv.

Año	2 ^{do} Sem. 2007	1 ^{er} Sem. 2008	2 ^{do} Sem. 2008	1 ^{er} Sem. 2009	2 ^{do} Sem. 2009	1 ^{er} Sem. 2010	2 ^{do} Sem. 2010	1 ^{er} Sem. 2011	2 ^{do} Sem. 2011	1 ^{er} Sem. 2012	2 ^{do} Sem. 2012	1 ^{er} Sem. 2013
$(1 - d_j/r_j)$	82,35%	90,91%	85,71%	66,67%	66,67%	33,33%	33,33%	33,33%	100%	100%	100%	100%
(d_j/r_j)	17,65%	9,09%	14,29%	33,33%	33,33%	66,67%	66,67%	66,67%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia creada del cálculo de las estimaciones por Kaplan-Meier para el grupo de empresas clasificadas como positivas al ISAv.

De acuerdo a la tabla 6.1.3 se infiere que las 23 empresas clasificadas como positivas al ISAv presentan mayor probabilidad condicional de *no reducir el nivel de exportación* $(1 - d_j/r_j)$ desde el segundo semestre del año 2007 hasta el primer semestre del año 2008, luego la probabilidad condicional de supervivencia se *reduce* notoriamente hasta el primer semestre del año 2011. Es decir, las 23 empresas con ISAv presentan mayor probabilidad condicional de *reducir el nivel de exportación* (d_j/r_j) entre el segundo semestre del 2008 y primer semestre del 2011 (ver Anexo, Tabla A-N°1).

¹¹ La probabilidad es mayor que 100% puesto que estamos graficando la función de riesgo acumulado propuesto por Nelson-Aalen $\tilde{H}(t_j)$, definido como:

$$\tilde{H}(t_j) = \tilde{\Lambda}(t_j) = \sum_{j, t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j}$$

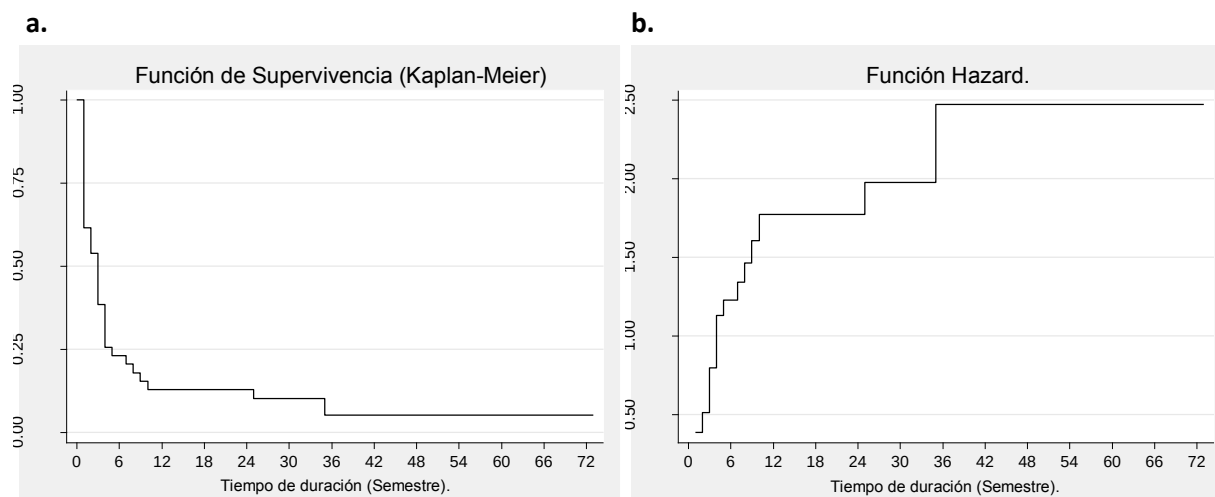
Donde el cociente d_j/r_j proporciona una estimación de la probabilidad condicionada de que una empresa que sobrevive hasta justo antes del instante t_j , falle o presente el evento en el instante t_j .

¹² La función de supervivencia acumulada de Kaplan-Meier es el producto de todas las probabilidades de supervivencia condicionales hasta el momento t_j , es decir:

$$\hat{S}(t_j) = (1 - d_{j-1}/r_{j-1}) \cdot (1 - d_j/r_j)$$

Donde $(1 - d_j/r_j)$ corresponde a la *probabilidad condicional de supervivencia*, tal que d_j son las empresas que en el momento t_j presentan el evento y r_j son las empresas expuestas al riesgo. Sin embargo, el cociente d_j/r_j es la *probabilidad condicional del evento*, y la suma de las *probabilidades condicionales del evento* hasta el momento t_j muestran el riesgo acumulado propuesto por Nelson-Aalen.

FIGURA 6.1.2: Función de supervivencia acumulada (Kaplan-Meier) y función de riesgo acumulado de Nelson-Aalen para el total de firmas, luego que la *industria* presenta el primer centro de cultivo infectado con ISAv.



Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

Según los resultados de la función de supervivencia acumulada para el total de empresas estudiadas, luego que la *industria* presenta el primer centro de cultivo infectado con ISAv, tienen mayor probabilidad acumulada de *no reducir su nivel de exportación* hasta el mes 2, agosto del año 2007, luego disminuye de manera creciente hasta llegar a una supervivencia de 12,82% en el mes 17, noviembre 2008. Al mes 35, mayo 2010, la probabilidad acumulada de supervivencia disminuye y se mantiene en 5,13% hasta el mes 73. Es decir, hasta julio del año 2013 las empresas en estudio presentan una probabilidad de 5,13% de *no reducir su nivel de exportación*.

El riesgo acumulado de *reducir el nivel de exportación* en el mes 1 y 2, julio y agosto 2007, condicionado a que la industria estaba en riesgo en aquel momento es de 38,46% y 50,96% respectivamente (ver figura 6.1.2. b.). Luego, el riesgo acumulado de presentar el suceso aumenta de manera creciente hasta llegar a una probabilidad de 247,43% en el mes 73, julio 2013.

Ahora, la estimación de la probabilidad condicional de supervivencia y la probabilidad condicional de que la industria, compuesta por 39 empresas, *reduzcan su nivel de exportación* para el período 2007-2013 se presentan en la tabla 6.1.4.

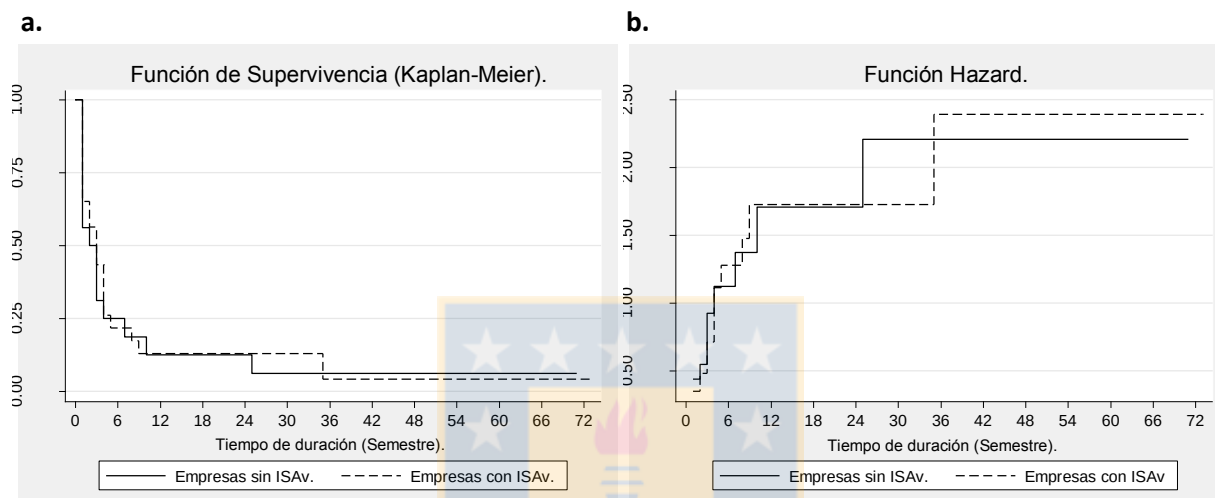
TABLA 6.1.4: Probabilidad condicional de supervivencia $(1 - d_j/r_j)$ y probabilidad condicional del evento (d_j/r_j) para la industria salmonera.

Año	2 ^{do} Sem. 2007	1 ^{er} Sem. 2008	2 ^{do} Sem. 2008	1 ^{er} Sem. 2009	2 ^{do} Sem. 2009	1 ^{er} Sem. 2010	2 ^{do} Sem. 2010	1 ^{er} Sem. 2011	2 ^{do} Sem. 2011	1 ^{er} Sem. 2012	2 ^{do} Sem. 2012	1 ^{er} Sem. 2013
$(1 - d_j/r_j)$	90%	83,3%	83,3%	83,3%	80%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%
(d_j/r_j)	10%	16,7%	16,7%	16,7%	20%	50%	50%	50%	50%	50%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia creada del cálculo de las estimaciones por Kaplan-Meier para la industria salmonera.

Entonces, de acuerdo a la tabla 6.1.4 se infiere que la industria salmonera presenta mayor probabilidad condicional del evento (d_j/r_j) desde el primer semestre del año 2008 hasta el primer semestre del año 2012. Es decir, la industria salmonera compuesta, en este caso, por 39 empresas, presentan mayor probabilidad de *reducir el nivel de exportación* durante el primer semestre del año 2008 y el primer semestre del 2012 (ver Anexo, Tabla A-N°2).

FIGURA 6.1.3: Función de supervivencia acumulada (Kaplan-Meier) y función de riesgo acumulado de Nelson-Aalen para cada grupo de firma, con y sin ISAv, luego que la *industria* presenta el primer centro de cultivo como positivo al ISAv.



Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

De acuerdo a la figura 6.1.3.a. la supervivencia acumulada para el grupo de empresas con ISAv ($isa = 1$), conformada por 23 empresas, tienen mayor probabilidad de *no reducir su nivel de exportación* hasta el segundo semestre del año 2007, mes 6, luego disminuye de manera creciente hasta llegar a una probabilidad de supervivencia de 4,35% al final del período de estudio. Sin embargo la menor probabilidad condicional de supervivencia se sitúa entre el primer semestre del año 2008 hasta el segundo semestre del año 2012. Es decir, la mayor probabilidad condicional de presentar el evento o probabilidad condicional de *reducir el nivel de exportación* es entre el primer semestre del año 2008 hasta el segundo semestre del año 2012. Mientras que el grupo de empresas sin ISAv, conformada por 16 empresas, presentan mayor probabilidad condicional de *reducir el nivel de exportación* entre el primer semestre del año 2008 y segundo semestre del año 2009.

La estimación de la probabilidad condicional de supervivencia y la probabilidad condicional de que cada grupo de empresa, 16 empresas sin ISAv y 23 empresas con ISAv, *reduzcan su nivel de exportación* para el período 2007-2013 se presentan en la tabla 6.1.5.

TABLA 6.1.5: Probabilidad condicional de supervivencia $(1 - d_j/r_j)$ y probabilidad condicional del evento (d_j/r_j) para ambos grupos de empresas luego que la *industria* presenta el primer centro de cultivo como positivo al ISAv.

Año	2 ^{do} Sem. 2007	1 ^{er} Sem. 2008	2 ^{do} Sem. 2008	1 ^{er} Sem. 2009	2 ^{do} Sem. 2009	1 ^{er} Sem. 2010	2 ^{do} Sem. 2010	1 ^{er} Sem. 2011	2 ^{do} Sem. 2011	1 ^{er} Sem. 2012	2 ^{do} Sem. 2012	1 ^{er} Sem. 2013
Empresas con ISAv												
$(1 - d_j/r_j)$	83,3%	75%	75%	75%	75%	33,3%	33,3%	33,3%	33,3%	33,3%	33,3%	100%
(d_j/r_j)	16,7%	25%	25%	25%	25%	66,7%	66,7%	66,7%	66,7%	66,7%	66,7%	0%
Empresas sin ISAv												
$(1 - d_j/r_j)$	80%	66,7%	66,7%	66,7%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%
(d_j/r_j)	20%	33,3%	33,3%	33,3%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	0%

Fuente: Elaboración propia creada del cálculo de las estimaciones por Kaplan-Meier para cada grupo de empresa.

De la tabla 6.1.5 se infiere que las 23 empresas con ISAv y las 16 empresas sin ISAv presentan mayor probabilidad condicional de *reducir su nivel de exportación* (d_j/r_j) entre el primer semestre del año 2008 y segundo semestre del año 2012. No obstante, las empresas con ISAv presentan, entre el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2010, una reducción del 50% de su probabilidad condicional de supervivencia $(1 - d_j/r_j)$, mientras que las empresas sin ISAv presentan una reducción de 30%. En otras palabras, las empresas clasificadas como positivas al ISAv en el período en que la industria salmonera presenta su peor crisis sanitaria, presentan mayor riesgo de *reducir su nivel de exportación* en comparación con las 16 empresas que en todo momento t fueron clasificadas como negativas al patógeno. Por lo tanto, la probabilidad condicional del evento de las empresas con ISAv se incrementa con mayor rapidez (ver Anexo, Tabla A-N°3).

Estos resultados sugieren que las empresas que presentan al menos un centro de cultivo con el patógeno ISAv tienen mayor probabilidad acumulada de *reducir el nivel de exportación* en comparación con aquellas empresas que nunca fueron infectadas con el ISAv. De esto se infiere que; el ISAv sí tuvo implicancias para que las empresas exportadoras de salmón atlántico redujeran la cantidad de salmón enviada al extranjero. No obstante, para determinar de manera más exacta qué factores explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en las exportaciones*”, se realizó una estimación paramétrica ajustado a través de un modelo de riesgo proporcional que será presentado a continuación.

6.2 DISTRIBUCIÓN WEIBULL.

Para evaluar los factores que explican el riesgo de presentar el estado “*reducción en las exportaciones*”, se realizaron estimaciones paramétricas ajustado a través de un modelo de riesgo proporcional. En la tabla 6.2.1 se observa el resultado de la estimación del modelo bajo el supuesto de una “*distribución Weibull*” para los dos casos mencionados al principio de esta sección.

Recordemos que el primer caso presentado corresponde a “*reducción en las exportaciones*” luego que al menos un centro de cultivo de la **empresa** es clasificado como positivo al ISAv”. Mientras que el segundo caso, y al igual que el primero, corresponde a “*reducción en las cantidades exportadas*, pero desde que el primer centro de cultivo de la **industria** fue infectado con ISAv”.

Los resultados de las estimaciones en su forma Weibull corresponden a que un signo positivo ($\beta > 0$) implica que el riesgo de presentar el estado en estudio es mayor, y un signo negativo ($\beta < 0$) una disminución de la misma.

Sobre los resultados expuestos en la tabla 6.2.1 se infiere que en ambos casos se dan los signos propuestos en el marco teórico (ver ecuación 15, sección 4). Además, todas las variables, a excepción de *deuda*, salen significativas.

Para el caso en que la **firma** detecta el ISAv por primera vez (caso 1), se infiere que las variables *centros*, *ISAv*, *cáligus*, *concesiones* y *cantidad* son significativas al 5%, mientras que la variable *cáligus/ISAv* es significativa al 10%. En el segundo caso la variable *cáligus/ISAv* es significativa al 10%, mientras que las variables *ISAv*, *cáligus* y *cantidad* son significativas al 5%. Las significativas al 1% corresponden a *centros* y *concesiones*.

El signo positivo de la variable *centros* indica que el riesgo de presentar el estado *reducción en el nivel de exportación* se incrementa a medida que pasa el tiempo, es decir, si la empresa presenta un centro más infectado, entonces el riesgo de presentar el estado en cuestión es mayor en comparación con aquellas empresas que no presentaron, o dejaron de presentar, centros con ISAv. Para esto, es relevante señalar que la existencia del ISAv obligó a que muchas de las empresas llevaran a cabo incluso la eliminación de cosecha de las jaulas con animales infectados, además de la delimitación de zonas de cuarentena y vigilancia, entre otras medidas por concepto de bioseguridad, y así evitar su propagación. Esto repercutió en el cierre de todos los centros clasificados como positivos al ISAv. Por lo tanto, y de acuerdo al modelo weibull de riesgo proporcional, si en el momento t del período 2007-2013 aumenta el número de centros infectados por empresa, entonces el riesgo de presentar el estado se incrementa en un 94% y 94,1%, caso 1 y 2 respectivamente, en comparación con las empresas que no presentaron, o dejaron de presentar, centros infectados.

De acuerdo a la variable *ISAv* se infiere que si la empresa presenta el virus en el momento t del período 2007-2013, entonces el riesgo de presentar el estado *reducción en el nivel de exportación* es mayor en un 53,8% y 50,8%, caso 1 y caso 2 respectivamente, en comparación con aquellas empresas que en todo momento t fueron clasificadas como negativas al ISAv.

La variable *cáligus* muestra, al igual que la variable *centros* e *ISAv*, un signo positivo, lo que implica que si la empresa presenta un exceso de este patógeno, promedio mensual superior a 5,37 cáligus por salmón, entonces el riesgo de presentar el estado en estudio aumenta en un 88,2% y 88,6%, caso 1 y 2 respectivamente, en comparación con aquellas empresas que no presentaron exceso de cáligus.

TABLA 6.2.1: Modelo Weibull de Riesgo Proporcional para la reducción del nivel de exportación.

Variables		Caso 1	Caso 2
Constante	Coef	-1,300	-7,112
	$P > z $	0,000*	0,000*
Centros	Coef	0,153	0,211
	Haz. Ratio	0,060	0,059
	$P > z $	0,011**	0,000*
ISA	Coef	3,324	4,225
	Haz. Ratio	1,538	1,508
	$P > z $	0,031**	0,005**
Cáligus	Coef	0,259	0,277
	Haz. Ratio	0,118	0,114
	$P > z $	0,028**	0,015**
Cáligus/ISA	Coef	1,141	1,249
	Haz. Ratio	0,645	0,649
	$P > z $	0,077***	0,054***
Deuda	Coef	-0,173	-0,549
	Haz. Ratio	0,716	0,594
	$P > z $	0,810	0,355
Concesiones	Coef	-2,669	-3,622
	Haz. Ratio	0,454	0,591
	$P > z $	0,011**	0,000*
Cantidad	Coef	-0,052	-0,029
	Haz. Ratio	0,650	0,560
	$P > z $	0,022**	0,037**
$\ln(p)$		0,732	0,051
p		2,078	1,052
$1/p$		0,481	0,951

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del modelo bajo el supuesto de una “distribución Weibull”.
 *Coeficientes estadísticamente significativas al 1%, **coeficientes estadísticamente significativas al 5%, ***significativas al 10%.

Ahora, si la empresa presenta el ISAv y además un exceso de cáligus, cáligus/ISAv, entonces el riesgo de presentar el estado es 35,5% y 35,1% mayor que aquellas empresas que no presentaron cáligus e ISAv, caso 1 y 2 respectivamente. Es decir, las empresas con cáligus/ISAv presentaron mayor riesgo de experimentar el estado *reducción en el nivel de exportación* en comparación con las empresas clasificadas como negativas a ambos patógenos.

Para la variable *concesiones* se concluye que si la empresa posee mayor número de este activo empresarial, sobre 15 concesiones en el período 2007-2013, entonces el riesgo de presentar el estado es menor en un 54,6% y 40,9%, caso 1 y 2 respectivamente, en comparación con aquellas empresas que fueron clasificadas como “pequeñas” por tener menor número de este activo empresarial.

La variable *cantidad* muestra un signo negativo, por lo tanto, se concluye que si la empresa exporta mayor cantidad de salmón atlántico entonces el riesgo de presentar el estado se reduce en un 35% en comparación con aquellas empresas que presentaron menores niveles de exportación. Para el caso 2 el riesgo de experimentar el estado se reduce en un 44%.

Finalmente, y de acuerdo a la tabla 6.2.1, para ambos casos, se infiere que las estimaciones arrojan un p mayor que 1, por ende la dependencia temporal de duración es positiva. Es decir, la probabilidad de experimentar el evento se incrementa con la exposición al riesgo durante el período de estudio.



7. CONCLUSIONES.

En esta investigación se ha analizado el impacto que tuvo el ISAv en las exportaciones de cada grupo de empresas, diferenciando entre aquellas que mantenían centros de cultivos infectados con ISAv y aquellas que no poseían centros de cultivos o sus centros no fueron infectados. Se analizó, utilizando un modelo de duración, la probabilidad que una empresa no viera reducida la cantidad de sus exportaciones una vez detectado el ISAv (supervivencia) y la probabilidad que la empresa viera afectadas sus exportaciones, dado que hasta la fecha no se habían visto afectadas (riesgo). Se estimaron modelos no paramétricos y modelos paramétricos que permitieron observar los determinantes del riesgo de presentar el estado “reducción de las exportaciones” durante la crisis del ISAv en Chile.

De acuerdo al análisis de supervivencia, para ambos casos presentados, se concluye que las empresas infectadas con el ISAv tienen menor probabilidad de sobrevivencia (mayor probabilidad de reducir sus exportaciones) que las empresas que fueron clasificadas como negativas al patógeno o que no poseían centros de cultivos. Las empresas contagiadas con ISAv a partir del primer semestre del año 2008 inician un descenso gradual en su supervivencia, es decir, la probabilidad condicional de *no reducir el nivel de exportación* hasta el primer semestre del año 2007 es superior al 80%, luego desciende de manera creciente hasta llegar a un mínimo de 33,3% durante el período en que el ISAv se manifestó con mayor frecuencia en los centros de cultivos. A partir del primer semestre del año 2010 las empresas con ISAv presentan una supervivencia inferior al 35%, lo que se traduce a que la probabilidad de *reducir el nivel de exportación* a partir de aquel período es superior al 65%.

Las 23 empresas clasificadas como positivas al ISAv presentan, entre el segundo semestre del 2007 y segundo semestre del 2011, un aumento del 50% de su probabilidad condicional de *reducir el nivel de exportación*, mientras que las empresas sin ISAv presentan un aumento de cerca del 30%. En otras palabras, las empresas clasificadas como positivas al ISAv en el período en que la industria salmonera presenta su peor crisis sanitaria, 2007-2011, presentan mayor riesgo de *reducir su nivel de exportación* en comparación con las 16 empresas que en todo momento t del período 2007-2013 fueron clasificadas como negativas al patógeno.

Durante el año 2009 la industria salmonera presentó 267 centros de cultivos clasificados como positivos al patógeno. Cuando el centro es clasificado como positivo al ISAv nos referimos a un centro con brote y/o sospecha. Un centro con brote es un centro de cultivo que presenta al menos una jaula con resultado de laboratorio positivo al ISAv, pero infiere signología y mortalidad asociada a esta enfermedad, mientras que un centro en categoría de sospecha no manifiesta la enfermedad clínica.

Las medidas implementadas para los centros positivos al ISAv se establecen en el programa sanitario de vigilancia y control de la Anemia Infecciosa del salmón atlántico (en adelante, PSEVC-ISA). Algunas medidas implementadas son: Eliminación de cosecha de jaulas con animales infectados por ISAv, delimitación de zonas de cuarentena y vigilancia, restricción de movimientos de la zona afectada y

temprana cosecha del salmón atlántico, entre otras medidas. Estas y otras medidas se implementaron de manera inmediata a la detección del ISAv, tal que, durante el año 2010 la industria salmonera experimentó una reducción en la producción y exportación del salmón atlántico, razón por la cual la probabilidad de supervivencia en aquél año se reduce de manera tan drástica para aquellas empresas clasificadas como positivas al patógeno.

A través del modelo weibull de riesgo proporcional se determinó qué variables influyeron para que las empresas presentaran mayor o menor riesgo de experimentar el estado *reducción en el nivel de exportación*. De acuerdo a esto, se infiere que las variables *cáligus*, *número de centros infectados*, *ISAv* y la interacción de los patógenos *cáligus/ISAv* aumentan el riesgo de presentar el estado. Sin embargo, la variable *centro* es la que presenta mayor riesgo de presentar el estado en estudio, es decir, si la empresa presenta un centro más infectado, entonces el riesgo de experimentar el estado en cuestión es mayor en comparación con aquellas empresas que no presentaron, o dejaron de presentar, centros con ISAv. Las variables *concesiones* y *cantidad exportada* ayudan a que las empresas presenten menor riesgo.

Por lo tanto, de acuerdo al análisis de supervivencia y al modelo weibull de riesgo proporcional se infiere que; la presencia del ISAv en los centros de cultivos de salmón atlántico sí generó un impacto negativo en la exportación del salmón, puesto que, para el período 2007-2011 estas empresas presentaron el mayor riesgo condicional de *reducir su nivel de exportación*, mientras que en los años 2012 y 2013 el riesgo disminuye notoriamente.

Finalmente, ambos grupos de empresas estudiadas y analizadas con el mismo vector de variables exógenas presentan riesgo de *reducir el nivel de exportación*, sin embargo, las empresas con ISAv son las empresas con mayor probabilidad de presentar una reducción de exportaciones.

Los resultados de este estudio sugieren que las características de las empresas son importantes en determinar la probabilidad de que sus exportaciones se vean afectadas por el ISAv. En particular se observa que empresas integradas y de mayor tamaño tuvieron un mayor riesgo y menor supervivencia durante la crisis.

BIBLIOGRAFÍA

- Achurra, A., (1995): "La experiencia de un nuevo producto de exportación." Los salmones. En: Ed.P. Meller y R.E. Sáez Auge exportador Chileno, lecciones y desafíos futuros. CIEPLAN y DOMEN, Economía y Gestión.
- Bravo, K., Romero, R. (2009): "La Industria Salmonera en Crisis", Departamento de Administración, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Concepción.
- Bover, O., Arellano, M., and Bentolila S., (2002): "Unemployment Duration, Benefit Duration, and the Business Cycle," The Economic Journal, 112, 223-265.
- Box-Steffensmeier, J., Zorn, C., (1998): "Duration Models and Proportional Hazards in Political Science," Ohio State University and Emory University, department of Political Science.
- Briggs, A., Campbell, H., Clarke, P., Sculpher, M., (2004): "Parametric survival models decision model: Relating continuous hazard to discrete-time transition probabilities," Health Economics Research Centre, University of Oxford. Centre for Health Economics, University of York.
- Carvajal et al., (1998); Johnson et al., (2004); Costello, (2006).
- Carreño, A., (2010): "Impactos del virus ISA en Chile," Fundación Terram.
- Claude, M., y Oporto, J., (2000): "La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: Aspectos sociales, económicos y ambientales," Fundación Terram.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe: www.cepal.org
- Cordón, E., García, F., (2007): "Parametric and non-parametric evaluation of the fishing unemployment in Morocco: An application for the Andalusian case study," Universidad de Huelva. Revista de estudios regionales N°87, pp. 17-44.
- Cox, D., R. (1972): "Regression Models and Life Tables," Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 34 (1972), 187-202.
- Cox, D., R. y Oakes, D., (1984): "Analysis of survival data," Chapman and Hall, London.
- Elandt-Johnson, R., C., and Johnson, N., L. (1980): "Survival models and data analysis," New York: John Wiley and Sons.
- Ehrenberg, R. y Oaxaca, R. (1976): "Unemployment Insurance. Duration of Unemployment, and Subsequents Wage Gain", The American Economic Review, diciembre 66(5) pp.483-845.
- Fernández, M., Abaira, V., Quereda, C., Ortuño, J., (1996): "Curvas de supervivencia y modelos de regresión y aciertos en la metodología de aplicación," Servicio de Nefrología y Unidad de Bioestadística Clínica. Hospital Ramón y Cajal. Madrid. Vol. XVI. N° 5.

- Greene, N., (2000): "Econometric analysis". Fourth Edition, Practice-Hall International.
- Gujarati D. (2004). "Econometría", McGraw-Hill, Interamericana: Cuarta Edición.
- Kalbfleisch, J. y Prentice, R., (1980): "The Statistical Analysis of Failure Time Data", Nueva York, John Wiley.
- Kaplan, E. L. y Meier P., (1958): "Nonparametric estimation from incomplete observations," Journal of the American Statistical Association, 53, pp.457-481.
- Katz, J., Lizuka, J., Muñoz, M., (2001): "Creciendo en base a los recursos naturales "tragedia de los comunes" y el futuro de la industria Salmonera chilena," Serie de desarrollo productivo N° 191 CEPAL.
- Katz, J., Gillet, J. y Campos, C., (2010): "La crisis del salmón y el despido en la décima región," Universidad de Chile, facultad de economía y negocios.
- Katz, J., Isakson, A., Bernardello, N., (2012): "Aysén, industria salmonera y transformación social: El caso de un desarrollo frustrado y una transición no acabada," Universidad de Chile, departamento de economía y negocio.
- Kiefer, N., (1988): "Economics Duration Data and Hazard Functions," Journal of Economic Literature, Vol. 26, Issue 2 (Jun., 1988), pp. 646-679.
- Lancaster, T., (1979): "Econometric Methods for the Duration of Unemployment," Econometrical, Vol. 47, No. 4 (Jul., 1979), pp. 939-956.
- Lancaster, T., (1990-1992): "The econometric analysis of transition data", Cambridge, Cambridge University Press.
- Lancaster, T. y Nickell, S., (1998): "The analysis of re-employment probabilities for the unemployed," Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 143, No. 2, pp. 141-152.
- Liberona, F. (2010): "Crisis en la salmonicultura, sin solución a la vista".
- Mercadel, F., Pardo, V., Jarufe, R., (2012): "Salmonicultura: Nuevos desafíos después de la crisis," Acuicultura en Chile, FitchRating.
- Meyer, B., (1990): "Unemployment Insurance and Unemployment Spells", Econometrica, 58(4), 757-782.
- Nickell, S., (1977): "Estimating the probability of leaving unemployment," Center for the Economics of Education, London School of Economics, Vol. 47, No. 7 (September 1979), pp. 1249-1266.
- Oelckers, K., Vike, S., Duesund, H., Gonzalez, J., Wadsworth, S., Nylund, A., (2013): "Caligus rogercresseyi as potential vector for transmission of infectious Salmon Anaemia (ISA) virus in Chile," Aquiculture, pp. 126-132.

Per Kragh, A., Klein, J., Knudsen, K., Tabanera, R., Palacios, R., (1995): "Estimation of variance in Cox's regression model with gamma frailties," University of Copenhagen, department of Biostatistics, Danish Epidemiology Science Center, Division of Biostatistic, Medical College of Wisconsin.

Quiñones, M., (2010): "Canales de búsqueda de empleo y duración del desempleo en Colombia," Universidad de Antioquía. Perfil de Coyuntura Económica N°16, diciembre 2010, pp. 133-154.

Tenjo, J., Misas, M., Contreras, A., Gaviria, A., (2012): "Modelos de duración del desempleo en Colombia," Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. Pontificia Universidad Javeriana, departamento de Economía, Bogotá.

SalmonChile: Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G.: www.salmonchile.cl

SalmonChile, Servicio Nacional de Pesca. (2008). "Documento Informativo Anemia Infecciosa del Salmón en Chile (Virus ISA)," Unidad de Acuicultura, abril 2008.

SalmonChile, Temas del Salmón, (2009): "La reconversión de la industria a través del sistema de barrios," Boletín N°4, abril 2009.

Servicio Nacional de Aduanas: www.aduana.cl

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. Anuarios de pesca: www.Sernapesca.cl

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile: Unida de Acuicultura: www.Sernapesca.cl

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. (2010): "Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Anemia Infecciosa del Salmón (PSEC-ISA)," Unidad de Acuicultura, noviembre 2008-2010.

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. (2011). "Balance de la Situación Sanitaria de la Anemia Infecciosa del Salmón en Chile," Unidad de Acuicultura julio 2009.

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. (2011). "Balance de la Situación Sanitaria de la Anemia Infecciosa del Salmón en Chile," Unidad de Acuicultura, julio 2007-2008.

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. (2013). "Informe Condición Sanitaria ISA/Cáligus," Unidad de Acuicultura; semestre enero-junio 2013.

Servicio Nacional de Pesca del Gobierno de Chile. (2010). "Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Anemia Infecciosa del Salmón (PSEC-ISA)," Unidad de Acuicultura, noviembre 2008-2010.

Van Den Berg, G. J., (2001): "Duration models: Specification, identification and multiple durations," in J. J. Heckman & E. Leamer, eds, Handbook of Econometrics, Vol. 5, No. 5, Elsevier, Amsterdam, pp. 3381-3460.

ANEXO.

Tabla A-N°1: Función de Supervivencia y función de riesgo para las 23 empresas clasificadas como positivas al ISAv.

t_j	r_j	d_j	d_j/r_j	$(r_j - d_j)/r_j$	$\hat{S}(t_j)$	$\hat{H}(t_j)$
1	23	2	0,0870	0,9130	0,9130	0,0870
2	21	1	0,0476	0,9524	0,8696	0,1346
3	20	3	0,1500	0,8500	0,7391	0,2846
4	17	3	0,1765	0,8235	0,6087	0,4610
8	14	1	0,0714	0,9286	0,5652	0,5325
9	13	1	0,0769	0,9231	0,5217	0,6094
10	12	1	0,0833	0,9167	0,4783	0,6927
11	11	1	0,0909	0,9091	0,4348	0,7836
13	10	3	0,3000	0,7000	0,3043	1,0836
17	7	1	0,1429	0,8571	0,2609	1,2265
19	6	2	0,3333	0,6667	0,1739	1,5598
33	4	1	0,2500	0,7500	0,1304	1,8098
35	3	2	0,6667	0,3333	0,0435	2,4765
54	1	0	0,0000	1,0000	0,0435	2,4765
73	1	0	0,0000	1,0000	0,0435	2,4765

Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

La Tabla A-N°1 muestra los datos para el cálculo de la función de supervivencia acumulada por Kaplan-Meier y la función de riesgo acumulado de Nelson-Aalen para las 23 empresas clasificadas como positivas al ISAv. La tabla contiene los siguientes datos numéricos:

- 1) t_j : Tiempo transcurrido en ocurrir el suceso.
- 2) r_j : Número de empresas que continúan expuestas al riesgo al finalizar el tiempo t_j .
- 3) d_j : Número de eventos que ocurren en el momento t_j .
- 4) d_j/r_j : Probabilidad condicional de un evento.
- 5) $(r_j - d_j)/r_j$: Probabilidad condicional de supervivencia.
- 6) $\hat{S}(t_j)$: Probabilidad acumulada de supervivencia.
- 7) $\hat{H}(t_j)$: Riesgo acumulado propuesto por Nelson-Aalen

La columna 4 de la tabla A-N°1 muestra la probabilidad condicional de un evento, es decir, la probabilidad de que la empresa *reduzca su nivel de exportación* dado que hasta el período anterior no ha presentado el evento. La columna 7 muestra la probabilidad acumulada de que la empresa presente el evento en cuestión. En otras palabras, muestra el riesgo acumulado propuesto por Nelson-Aalen graficado en la figura 6.1.1 b. de la sección 6., y se define como la suma de las probabilidades condicionales del evento hasta el momento t_j :

$$\hat{H}(t_j) = \sum_{j, t_j \leq t} \frac{d_j}{r_j} \quad (\text{A.1})$$

Entonces, de acuerdo a la teoría planteada en la sección 4 y a la ecuación A.1, la probabilidad del riesgo acumulado en el mes 4 es $\hat{H}(t_j)$, donde $j = 4$ meses) la suma de las probabilidades condicionales del evento de los meses 1, 2, 3 y 4, es decir:

$$\hat{H}(t_4) = \frac{2}{23} + \frac{1}{21} + \frac{3}{20} + \frac{3}{17} = 0,4610$$

Tal que el riesgo acumulado de reducir el nivel de exportación en el mes 4 es de 46,10%, mientras que la probabilidad condicional del evento en el mes 4 es 17,65%.

La columna 5 de la tabla A-N°1 muestra la probabilidad condicional de supervivencia de la empresa con ISAv, sin embargo, la columna 6 presenta la probabilidad acumulada de supervivencia: esto es, la llamada función de supervivencia acumulada de Kaplan-Meier graficada en la figura 6.1.1 a. de la sección 6. Ésta representa la probabilidad acumulada de supervivencia desde que se inicia el seguimiento, julio 2007 (t_1), hasta después del momento t_1 , calculada como el **producto de todas las probabilidades de supervivencia condicionales** hasta el momento t_1 . Por lo tanto, la probabilidad acumulada de supervivencia hasta el mes 4 se obtiene de la siguiente manera:

$$\hat{S}(t_4) = \left(\frac{23-2}{23}\right) \cdot \left(\frac{21-1}{21}\right) \cdot \left(\frac{20-3}{20}\right) \cdot \left(\frac{17-3}{17}\right) = 0,6087$$

Entonces, hasta el mes 4 la probabilidad acumulada de supervivencia es de 60,87%, mientras que la probabilidad condicional de supervivencia en el mes 4 es 82,35%.

Tabla A-N°2: Función de Supervivencia y función de riesgo para la industria salmonera.

t_j	r_j	d_j	d_j/r_j	$(r_j - d_j)/r_j$	$\hat{S}(t_j)$	$\hat{H}(t_j)$
1	39	15	0,3846	0,6154	0,6154	0,3846
2	24	3	0,1250	0,8750	0,5385	0,5096
3	21	6	0,2857	0,7143	0,3846	0,7953
4	15	5	0,3333	0,6667	0,2564	1,1287
5	10	1	0,1000	0,9000	0,2308	1,2287
7	9	1	0,1111	0,8889	0,2051	1,3398
8	8	1	0,1250	0,8750	0,1795	1,4648
9	7	1	0,1429	0,8571	0,1538	1,6076
10	6	1	0,1667	0,8333	0,1282	1,7743
25	5	1	0,2000	0,8000	0,1026	1,9743
35	4	2	0,5000	0,5000	0,0513	2,4743
71	2	0	0,0000	1,0000	0,0513	2,4743
73	1	0	0,0000	1,0000	0,0513	2,4743

Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

La columna 4 de la tabla A-N°2 muestra la probabilidad condicional del evento, y la columna 7 muestra la probabilidad acumulada de que la industria presente el evento en cuestión. Sin embargo, la columna 5 muestra la probabilidad condicional de supervivencia de la industria salmonera, y la columna 6 la probabilidad acumulada de supervivencia de Kaplan-Meier.

Tabla A-N°3: Función de Supervivencia y función de riesgo para cada grupo de empresas.

t_j	r_j	d_j	d_j/r_j	$(r_j - d_j)/r_j$	$\hat{S}(t_j)$	$\hat{H}(t_j)$
<i>Empresas con ISAv</i>						
1	23	8	0,3478	0,6522	0,6522	0,3478
2	15	2	0,1333	0,8667	0,5652	0,4812
3	13	3	0,2308	0,7692	0,4348	0,7119
4	10	4	0,4000	0,6000	0,2609	1,1119
5	6	1	0,1667	0,8333	0,2174	1,2786
8	5	1	0,2000	0,8000	0,1739	1,4786
9	4	1	0,2500	0,7500	0,1304	1,7286
35	3	2	0,6667	0,3333	0,0435	2,3953
73	1	0	0,0000	1,0000	0,0435	2,3953
<i>Empresas sin ISAv</i>						
1	16	7	0,4375	0,5625	0,5625	0,4375
2	9	1	0,1111	0,8889	0,5000	0,5486
3	8	3	0,3750	0,6250	0,3125	0,9236
4	5	1	0,2000	0,8000	0,2500	1,1236
7	4	1	0,2500	0,7500	0,1875	1,3736
10	3	1	0,3333	0,6667	0,1250	1,7069
25	2	1	0,5000	0,5000	0,0625	2,2069
71	1	0	0,0000	1,0000	0,0625	2,2069
73	1	0	0,0000	1,0000	0,0625	2,2069

Fuente: Elaboración propia creada con programa Stata.

La columna 4 de la tabla A-N°3 muestra la probabilidad condicional de que las empresas con y sin ISAv reduzcan su nivel de exportación dado que hasta el período anterior no han presentado el evento, mientras que la columna 7 muestra la probabilidad acumulada de que cada grupo de empresa presente el evento en cuestión.

La columna 5 de la tabla A-N°3 indica la probabilidad condicional de supervivencia de ambos grupos de empresas, y la columna 6 muestra la probabilidad acumulada de supervivencia de Kaplan-Meier.