



**EFFECTOS DEL VIRUS ISA EN LA GENERACIÓN DE  
EMPLEO Y DECISIONES PRODUCTIVAS EN LA  
INDUSTRIA SALMONERA EN CHILE**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGÍSTER EN ANÁLISIS ECONÓMICO**

**Camilo Torres Almuna**

**Profesor Guía: Jorge Bravo Tamayo, PhD.**

**Santiago, Chile  
Enero del 2024**

# Efectos del virus ISA en la generación de empleo y decisiones productivas en la industria salmonera en Chile

Camilo Torres Almuna

Profesor Guía: Jorge Bravo Tamayo, PhD.

## Resumen

Este artículo aporta nuevos antecedentes de los efectos del virus ISA (ISAv), que afectó al sector salmonicultor chileno en 2007, en la generación de empleo y las decisiones productivas de las empresas salmonicultoras. Empleando información para el período enero de 2004 a diciembre de 2014, en base a un modelo de panel no estacionario, se estimó como los cambios en las condiciones sanitarias (ISAv) afectó los niveles de concentración de las empresas salmoneras, según las especies producidas y los países de destino de las exportaciones de sus productos, reduciendo la generación de empleos directos en la industria. Además, se aplicaron los resultados del modelo en un ejercicio de política, el que permitió estimar el efecto de largo plazo de la presencia del ISAv en la industria salmonera chilena.

## **Abstract**

This article provides new background on the effects of the ISA virus (ISAv), which affected the Chilean salmon farming sector in 2007, on the generation of employment and productive decisions of salmon farming companies. Using information for the period January 2004 to December 2014, based on a non-stationary panel model, it was estimated how changes in sanitary conditions (ISAv) affected the concentration levels of salmon companies, according to the species produced and the countries of destination of the exports of their products, reducing the generation of direct jobs in the industry. In addition, the results of the model were applied in a policy exercise, which allowed estimating the long-term effect of the presence of ISAv in the Chilean salmon industry.

### ***Bullet points:***

- I.** Nuevos antecedentes sobre como la heterogeneidad entre las firmas vinculadas al comercio internacional, genera efectos diferenciados en la generación de empleo directo en un sector productivo.
- II.** Estimación para el período entre enero de 2004 a diciembre de 2014, a través de un panel no estacionario, de los efectos en la generación de empleo considerando firmas heterogéneas y niveles de concentración según las especies producidas, y los países de destino de las exportaciones.
- III.** La demanda por trabajo disminuye en la medida que las empresas aumentan su concentración según las especies exportadas y los países de destino de los productos.
- IV.** Post-ISAv tanto a nivel agregado como para Japón y Brasil, como países de destino de las exportaciones, las empresas se tornaron relativamente más intensivas en el uso del capital en los procesos productivos.
- V.** Incentivar a que la industria aumente su diversificación según las especies que producen y exportan y los países de destino de sus exportaciones, para aumentar la demanda por trabajo en la industria salmonera chilena.

## Índice

1. Introducción.....	4
2. Literatura relacionada.....	7
3. Modelo empírico.....	10
4. Resultados.....	14
4.1. Efectos de largo plazo en la industria salmonera.....	21
5. Conclusiones.....	22
6. Futuras líneas de investigación.....	23
7. Referencias bibliográficas.....	24
8. Anexos.....	28

## 1. Introducción

En las últimas dos décadas, el sector de la acuicultura global se ha expandido rápidamente y la acuicultura del salmón se ha convertido en uno de los sistemas de producción más dinámicos y de rápido crecimiento en el mundo (Asche *et al.*, 2013). La expansión de la acuicultura tiene como objetivo contribuir a la seguridad alimentaria, los medios de vida de las comunidades costeras y compensar la disminución de las capturas de pesca silvestre en todo el mundo (Nahuelhual *et al.*, 2019). A nivel nacional e internacional se ha introducido el enfoque ecosistémico en el manejo del sector, para garantizar que los procesos de producción y los impactos no excedan los límites ecológicos y sociales (Aguilar-Manjarrez *et al.*, 2017; Brugère *et al.*, 2019). No obstante, la expansión en curso de la actividad de cultivo de salmón sigue generando preocupaciones sobre sus efectos socio-ambientales (Chávez *et al.*, 2019; Quiñones *et al.*, 2019). La producción mundial de salmón, liderada por Noruega y Chile, ha transformado áreas costeras remotas en nodos industriales y productivos con redes de cadenas de suministro globales (Bachmann-Vargas *et al.*, 2021). Si bien esta actividad económica ha sido exitosa, la producción chilena ha transitado por diversas crisis económicas y sanitarias; seguido de cambios de política consecutivos. Actualmente, la salmonicultura representa el segundo sector económico y el sistema de producción animal más importante de Chile (Mardones *et al.*, 2014), este sector, está compuesto por la producción industrial de salmón del Atlántico, salmón del Pacífico y trucha arcoíris; siendo el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) la especie de salmónido más rentable (Bustos-Gallardo & Irrarrázaval, 2016). A la fecha, Chile se mantiene como el segundo mayor productor de salmón del Atlántico, después de Noruega, seguido de Escocia y Canadá (Columbia Británica). Sin embargo, la producción chilena está aumentando la participación de mercado del salmón del Pacífico, representando el 95% de la producción mundial, la cual se consume principalmente (más del 90% en volumen) en Japón (Poblete *et al.*, 2019).

Entre 2007 y 2009, la región de Los Lagos se convirtió en el epicentro de una crisis sanitaria sin precedentes con múltiples efectos socioeconómicos y ambientales, provocada por el brote y la rápida propagación del virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv) (Bustos-Gallardo, 2017). Dicho virus tuvo ocurrencias anteriores en Noruega, Canadá, Escocia, Islas Feroe y Estados Unidos (Godoy *et al.*, 2008). Las consecuencias del brote de ISAv se propagaron a lo largo de la cadena de valor nacional y el mercado global (Asche *et al.*, 2018), con altas tasas de mortalidad del salmón, pérdidas de ingresos y mercados (Bachmann-Vargas *et al.*, 2021). A la fecha, después de más de una década del primer caso reportado de ISAv en Chile, los efectos devastadores de la crisis continúan influyendo en los cambios del sector (Bachmann-Vargas *et al.*, 2021), principalmente por la reestructuración de las empresas (fusiones) a causa de este evento, evidenciando como la

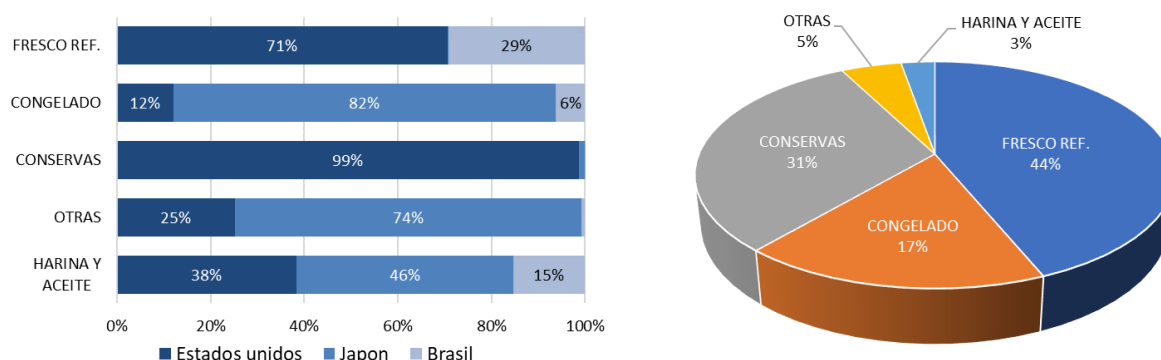
heterogeneidad entre las firmas y su adaptación ha permitido que el sector pueda responder al comercio internacional.

Por lo anterior, este estudio tiene como motivación conocer cómo la presencia del ISAv afectó al sector salmicultor chileno, respecto al empleo generado y las decisiones productivas de las empresas en términos de las especies que producen y los países de destino de las exportaciones de sus productos. Aquello, considerando la heterogeneidad entre las firmas y su productividad. Se estimaron además las elasticidades demanda empleo-exportaciones según el país de destino que se derivan, y los efectos de largo plazo en la generación de empleo en la industria. En este sentido, el estudio entrega antecedentes de la relación de largo plazo o cointegración (Engle y Granger, 1987) entre las exportaciones y el empleo directo generado por el sector, además de la velocidad de ajuste en el corto plazo o porcentaje de una variación exógena del equilibrio de largo plazo que es reversada en el siguiente período, considerando las variaciones en la intensidad relativa de uso de la mano de obra disponible. Estos antecedentes son un aporte para la gestión de políticas públicas vinculadas a la administración de esta actividad económica, de importancia nacional y regional por sus volúmenes de exportación y generación de empleo, la cual es vulnerable a shocks de comercio, tanto internos como externos.

En el contexto de la crisis sanitaria generada por el ISAv, algunas estimaciones mostraron que las altas tasas de mortalidad del salmón, las pérdidas de ingresos y los despidos masivos marcaron la trayectoria del productor de salmón de más rápido crecimiento en el mundo (Asche *et al.*, 2009). Según Dresdner y Estay (2016), la producción de salmón del Atlántico disminuyó un 60%, acompañada de la pérdida de aproximadamente 8.400 empleos directos. Así, luego de 30 años de exitoso crecimiento e integración a los mercados globales (Bustos, 2015), la industria salmonera chilena enfrentó por primera vez las consecuencias de una baja regulación por parte de la autoridad sectorial (Barton & Fløysand, 2010; Tecklin, 2016), debido principalmente a la alta densidad de carga en los cultivos y el poco distanciamiento entre las unidades productivas, generando efectos diferenciados a nivel de firma. En base a estos antecedentes, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo se adaptó la industria salmonera en términos de la concentración por especie producida y país de destino de las exportaciones? y ¿Qué efectos tuvo esto sobre el empleo directo en el corto y largo plazo del sector? La hipótesis planteada a partir de estas preguntas se estudia sobre la base de la heterogeneidad observada entre las firmas (**Anexo 1**), y los efectos diferenciados observados en la generación de empleo directo en el sector post ISAv. Lo anterior, debido a que existe una diferenciación de los productos exportados según país de destino. Para el caso, los principales productos exportados a Estados Unidos fueron fresco refrigerados y conservas (**Figura 1\_izq.**), los

cuales utilizan proporcionalmente la mayor cantidad de empleo generado por la industria (**Figura 1\_der.**). Por su parte, a Japón se exporta principalmente congelados y aceite, líneas de procesamiento que requieren menor cantidad de mano de obra en su proceso productivo. Así, los distintos mercados de destino a donde las empresas exporten sus productos van a generar efectos diferenciados sobre el empleo.

**Figura 1.** Proporción de los productos exportados por país de destino (**izq.**) y Proporción del empleo generado por línea de proceso (**der.**).



**Fuente:** Elaboración Propia, en base a datos del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) provenientes del Servicio Nacional de Aduanas (ADUANA).

La metodología del estudio consistió en estimar, para el período enero de 2004 a diciembre de 2014, a través de un panel no estacionario (Hall y Urga, 1998; Baltagi y Kao, 2000 y Phillips y Moon, 2000), el cual admite un Modelo de Corrección de Errores (VEC) (Engle y Granger, 1987), para identificar cointegración y descartar regresiones espurias (Granger y Newbold, 1974), los efectos en la generación de empleo considerando firmas heterogéneas y niveles de concentración, según las especies producidas, y los países de destino de las exportaciones, siendo esto último lo novedoso para la literatura económica. Por lo que el aporte de este estudio, es la construcción de índices de concentración<sup>1</sup>, por especie producida (HHI\_especie) y país de destino de las exportaciones (HHI\_destino), para incorporarlos como controles en las estimaciones y hacerlos interactuar con otras variables de interés, lo cual no se ha considerado en la literatura revisada. Esto último permite estimar como los cambios en los niveles de concentración de las firmas pueden afectar a la

<sup>1</sup> El Índice de Herfindahl o Índice de Herfindahl e Hirschman (IHH) es una medida, empleada en economía, que informa sobre la concentración económica de un mercado. O, inversamente, la medida de falta de competencia en un sistema económico. Para el caso de este estudio, un índice alto representa a una empresa muy concentrada, si es por especie (HHI\_especie), quiere decir que produce poca variedad de especies, y si es por país de destino (HHI\_destino), quiere decir que exporta a uno o a pocos países sus productos. En la literatura se puede encontrar este indicador bajo nombres como Índice de Hirschman, o Índice de Herfindahl, debido a lo confuso de su origen; no obstante, el propio Hirschman procuró dejar esto en claro en una nota publicada en *The American Economic Review* donde aclara que el indicador fue creado por él en 1945 y reinventado por Herfindahl en 1950, a partir de lo cual se popularizó.

generación de empleo en una industria con alta importancia regional. Además, es primera vez que se utiliza una base de micro datos del sector salmoniculor, disponible por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), para analizar el efecto de las exportaciones en la generación de empleo del sector, considerando la heterogeneidad de cada firma. Otra novedad es la aplicación de los resultados del modelo en un ejercicio de política, en el que se estima el efecto de largo plazo de la presencia del ISAv en la industria salmonera.

Este estudio se organiza como sigue: En la sección dos se revisa la literatura relacionada a las empresas heterogéneas y el comercio internacional, su relación entre niveles de exportaciones y empleo generado, metodologías y sus principales resultados. La sección tres describe la metodología, las series de datos, y el modelo utilizado en este estudio. La sección cuatro presenta los resultados del modelo y los posibles canales de transmisión identificados. Además, como ejercicios de política, se estiman los efectos de largo plazo de la presencia del ISAv en el empleo de la industria salmonera. La sección cinco presenta las principales conclusiones del estudio, mientras que, la sección seis propone futuras líneas de investigación. Finalmente, las secciones siete y ocho, presentan las referencias bibliográficas y los anexos, respectivamente.

## **2. Literatura relacionada**

En cuanto a la teoría económica del comercio internacional, a mediados de la década de 1990, la creciente disponibilidad de datos a nivel de empresa mostró que los modelos clásicos de comercio internacional (Ricardo, 1817; Heckscher, 1919; Ohlin, 1933) y la nueva teoría del comercio (Krugman, 1980; Helpman, 1984; Helpman y Krugman, 1985) tenía serias limitaciones para explicar el comportamiento de las empresas individuales en los mercados internacionales. Si bien estos modelos de comercio incorporaron elementos apropiados para describir algunos hechos estilizados del comercio internacional (ventajas comparativas, especialización, competencia imperfecta y economías de escala), resultaron inadecuados para explicar una variedad de hallazgos empíricos que surgieron en la década de 1990 a partir de nuevos conjuntos de datos a nivel de empresas. (Helpman, 2011). En este sentido, la investigación en comercio internacional ha cambiado drásticamente en los últimos quince años, ya que su enfoque se ha desplazado de industrias y países a empresas y productos. Esta transformación fue motivada por la aparición de una amplia gama de "micro" conjuntos de datos que mostraban una gran variación en los resultados y atributos de las empresas, incluso dentro de industrias limitadas. Los modelos desarrollados como reacción a este desafío racionalizan tanto esta heterogeneidad como una nueva visión de las formas en que las economías



responden al comercio internacional (Serrano & Myro, 2020). Por ejemplo, la conocida relación de la ecuación de gravedad entre el comercio agregado y la distancia se explica en gran medida por el margen extensivo del número de empresas y productos heterogéneos que participan en el comercio en lugar del margen intensivo de la cantidad negociada por empresa y producto. Por lo tanto, la literatura reciente sobre comercio internacional se ha centrado principalmente en el papel de la heterogeneidad de las empresas en los mercados internacionales (Serrano & Myro, 2020).

Hasta finales de la década de 1990, las principales explicaciones teóricas de los efectos en la generación de empleo a partir de las exportaciones han estado dominadas por los modelos de ventaja comparativa de Ricardo y Heckscher-Ohlin-Samuelson (Bernard et al. 2007). Más recientemente, la atención se centra en las nuevas teorías que se orientaron en el comercio en un marco de empresas heterogéneas y la negociación, el intercambio de tareas, las fricciones en el mercado laboral y los contratos incompletos (Melitz, 2003; Egger y Kreickemeier, 2009; Davis y Harrigan, 2007; y Helpman, Isthokhi y Redding, 2010). En este sentido, el modelo de Bernard, Redding y Schott (2007) consta de dos países, dos factores y dos industrias, cada una de ellas constituida por varias empresas; cada empresa, a su vez, produce una variedad de producto diferenciada del resto. La liberalización del comercio revela el éxito de las empresas con mayor productividad y la ampliación de las ventajas comparativas, con el consiguiente incremento del bienestar.

Considerando la literatura disponible, para estimar la relación entre exportaciones y empleo, se ha utilizado la función de demanda de mano de obra derivada sugerida por Currie y Harrison (1997), Milner y Wright (1998) y Greenway, Hine y Wright (1999). Posteriormente Serti y Tomasi (2008), incorporan elementos adicionales para estudiar los efectos en el empleo según los mercados a los que se dirigen las exportaciones. En este sentido, Currie y Harrison (1997), examinaron el impacto de las reformas comerciales en Marruecos en los años setenta y ochenta. Los resultados mostraron que, aunque el empleo en la empresa manufacturera promedio del sector privado no se vio afectado, hubo pérdidas significativas de empleo en las empresas exportadoras siendo estas las más afectadas. De hecho, las empresas estatales aumentaron el empleo mediante la contratación de trabajadores temporales mal pagados y muchas empresas no ajustaron los salarios ni el empleo. Por su parte, Milner y Wright (1998), investigaron el impacto del comercio internacional en los resultados de empleo a nivel industrial para una muestra de 167 industrias manufactureras en el Reino Unido. Los autores se basaron en una ecuación de demanda laboral dinámica e incorporan importaciones y exportaciones en un marco de panel de 1979-1991. Encontraron que los aumentos en los volúmenes de comercio, tanto en términos de importaciones como de exportaciones, causan reducciones en el nivel de la demanda laboral derivada. Este resultado es consistente con la opinión

de que una mayor apertura sirve para aumentar la eficiencia con la que se utiliza la mano de obra dentro de la empresa. Sin embargo, los resultados encontraron evidencia limitada de que el potencial de sustitución de trabajadores domésticos por trabajadores extranjeros aumenta la elasticidad salarial de la función de demanda laboral derivada. Además, contrariamente a la visión populista, los efectos disciplinarios del comercio con el este de Asia y Japón parecieron ser menos marcados que los asociados con las importaciones de la UE. A su vez, Greenway, Hine y Wright (1999), investigaron las respuestas del mercado laboral a la liberalización comercial en un país en vías de industrialización. Las respuestas a corto y largo plazo del empleo y los salarios se examinan utilizando un modelo de comercio de factores específico, que sustenta el trabajo empírico. Las ecuaciones de empleo y salarios se estimaron utilizando técnicas de panel dinámico para los sectores importables y exportables y para un período que cubre los regímenes anteriores y posteriores a la liberalización. La prueba empírica encuentra algún apoyo para las predicciones teóricas de respuestas diferenciales entre sectores. Sin embargo, los aumentos en la participación femenina parecen haber amortiguado las cargas de ajuste de la liberalización sobre los bienes importables. Finalmente, Serti y Tomasi (2008), plantean la siguiente pregunta: ¿Cómo se ven influenciados los resultados de las empresas por las características específicas de los mercados a los que se dirigen las exportaciones y de donde se originan las importaciones? Usando una rica base de datos sobre empresas manufactureras italianas, este trabajo agrega nueva evidencia sobre la relación entre el estatus comercial y las características de la empresa. Primero, al explotar la información a nivel de empresa sobre el destino de las exportaciones y el origen de las importaciones, observaron la heterogeneidad entre las empresas que comercian con diferentes tipos de mercados. Los autores mostraron que los diferentes destinos de las exportaciones y los diferentes orígenes de las importaciones se corresponden con características distintivas de las empresas. Luego, se observó que las empresas que exportan e importan desde países de altos ingresos enfrentan costos irrecuperables más altos que aquellas que comercian con mercados menos desarrollados e investigaron las fuentes subyacentes de estas diferencias *ex ante* al observar cómo las características de los países, como la población, el tipo de cambio, la productividad y la distancia, pueden afectar el desempeño de las empresas.

En resumen, siguiendo la práctica estándar en la literatura revisada y principalmente para el mundo en desarrollo, la ecuación de demanda laboral derivada se obtiene de una función de producción Cobb-Douglas (Söderbom y Teal, 2004; Mengistae y Pattillo (2004); Bigsten et al., 2000; Bigsten et al., 2004). En donde, la especificación empírica de esta función según los artículos descritos, requiere de las unidades de mano de obra utilizadas por la firma  $i$  en el tiempo  $t$ , las

exportaciones o importaciones de la empresa  $i$  en el tiempo  $t$ , la productividad de la empresa  $i$  en el tiempo  $t$  y un conjunto de variables de control que incluyan características propias de la industria o sector productivo en estudio. En este sentido, los mismos autores han propuesto varios métodos de estimación para el modelo empírico descrito, con el fin de tratar problemas econométricos probables tales como sesgo, estimaciones inconsistentes, efectos de heterogeneidad y endogeneidad (Currie y Harrison, 1997; Milner y Wright, 1998; y Greenway, Hine y Wright, 1999).

### 3. Modelo empírico

En esta tesis, los potenciales desafíos econométricos se tratarán mediante un análisis de panel no estacionario (Hall y Urga, 1998; Baltagi y Kao, 2000 y Phillips y Moon, 2000), el cual admite un Modelo de Corrección de Errores (VEC) (Engle y Granger, 1987), para identificar cointegración y descartar regresiones espurias (Granger y Newbold, 1974), el procedimiento utilizado para la estimación fue el planteado por Hendry y Richard (1982). A continuación, se describen las especificaciones propuestas:

**Etapla 1**, modelo de largo plazo:

$$\ln(N_{i,t}) = \beta_i + \beta_i \ln(\text{Exp}_{i,t}) + \gamma_i \text{ISAv}_t + \eta_i X'_{i,t} + \theta_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

**Etapla 2**, modelo de corto plazo:

$$\begin{aligned} \Delta \ln(N_{i,t}) = & \delta_i + \sum_{j=1}^h \alpha_j \Delta \ln(N_{i,t-j}) + \sum_{j=0}^k \beta_j \Delta \ln(\text{Exp}_{i,t-j}) \\ & + \rho [\ln(N_{i,t-1}) - \hat{\beta}_i - \hat{\beta}_i \ln(\text{Exp}_{i,t-1}) - \hat{\gamma}_i \Delta \text{ISAv}_{t-1} - \hat{\eta}_i \Delta X'_{i,t-1} - \hat{\theta}_i] + u_{i,t} \end{aligned} \quad (2)$$

Donde  $N_{it}$  son las unidades de mano de obra utilizadas por la empresa  $i$ , en ambas etapas, en el tiempo  $t$ ,  $\text{Exp}_{i,t}$  son las exportaciones de la empresa  $i$ , en el tiempo  $t$ ,  $\text{ISAv}_t$  es una variable dummy que representa la presencia del ISAv en la industria salmonera en el tiempo  $t$  ( $\text{ISAv}_t = 1$ , entre julio del 2007 a julio del 2013, y 0 en otro período de tiempo),  $X'_{i,t}$  son un conjunto de controles por empresa  $i$  en el tiempo  $t$  que incluyen: índice de concentración según especie producida y país de destino de las exportaciones, tamaño de las empresas según el volumen de exportación, productividad media del trabajo en las plantas de proceso y las respectivas interacciones entre estas

variables y las exportaciones de las empresas, su tamaño y la presencia del ISAv en la industria,  $\theta_i$  es un efecto fijo por firma  $i$  para capturar las características propias de cada empresa. Para todos los casos  $j$  representa el número de rezagos que se utilizarán en la estimación para eliminar problemas de endogeneidad en las estimaciones.

Los datos contemplaron series mensuales desde enero del 2004 hasta diciembre del 2014. Las series de cosechas de los centros de cultivo y la producción de las plantas de proceso, se obtuvieron del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA), Institución Gubernamental encargada de la fiscalización de las medidas de administración en el sector pesquero y acuícola en Chile. Por su parte, las series de empleo se obtuvieron del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Como variable a analizar se utilizó el empleo directo generado en el sector salmonicultor chileno, tanto en la etapa de cultivo como en la etapa de procesamiento, esta variable expresada como el número de personas contratadas directamente por las empresas salmoneras consideradas en el estudio.

Se trabajó con un panel largo ( $T > N$ ), el cual consideró a las 18 empresas más importantes en términos de volúmenes de exportación y generación de empleo, disponiendo de información a nivel de empresa para todas las variables consideradas en el análisis en las respectivas etapas de producción (cultivo y procesamiento). En este sentido, este estudio analiza la relación entre el empleo total generado en el sector salmonicultor y los volúmenes de exportación de salmónidos, según especie y país de destino de las exportaciones, incluyendo controles como la productividad media del trabajo en la etapa de procesamiento, el tamaño de las empresas y los Índices de Herfindhal Hirschman (HHI) según las especies exportadas y los países de destino de las exportaciones (**Anexo 2**). Para las series de exportaciones, la fuente principal fue el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) con datos provenientes del Servicio Nacional de Aduanas (ADUANA). De los datos, se puede observar que para el caso de las exportaciones totales y los índices de concentración (especie y país de destino), existe una mayor variación al interior de cada empresa en el tiempo (within) que entre las empresas (between), distinto es el caso para el empleo total y la productividad media del trabajo en las plantas de proceso, en donde la mayor variabilidad estuvo entre las empresas (between) (**Tabla 1**).

Para dar cuenta de la crisis sanitaria provocada por el ISAv, se creó una variable dummy para el período entre julio de 2007, fecha cuando se identificó el primer caso del virus en un centro de cultivo en la Región de Los Lagos<sup>2</sup> y julio del 2013, cuando ya la emergencia sanitaria estaba controlada y se disponía de los protocolos de acción correspondientes, generados por la autoridad

---

<sup>2</sup> <http://www.sernapesca.cl/programas/programa-sanitario-especifico-de-vigilancia-y-control-anemia-infecciosa-del-salmon>

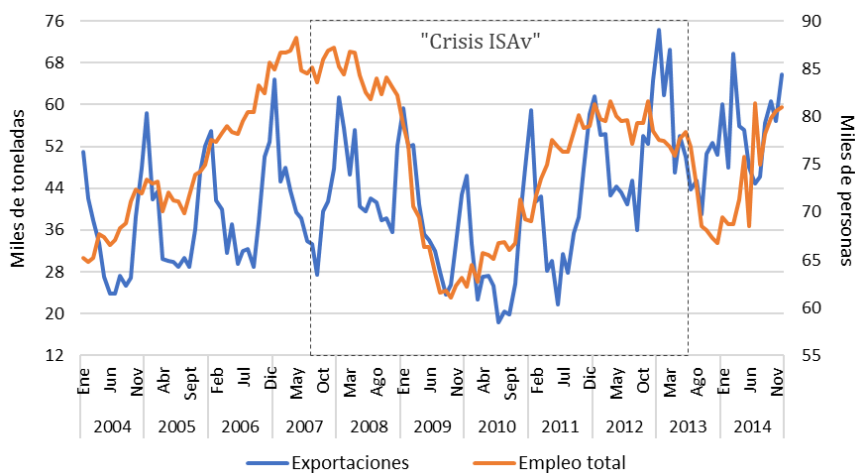
sectorial (SNPA). Lo anterior, para capturar durante este período la disminución de los volúmenes de exportación y del empleo en el sector salmonicultor (**Figura 2**).

**Tabla 1.** Desviación estándar entre y dentro de las empresas salmoneras consideradas.

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observations	
ln_emp~t	overall	6.32211	1.87374	.6931472	10.82164	N = 2256
	between		1.794244	2.63592	8.219428	n = 18
	within		.8537816	3.94435	9.091274	T-bar = 125.333
ln_exp~t	overall	6.83596	.9310223	2.821558	9.014609	N = 2109
	between		.5280932	5.967987	7.810578	n = 18
	within		.7760659	3.080998	8.926702	T-bar = 117.167
ln_HHI~e	overall	8.898265	.3038204	8.112383	9.21034	N = 2073
	between		.1183202	8.609976	9.056747	n = 18
	within		.279323	8.05468	9.498629	T-bar = 115.167
ln_HHI~o	overall	8.454651	.3647512	7.834287	9.21034	N = 2109
	between		.2161455	8.128559	9.015982	n = 18
	within		.3041973	7.658219	9.364647	T-bar = 117.167
ln_PMeL~	overall	.2829359	1.740252	-5.473191	4.670224	N = 1677
	between		1.62178	-1.486212	3.832148	n = 15
	within		.9718313	-3.704043	3.217467	T-bar = 111.8

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 2:** Volumen de exportación y empleo en el sector salmonicultor, 2004-2014.

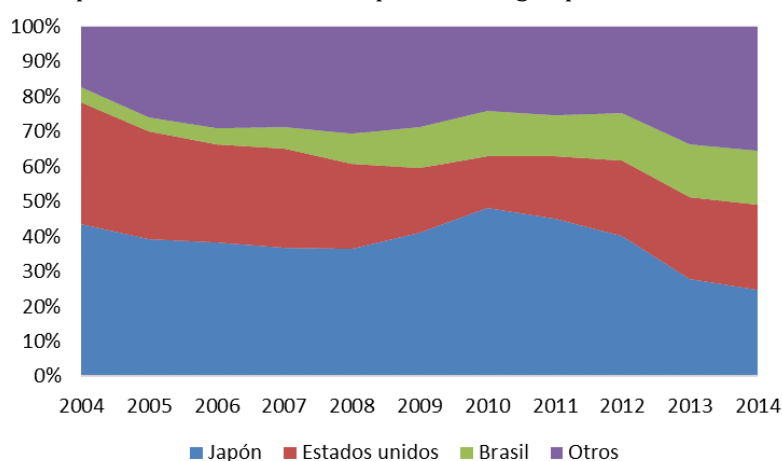


**Fuente:** Elaboración Propia en base a datos de IFOP provenientes de ADUANA y datos del SNPA.

Como novedad se construyeron e incluyeron dos series de índices de concentración (Herfindhal Hirschman) de las empresas productoras y exportadoras de salmónidos para el período de estudio. Los índices utilizaron los volúmenes de exportación por especie (salmón del Atlántico,

salmón del Pacífico y trucha arcoíris) y por país de destino (Estados Unidos, Japón, Brasil y otros), esto último debido a que los tres principales países señalados concentran en promedio aproximadamente el 72% de las exportaciones de salmónidos (**Figura 3**). El primer índice (HHI\_especie) consideró la ponderación de los volúmenes de exportación por especie producida (salmón del Atlántico, salmón del Pacífico y trucha arcoíris) para cada empresa del panel de datos. El segundo índice de concentración (HHI\_destino) consideró la ponderación de los volúmenes de exportación por país de destino (Estados Unidos, Japón, Brasil y otros). La dispersión de los índices respecto a su media, pre y post ISAv, se presenta en la **Tabla 2**, en ella se observa que las empresas salmoneras se concentraron más por especie producida en el período post ISAv, lo cual puede estar explicado en parte por la rentabilidad otorgada según la especie que produzcan; en cambio, para el mismo período de tiempo, diversificaron más por país de destino, lo cual se puede explicar por el incentivo a disminuir el riesgo asociado de exportar a un solo país. Para conocer la evolución de estos índices en el tiempo se consideró como base al mes de enero del 2004 (100=2004m1) (**Anexo 3**).

**Figura 3:** Proporción del volumen de exportación según país de destino, 2004-2014.



**Fuente:** Elaboración Propia en base a datos de IFOP provenientes de ADUANA.

**Tabla 2.** Índice de concentración por especie (HHI\_especie) y país de destino (HHI\_destino), pre y post ISAv.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	CV (%)	Min	Max
HHI especie (pre-ISAv)	517	<b>6755.3</b>	1926.0	<b>28.5%</b>	3335.5	10000
HHI especie (post-ISAv)	261	<b>8226.2</b>	2111.8	<b>25.7%</b>	3339.5	10000
HHI destino (pre-ISAv)	517	<b>5065.1</b>	1755.2	<b>34.6%</b>	2598.6	10000
HHI destino (post-ISAv)	261	<b>4430.3</b>	1770.1	<b>39.9%</b>	2542.8	10000

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4. Resultados

La **Tabla 3** reporta los resultados de las estimaciones del modelo de largo plazo, con y sin controles, pre y post ISAv. Como podemos observar, el empleo es relativamente inelástico a las variaciones en el volumen de exportaciones (en el **Anexo 4** se presentan los gráficos a nivel agregado y por firma), un resultado robusto si consideramos o no la presencia del ISAv que afectó a la industria. Además, el efecto del ISAv en la generación de empleo fue tanto en nivel, como en la pendiente del modelo.

**Tabla 3.** Modelos de largo plazo agregados.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	ln(N)	ln(N)	ln(N)	ln(N)	ln(N)	ln(N)	ln(N)
						pre-ISAv	post-ISAv
ln(Exp)	0.35*** (0.02)	0.33*** (0.02)	0.36*** (0.02)	0.30*** (0.02)	0.33*** (0.02)	0.29*** (0.05)	0.14*** (0.03)
ISAv		-0.24*** (0.03)		-0.26** (0.09)	-0.28*** (0.04)		
ln(Exp)*ISAv			-0.03*** (0.00)				
HHI_especie*ISAv <i>Por cada mil del HHI</i>				-0.032*** (0.00)			
HHI_destino*ISAv <i>Por cada mil del HHI</i>				-0.051*** (0.00)			
Tamaño*ISAv					-0.18*** (0.05)		
_cons	4.22*** (0.14)	4.47*** (0.14)	4.31*** (0.14)	4.69*** (0.15)	4.49*** (0.14)	5.26*** (0.32)	5.48*** (0.19)
N	2035	2035	2035	2035	2035	525	289
adj. R <sup>2</sup>	0.121	0.143	0.143	0.157	0.144	0.046	0.041
AIC	4413.95	4363.15	4362.94	4331.28	4362.85	955.73	85.42
BIC	4425.19	4380.00	4379.79	4359.37	4385.33	964.26	92.76

*Standard errors in parentheses*  
\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

**Fuente:** Elaboración propia.

Cabe destacar, que durante la presencia del ISAv, por cada 1.000 puntos de aumento en el índice de concentración por especie (HHI\_especie), en promedio y dejando lo demás constante, el empleo disminuyó en un 3,2%. Si el aumento de 1.000 puntos ahora lo consideramos en el índice de concentración por destino (HHI\_destino), la caída en la generación de empleo se acentuó llegando a un 5,1% (**Tabla 3**). De la tabla anterior, se observa también que durante la presencia del ISAv, las

empresas más grandes, con un volumen de exportación durante todo el período de análisis mayor a 135.742 (t.), en promedio y dejando lo demás constante, generaron un 18% menos empleo que las empresas más pequeñas, confirmando un efecto diferenciado según el tamaño de la firma. Finalmente, el volumen de exportación a nivel agregado post-ISA<sub>v</sub>, se tornó relativamente menos intensivo en trabajo. En términos agregados, disminuyó prácticamente en la mitad, esto se pudo confirmar mediante el ratio exportaciones – empleo (Exp/N), el cual muestra un aumento en promedio entre los dos instantes de análisis (**Tabla 4**), permitiéndonos identificar la menor demanda relativa de trabajo post ISA<sub>v</sub>, señal también de un incremento en la intensidad relativa del capital en la industria.

**Tabla 4.** Ratio exportaciones – empleo (Exp/N) pre y post ISA<sub>v</sub>.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Exp/N (pre-ISA <sub>v</sub> )	525	<b>2.39</b>	8.75	0.01	102.58
Exp/N (post-ISA <sub>v</sub> )	289	<b>8.58</b>	17.12	0.05	98.92

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** Modelos de largo plazo por país de destino.

	(1) ln(N)	(2) ln(N)	(3) ln(N) pre-ISA <sub>v</sub>	(4) ln(N) post-ISA <sub>v</sub>
ln(Exp-usa)	0.16*** (0.02)	0.15*** (0.02)	0.13** (0.05)	0.39*** (0.05)
ln(Exp-japón)	0.12*** (0.02)	0.11*** (0.02)	0.15*** (0.03)	0.10*** (0.02)
ln(Exp-brasil)	0.04 (0.02)	0.06** (0.02)	0.14*** (0.04)	0.05 (0.04)
ISA <sub>v</sub>		-0.32*** (0.04)		
ln(PMeL <sub>p</sub> )			-0.41*** (0.04)	-0.19** (0.06)
_cons	5.24*** (0.18)	5.41*** (0.17)	5.38*** (0.34)	4.42*** (0.32)
<i>N</i>	1040	1040	263	118
adj. <i>R</i> <sup>2</sup>	0.075	0.126	0.275	0.422
<i>AIC</i>	2017.59	1959.99	381.71	14.79
<i>BIC</i>	2037.38	1984.72	399.58	28.64

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.



Si desagregamos las exportaciones según el país de destino (**Tabla 5**), se confirma la baja elasticidad del empleo, manteniendo la robustez de los resultados, pero ahora podemos apreciar además que las exportaciones enviadas a Estados Unidos son relativamente más intensivas en trabajo con respecto a las enviadas a Japón y/o Brasil. Esto se intensificó, en el período de análisis post-ISA. El resultado anterior, se explica por la intensidad relativa de uso del trabajo en el procesamiento del volumen exportado por parte de Estados Unidos, confirmando la hipótesis planteada y fundamentada en el apartado de introducción (**Figura 1**).

Para continuar explicando la dinámica de largo plazo entre el empleo y las exportaciones en el sector salmicultor se agregaron diversos controles (**Tabla 6**), específicamente orientados a conocer el nivel de concentración de las exportaciones según especie (HHI\_especie) y país de destino (HHI\_destino) y los niveles de productividad de las firmas (PMeL\_p), la correlación entre las variables utilizadas se presenta en el **Anexo 5**.

**Tabla 6.** Modelos de largo plazo agregado con controles.

	(1)	(2)
	ln(N)	ln(N)
ln(Exp)	3.14*** (0.42)	2.89*** (0.37)
ISA	0.83*** (0.25)	0.75** (0.23)
ln(Exp)*ISA	-0.14*** (0.04)	-0.13*** (0.03)
ln(Exp)*ln(HHI_especie)	-0.02** (0.01)	
ln(HHI_destino)	1.54*** (0.34)	1.45*** (0.29)
ln(Exp)*ln(HHI_destino)	-0.28*** (0.05)	-0.27*** (0.04)
ln(Exp)*ln(PMeL_p)	-0.07*** (0.00)	-0.07*** (0.00)
_cons	-9.73*** (2.89)	-9.01*** (2.47)
<i>N</i>	1466	1496
adj. <i>R</i> <sup>2</sup>	0.472	0.486
<i>AIC</i>	2439.36	2477.64
<i>BIC</i>	2481.69	2514.82

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

**Fuente:** Elaboración propia.

De lo anterior, se obtiene el siguiente modelo de largo plazo:

$$\begin{aligned} \ln(\widehat{N}_{i,t}) = & -9.73 + 3.14\ln(\text{Exp}_{i,t}) + 0.83\text{ISAv}_t - 0.14[\ln(\text{Exp}_{i,t}) * \text{ISAv}_t] \\ & - 0.02 \left[ \ln(\text{Exp}_{i,t}) * \ln(\text{HHI}_{\text{especie}_{i,t}}) \right] + 1.54\ln(\text{HHI}_{\text{destino}_{i,t}}) \\ & - 0.28 \left[ \ln(\text{Exp}_{i,t}) * \ln(\text{HHI}_{\text{destino}_{i,t}}) \right] - 0.07[\ln(\text{Exp}_{i,t}) * \ln(\text{PMeL}_{p_{i,t}})] \end{aligned} \quad (3)$$

**Donde:**

$\text{HHI}_{\text{especie}_{it}}$  = Índice de concentración de Herfindhal Hirschman de las especies exportadas por la empresa  $i$  en el período  $t$ .

$\text{HHI}_{\text{destino}_{it}}$  = Índice de concentración de Herfindhal Hirschman de los destinos de las exportaciones de la empresa  $i$  en el período  $t$ .

$\text{PMeL}_{pit}$  = Productividad media del trabajo en las plantas de proceso de la empresa  $i$  en el período  $t$ .

En la **Tabla 7**, se presentan las elasticidades obtenidas a partir del modelo de largo plazo, para esto, los estimadores fueron evaluados en la media de las respectivas variables, en el **Anexo 6** se describe el cálculo correspondiente.

**Tabla 7.** Elasticidades de largo plazo.

Elasticidades	Sin ISAv	Con ISAv	Según especie	Según destino	Todo el período
Empleo - exportaciones	0.561	0.421			
Empleo - concentración			-0.164	-0.359	
Empleo - productividad					-0.451

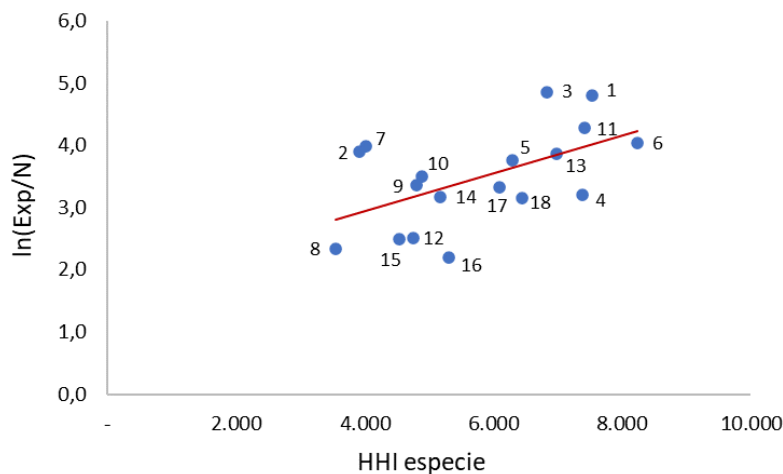
**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla anterior, se observa que en el período sin ISAv una disminución (aumento) del 1% en el volumen de exportación, generó una caída (incremento) en promedio y dejando lo demás constante del 0,56% en el empleo del sector. Si ahora consideramos el período con ISAv, la elasticidad disminuye, esto se explica debido a que varios trabajadores destinados a la producción se mantuvieron apoyando el proceso de retiro de mortalidades.

Por su parte, ambas elasticidades empleo - concentración resultaron ser negativas, esto es importante a destacar, debido a que se obtiene evidencia robusta de que el aumento en la concentración por especie y/o país de destino, disminuye la demanda de mano de obra en la

industria salmonera. En este sentido, un aumento del 1% en la concentración de la especie producida y exportada, generó una caída del 0,16% en el empleo del sector. Esto se explica por la sobre especialización de la mano de obra según la especie de interés, lo cual conlleva a una menor demanda de trabajadores, haciendo relativamente menos intensivas en trabajo a las empresas más concentradas. La **Figura 4**, muestra una relación directa entre el índice de HHI según especie y el ratio (Exp/N), confirmando lo anteriormente descrito. Además, se identificó que post-ISA v, las empresas se concentraron más en relación a las especies producidas (**Tabla 2**). Lo anterior se explica principalmente, por la eficiencia productiva que conlleva el producir solo una especie, debido a la diferente duración en los ciclos productivos, la especialización de la mano de obra según la especie procesada y su rentabilidad, esto en línea con lo descrito por Bustos-Gallardo & Irarrázaval (2016).

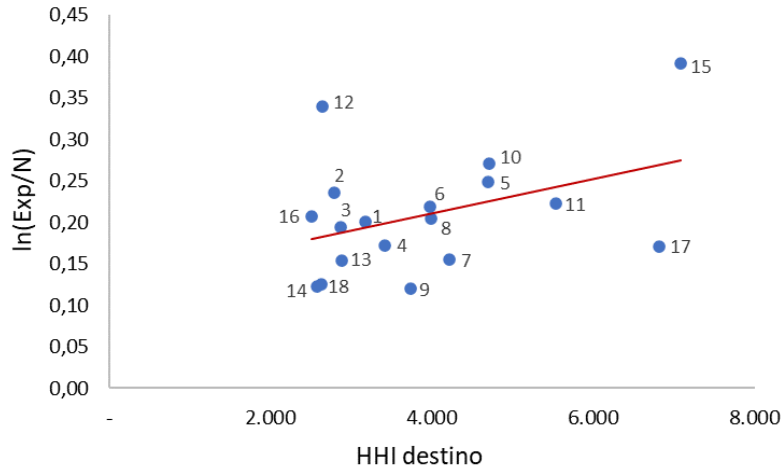
**Figura 4:** Relación entre el índice de HHI según especie y el ratio (Exp/N) por empresa.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Por otro lado, un aumento del 1% en la concentración de los países de destino de las exportaciones, generó una caída aproximada del 0,36% en el empleo del sector. Esto se explica por la sobre especialización de la mano de obra según los formatos del producto exportado, lo cual también conlleva a una menor demanda de trabajadores, haciendo relativamente menos intensivas en trabajo a las empresas más concentradas. En este sentido, la **Figura 5**, muestra una relación directa entre el índice de HHI según país de destino y el ratio (Exp/N), confirmando lo anteriormente descrito. A diferencia de la elasticidad por especie, se identificó que las empresas post-ISA v diversificaron más en relación a los países de destino de las exportaciones (**Tabla 2**). Esto principalmente, para eliminar el riesgo de tener pocos compradores en el mercado, haciendo a las empresas menos vulnerables a cualquier shock en el comercio internacional.

**Figura 5:** Relación entre el índice de HHI según país de destino y el ratio (Exp/N) por empresa.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Finalmente, de la **Tabla 7**, se observa también que, un aumento del 1% en la productividad media de la mano de obra en las plantas de proceso, generó una caída del 0,45% en el empleo del sector. Esto se explica por la capacitación y experiencia que adquieren los trabajadores, lo cual les permite producir más en menos tiempo, conllevando a una menor demanda de trabajadores.

Para evaluar formalmente que la relación entre las series no estacionarias de empleo y exportaciones no es espuria, se estimaron modelos de corto plazo anidados alternativos a nivel de empresas y a nivel de panel, de estas últimas estimaciones se seleccionó el modelo presentado en la **Tabla 8**. El término de corrección de errores es estadísticamente significativo ( $\rho = -0,12$ , con un test t de  $-7,35$ ), confirmando cointegración entre las series de empleo y exportaciones. Además, en el **Anexo 7**, se presentan las pruebas de Kao (1999), Pedroni (1999, 2004) y Westerlund (2007), las cuales confirman cointegración entre las series de interés para todas las empresas consideradas en el panel de datos. La interpretación del término de corrección de error es que un 12% de la desviación se corrige en un período o en un mes hacia adelante. Finalmente, su representación de correcciones de errores es:

$$\begin{aligned}
 \Delta \widehat{\ln(N_{i,t})} = & 0.45 - 0.20\Delta \ln(N_{i,t-1}) - 0.12\Delta \ln(N_{i,t-2}) - 0.10\Delta \ln(N_{i,t-3}) - 0.14\Delta \ln(N_{i,t-4}) \\
 & - 0.11\Delta \ln(N_{i,t-5}) - 0.09\Delta \ln(N_{i,t-6}) - 0.09\Delta \ln(N_{i,t-8}) + 0.14\Delta \ln(N_{i,t-12}) \\
 & + 0.13\Delta \ln(\text{Exp}_{i,t}) + 0.06\Delta \ln(\text{Exp}_{i,t-11}) + 0.08\Delta \ln(\text{Exp}_{i,t-12}) \\
 & - 0.12\ln(N_{i,t-1}) + 0.0072\ln(\text{Exp}_{i,t-1}) - 0.0072\text{ISAv}_{t-1}
 \end{aligned} \tag{4}$$

**Tabla 8.** Modelo de corto plazo.

	(1) D.ln(N)	(2) D.ln(N)
LD. ln(N)	-0.23*** (0.03)	-0.20*** (0.03)
L2D. ln(N)	-0.16*** (0.03)	-0.12*** (0.03)
L3D. ln(N)	-0.12*** (0.03)	-0.10*** (0.03)
L4D. ln(N)	-0.15*** (0.03)	-0.14*** (0.03)
L5D. ln(N)	-0.11*** (0.03)	-0.11*** (0.03)
L6D. ln(N)	-0.09*** (0.03)	-0.09*** (0.02)
L8D. ln(N)	-0.09*** (0.03)	-0.09*** (0.02)
L12D. ln(N)	0.14*** (0.03)	0.14*** (0.02)
D. ln(Exp)	0.17*** (0.02)	0.13*** (0.02)
L11D. ln(Exp)	0.06** (0.02)	0.06*** (0.02)
L12D. ln(Exp)	0.07*** (0.02)	0.08*** (0.02)
L. ln(N)	-0.12*** (0.02)	-0.12*** (0.02)
L. ln(Exp)	0.44 (0.34)	0.06*** (0.02)
L. ISAv	-0.08 (0.20)	-0.06** (0.02)
L. ln(Exp)*ISAv	0.00 (0.03)	
L. ln(Exp)*ln(HHI_especie)	-0.01 (0.01)	
L. ln(HHI_destino)	0.31 (0.27)	
L. ln(Exp)*ln(HHI_destino)	-0.04 (0.04)	
L. ln(Exp)*ln(PMeL_p)	-0.00 (0.00)	
_cons	-2.18 (2.28)	0.45*** (0.13)
<i>N</i>	1316	1590
adj. <i>R</i> <sup>2</sup>	0.198	0.179
<i>AIC</i>	1382.35	1515.13
<i>BIC</i>	1486.00	1595.70

Standard errors in parentheses  
\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

El trabajar con los rezagos tanto de la variable dependiente como de la variable independiente de interés (exportaciones), permite instrumentalizar la estimación y con ello proporcionar estimaciones consistentes incluso en presencia de causalidad reversa. Por lo que, se considera una buena herramienta para abordar problemas de endogeneidad causados tanto por causalidad reversa como por heterogeneidad no observada. Finalmente, todas las pruebas de validación del modelo se presentan en el **Anexo 8**.

#### 4.1. Efectos de largo plazo en la industria salmonera

En este estudio, se pudo estimar que la presencia del ISAv en la industria salmonera, generó una caída aproximada del 10% en el empleo directo del sector (**Anexo 6**), debido principalmente a la mortalidad masiva de salmónidos de la especie *Salmo salar* y el posterior cierre de unidades productivas de las empresas afectadas.

Al considerar, además, las elasticidades empleo-exportaciones pre y post ISAv, se observa una disminución en valor absoluto de la demanda de empleo por parte de la industria salmonera a nivel agregado y específicamente para Japón y Brasil (**Tabla 9**). Esto confirma lo señalado anteriormente, en relación a que Japón exporta principalmente congelados y aceite, líneas de procesamiento que requieren menor cantidad de mano de obra en su proceso productivo. Además, esto confirma que la industria salmonera se volvió más capital intensiva post ISAv, reestructurando completamente la forma de trabajo en los sistemas productivos de las empresas.

**Tabla 9.** Efectos de largo plazo en el empleo de la industria salmonera, agregado y diferenciado por país de destino de las exportaciones.

	Estados Unidos		Japón		Brasil		Agregada	
	Pre-ISAv	Post-ISAv	Pre-ISAv	Post-ISAv	Pre-ISAv	Post-ISAv	Pre-ISAv	Post-ISAv
Elasticidad N-Exp	0.13	0.39	0.15	0.10	0.14	0.05	0.29	0.14
Var (%) Exp	1.8%	2.4%	2.9%	16.9%	9.4%	2.6%	0.9%	5.5%
Var (%) N	0.2%	0.9%	0.4%	1.7%	1.3%	0.1%	0.3%	0.8%
<b>Dif. Var (%) Exp</b>	<b>0.6%</b>		<b>14.1%</b>		<b>-6.8%</b>		<b>4.6%</b>	
<b>Dif. Var (%) N</b>	<b>0.7%</b>		<b>1.3%</b>		<b>-1.2%</b>		<b>0.5%</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, en la **Tabla 9** se observa que, para el caso de las empresas que exportan hacia Estados Unidos, aunque su diferencia está en el margen, post-ISAv demandan más trabajo en sus

procesos productivos, esto se explica por la intensidad relativa de uso del trabajo en el procesamiento del volumen exportado, y como se señaló anteriormente, se debe a que los principales productos exportados a este país son fresco refrigerados y conservas.

Finalmente, la magnitud del efecto indica que, sin la presencia del ISAv, en la actualidad se habrían generado 4.420 empleo más en el sector, distribuidos en 1.241 empleos en la etapa de cultivo y 3.179 empleo adicionales en la etapa de procesamiento, mejorando la condición socioeconómica de las regiones asociadas a esta actividad productiva.

## **5. Conclusiones**

En este estudio, se confirmó una relación estable en el largo plazo (cointegración) entre el empleo del sector salmonero y los volúmenes de exportación. Se estimó que un 12% de la desviación se corrige en un período o en un mes hacia adelante.

Se obtuvo que el empleo en el sector salmonero es inelástico a las variaciones en los volúmenes de exportación. Además, a nivel agregado, post-ISAv, las empresas salmoneras en promedio se tornaron más capital intensiva. Al desagregar por país de destino, las exportaciones enviadas a Estados Unidos, son relativamente más intensivas en uso de mano de obra que las exportaciones enviadas a Japón y/o Brasil.

Otro hallazgo interesante, fue que la demanda por mano de obra disminuye en la medida que las empresas aumenten su concentración según las especies exportadas. Además, post-ISAv las empresas se concentraron más en la producción según especie, principalmente por la eficiencia productiva y rentabilidad que esto conlleva. Por su parte, también se estimó que la demanda de mano de obra disminuye en la medida que las empresas aumenten su concentración en el destino de las exportaciones. No obstante, post-ISAv las empresas aumentaron su diversificación de las exportaciones según país de destino principalmente para disminuir el riesgo externo de futuros shock en el comercio internacional. Cabe señalar, que, en ambos casos, es más inelástico el empleo a cuando disminuyen los volúmenes de exportación.

Lo anterior, da cuenta de la necesidad de incentivar a que la industria aumente su diversificación según las especies que producen y exportan y los países de destino de sus exportaciones, debido a que un aumento en la diversificación en estos dos ámbitos fomentaría un incremento en la demanda por mano de obra en la industria, aportando directamente al desarrollo regional y el bienestar de su población. Esto, se estaría considerando por parte de la autoridad de

Gobierno actual, debido a que en octubre del año 2023 se firmó un acuerdo con China<sup>3</sup> para exportar salmón Coho y truchas en formato fresco a este mercado, aumentando fuertemente el valor de las exportaciones y generando efectos positivos en la demanda de empleo regional.

Se estimó que la presencia del ISAv en la industria salmonera, generó una caída aproximada del 10% en el empleo directo del sector, lo cual estuvo estrictamente vinculado al cierre de unidades productivas por el incremento en las mortalidades de la especie afectada. En este sentido, lo novedoso fue que el efecto se diferenció por tamaño de firma, las empresas más grandes generaron un 18% menos empleo que las empresas más pequeñas. El ejercicio de política realizado en esta tesis, muestra que post-ISAv tanto a nivel agregado como para Japón y Brasil como países de destino de las exportaciones, las empresas se tornaron relativamente más intensivas en el uso del capital en los procesos productivos. Es importante destacar, que la magnitud del efecto indica que, sin la presencia del ISAv, en la actualidad se habrían generado 4.420 empleo más en el sector, distribuidos en 1.241 empleos en la etapa de cultivo y 3.179 empleo adicionales en la etapa de procesamiento, mejorando la condición socioeconómica de las regiones asociadas a esta actividad productiva.

Finalmente, los resultados del estudio muestran cuan relevante es el vínculo entre las exportaciones de salmónidos por país de destino y la generación de empleo en la industria, variable de alta importancia regional, y como un shock de comercio, en este caso sanitario, que afecto la oferta de nuestra industria, pueda cambiar los niveles de concentración por especie producida y países de destino de las exportaciones, considerando la heterogeneidad entre las principales firmas que componen el mercado.

## **6. Futuras líneas de investigación**

- I.** Un tema interesante a estudiar, es como la inversión extranjera directa en esta industria ha contribuido a mejorar la productividad de las firmas y que efectos ha tenido en la generación de empleo del sector.
- II.** Otro elemento a considerar en investigaciones futuras, es como la ubicación espacial de las unidades productivas en mar (centros de cultivo) y en tierra (plantas de proceso) para cada empresa mejora su competitividad en el comercio internacional.
- III.** Sería adecuado también estudiar a futuro, que acuerdos internacionales o medidas de administración, por parte de la autoridad sectorial, podrían incentivar a mejorar la

---

<sup>3</sup> <https://www.economia.gob.cl/2023/10/18/ministerio-de-economia-fomento-y-turismo-firmo-tres-acuerdos-con-organismos-de-la-republica-popular-china.htm>



productividad de las firmas que compiten en este mercado y posicionarlas de forma estable en los mercados internacionales.

- IV. Finalmente, incorporar el enfoque ecosistémico que mandata la Ley es fundamental, por lo que utilizar modelos bioeconómicos en el manejo del sector permitiría integrar este tipo de análisis económicos con los aspectos biológicos de la especie y sociales de la comunidad que convive con la industria.

## 7. Referencias bibliográficas

- Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D., and R. Brummett. (2017). Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture. Full document. Report ACS113536, 395.
- Asche, F., Hansen, H., Tveteras, R., and S. Tveteras. (2009). The salmon disease crisis in Chile, *Mar. Resour. Econ.* 24. 405–411.
- Asche, F., Roll, K.H., Sandvold, H.N., Sørvig, A., and D. Zhang. (2013). Salmon aquaculture: larger companies and increased production, *Aquac. Econ. Manag.* 17. 322–339.
- Asche, F., Cojocar, A.L., and M. Sikveland. (2018). Market shocks in salmon aquaculture: the impact of the Chilean disease crisis, *J. Agric. Appl. Econ.* 50. 255–269.
- Bachmann-Vargas, P., van Koppen, K., and M. Lamers. (2021). Re-framing salmon aquaculture in the aftermath of the ISA virus crisis in Chile, *Marine Policy.* 124. 104358.
- Baltagi, B., and Ch. Kao. (2000). Nonstationary Panels, Cointegration in Panels and Dynamic Panels: A Survey, Center for Policy Research Working Papers 16, Center for Policy Research, Maxwell School, Syracuse University.
- Barton, J.R., and A. Fløysand. (2010). The political ecology of Chilean salmon aquaculture, 1982-2010: a trajectory from economic development to global sustainability, *Glob. Environ. Chang.* 20. 739–752.
- Bernard, A. B., Jensen, J. B., Redding, S. J., and Schott, P. K. (2007). Firms in international trade. *The Journal of Economic Perspectives*, 21(3): 105-130.
- Bernard, A., Redding, S. and Schott, P. (2007). Comparative Advantage and Heterogeneous Firms. *Review of Economic Studies*, 74(1): 31-66.
- Bigsten, A., Collier, P., Dercon, S., Fafchamps, M., Gauthier, B., Gunning, J. W. and Soderbom, M. (2000). Exports and firm-level efficiency in African manufacturing. University of Oxford, Institute of Economics and Statistics, Centre for the Study of African Economies.

- Bigsten, A., Collier, P., Dercon, S., Fafchamps, M., Gauthier, B., Willem Gunning, J and Teal, F. (2004). Do African manufacturing firms learn from exporting? *Journal of development studies*, 40(3): 115-141.
- Brugère, C., Aguilar-Manjarrez, J., Beveridge, M.C.M., and D. Soto. (2019). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on – a critical review and consideration of its future role in blue growth, *Rev. Aquac.* 11. 493–514.
- Bustos, B. (2015). Moving on? neoliberal continuities through crisis: the case of the Chilean salmon industry and the ISA virus, *Environ. Plan. C Gov. Policy* 33. 1361–1375.
- Bustos-Gallardo, B., and F. Irarrazaval. (2016). Throwing money into the sea: capitalism as a world-ecological System. Evidence from the Chilean salmon industry crisis, 2008, *Capital. Nat. Social.* 27. 83–102.
- Bustos-Gallardo, B. (2017). The post 2008 Chilean Salmon industry: an example of an enclave economy, *Geogr. J.* 183. 152–163.
- Chávez, C., Dresdner, J., Figueroa, Y., and M. Quiroga. (2019). Main issues and challenges for sustainable development of salmon farming in Chile: a socio-economic perspective, *Rev. Aquac.* 11. 403–421.
- Currie, J., and Harrison A. (1997). Sharing the Costs: The Impact of Trade Reform on Capital and Labour in Morocco. *Journal of Labour Economics*, 15(3): 44-71.
- Davis, R., and Harrigan J. (2007). Good Jobs, Bad Jobs, and Trade Liberalization. NBER Working Paper 13139.
- Dresdner, J., and M. Estay. (2016). Biosecurity versus profits: a multiobjective model for the aquaculture industry, *J. World Aquac. Soc.* 47. 61–73.
- Egger, H., and Kreickemeier U. (2009). Firm Heterogeneity and the Labor Market Effects of Trade Liberalization. *International Economic Review* 50(1): 187–216.
- Engle, R., and Granger, C. (1987). Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55(2): 251-276.
- Godoy, M.G., Aedo, A., Kibenge, M.J.T., Groman, D.B., Yason, C.V., Grothusen, H., Lisperguer, A., Calbucura, M., Avendaño, F., Imilán, M., Jarpa, M., and F.S.B. Kibenge. (2008). First detection, isolation and molecular characterization of infectious salmon anemia virus associated with clinical disease in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Chile, *BMC Vet. Res.* 4. 1–13.
- Granger, C.W., and Newbold, P. (1974). Spurious regression in econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2): 111-120.
- Greenaway, D., Hine, R. C., and Wright, P. (1999). An empirical assessment of the impact of trade on

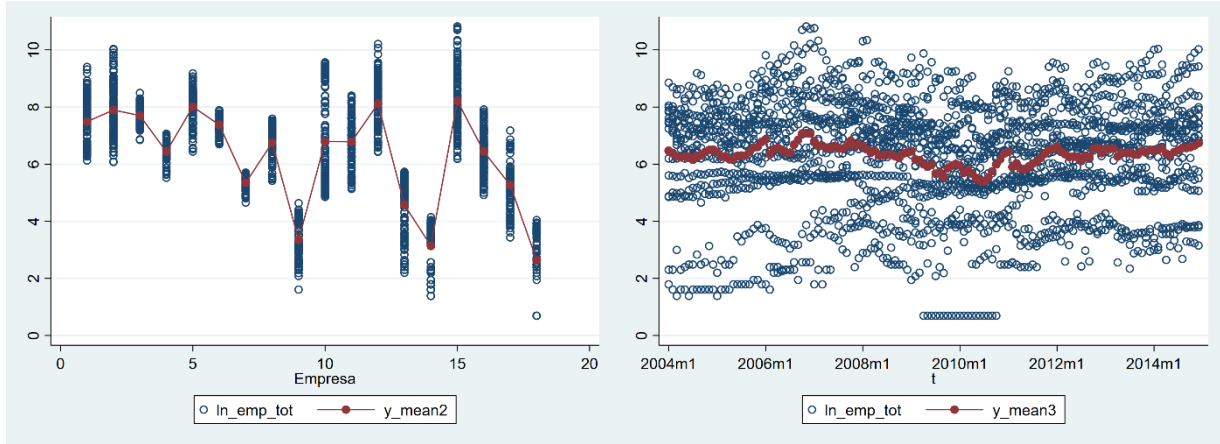
- employment in the United Kingdom. *European journal of political economy*, 15(3): 485-500.
- Hall, S. G. and Urga, G. (1998). *Stochastic Common Trends and Long-Run Relationships in Heterogenous Panels*, Centre for Economic Forecasting, London Business School.
- Heckscher, E. (1919). The effect of foreign trade on the distribution of income, *Ekonomisk Tidskrift*, Vol. 21, pp. 1-32.
- Helpman, E. (1984). A simple theory of international trade with multinational corporations, *Journal of Political Economy*, Vol. 92 No. 3, pp. 451-471.
- Helpman, E. (2011). *Understanding Global Trade*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Helpman, E. and Krugman, P. (1985). *Market Structure and Foreign Trade*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Helpman, E., Itskhoki, O., and Redding, S. (2010). Inequality and Unemployment in a Global Economy. *Econometrica*, 78(4): 1239-83.
- Hendry, D.F., and Richard, J.-F. (1982). On the formulation of empirical models in dynamic econometrics. *Journal of Econometrics*, 20(1): 3-33.
- Kao, C. (1999). Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Krugman, P. (1980). Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade, *The American Economic Review*, Vol. 70 No. 5, pp. 950-959.
- Mardones, F.O., Martinez-Lopez, B., Valdes-Donoso, P., Carpenter, T.E., and A.M. Perez. (2014). The role of fish movements and the spread of infectious salmon anemia virus (ISAv) in Chile, 2007-2009, *Prev. Vet. Med.* 114. 37-46.
- Mengistae, T., and Pattillo, C. (2004). Export orientation and productivity in sub-Saharan Africa. *IMF Staff papers*, 51(2): 327-353.
- Melitz, M. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *Econometrica*, 71(6): 1695-1725.
- Milner, C., and Wright, P. (1998). Modelling labour market adjustment to trade liberalisation in an industrialising economy. *The Economic Journal*, 108(447): 509-528.
- Nahuelhual, L., Defeo, O., Vergara, X., Blanco, G., Marín, S.L., and F. Bozzeda. (2019). Is there a blue transition underway? *Fish Fish.* 20. 584-595.
- Ohlin, B. (1933). *Interregional and International Trade*, Harvard University Press, Cambridge.
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 61, no. 4, pp. 653-670.

- Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. *Economic Theory* 20: 597-625.
- Phillips, P. C. B., and Moon, H. R. (2000). Nonstationary panel data analysis: an overview of some recent developments. *Econometric Reviews*, 19(3): 263–286.
- Poblete, E.G., Drakeford, B.M., Ferreira, F.H., Barraza, M.G., and P. Failler. (2019). The impact of trade and markets on Chilean Atlantic salmon farming, *Aquac. Int.* 27. 1465–1483.
- Quiñones, R., Fuentes, M., Montes, R.M., Soto, D., and J. Leon-Muñoz. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review, *Rev. Aquac.* 1–28.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*, John Murray, London.
- Serti, F., and Tomasi, Ch. (2008). Firm Heterogeneity: do destinations of exports and origins of imports matter? *Project on Inequality: Mechanisms, Effects and Policies*. Italian Ministry of Research. 31p.
- Serrano, J. and Myro, R. (2020). Management, productivity and firm heterogeneity in international trade, *Applied Economic Analysis*, 28(82): 1-18.
- Söderbom, M., and Teal, F. (2004). Are manufacturing exports the key to economic success in Africa? *Journal of African Economies*, 12(1): 1-29.
- Tecklin, D. (2016). Sensing the limits of fixed marine property rights in changing coastal ecosystems: salmon aquaculture concessions, crises, and governance challenges in Southern Chile, *J. Int. Wildl. Law Policy* 19. 284–300.
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 69: 709-748.

## 8. Anexos

### ANEXO 1

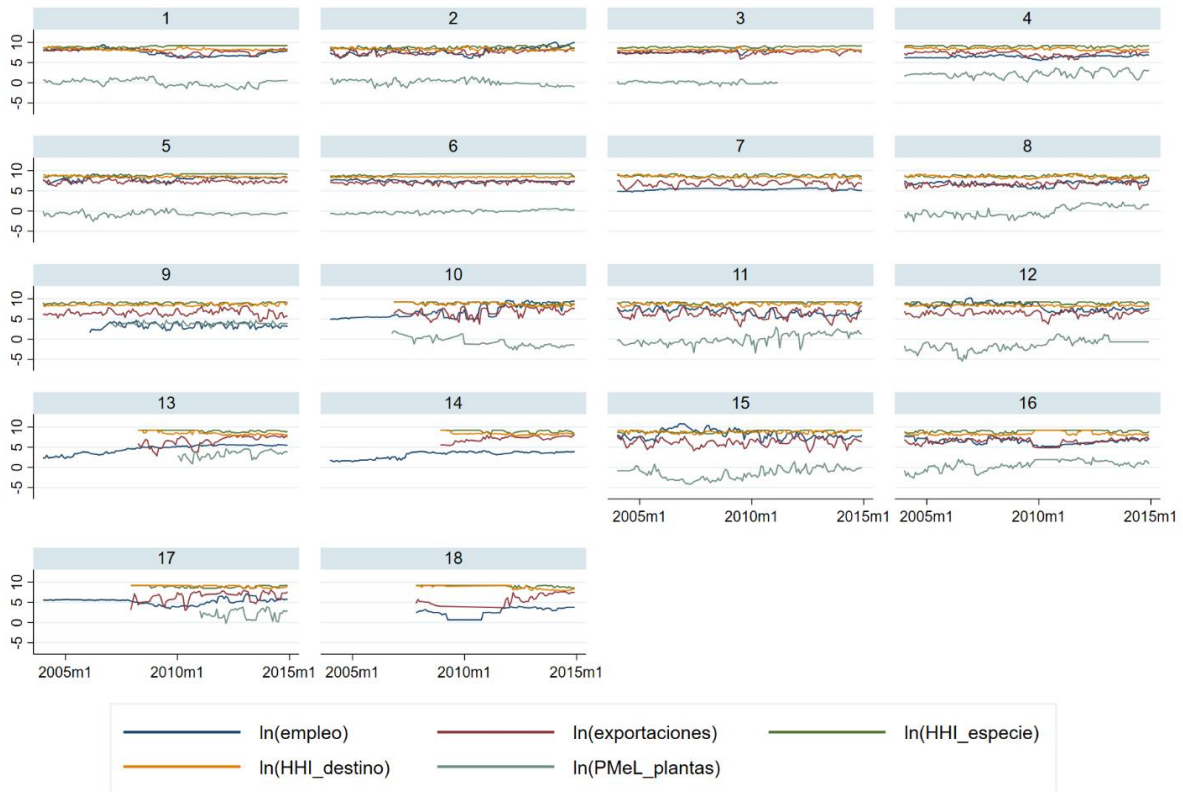
**Figura 6.** Heterogeneidad del empleo por firma (**izq.**) y Heterogeneidad del empleo en el tiempo (**der.**).



Fuente: Elaboración Propia.

### ANEXO 2

**Figura 7:** Series en logaritmo vs el logaritmo del empleo a nivel de empresa.

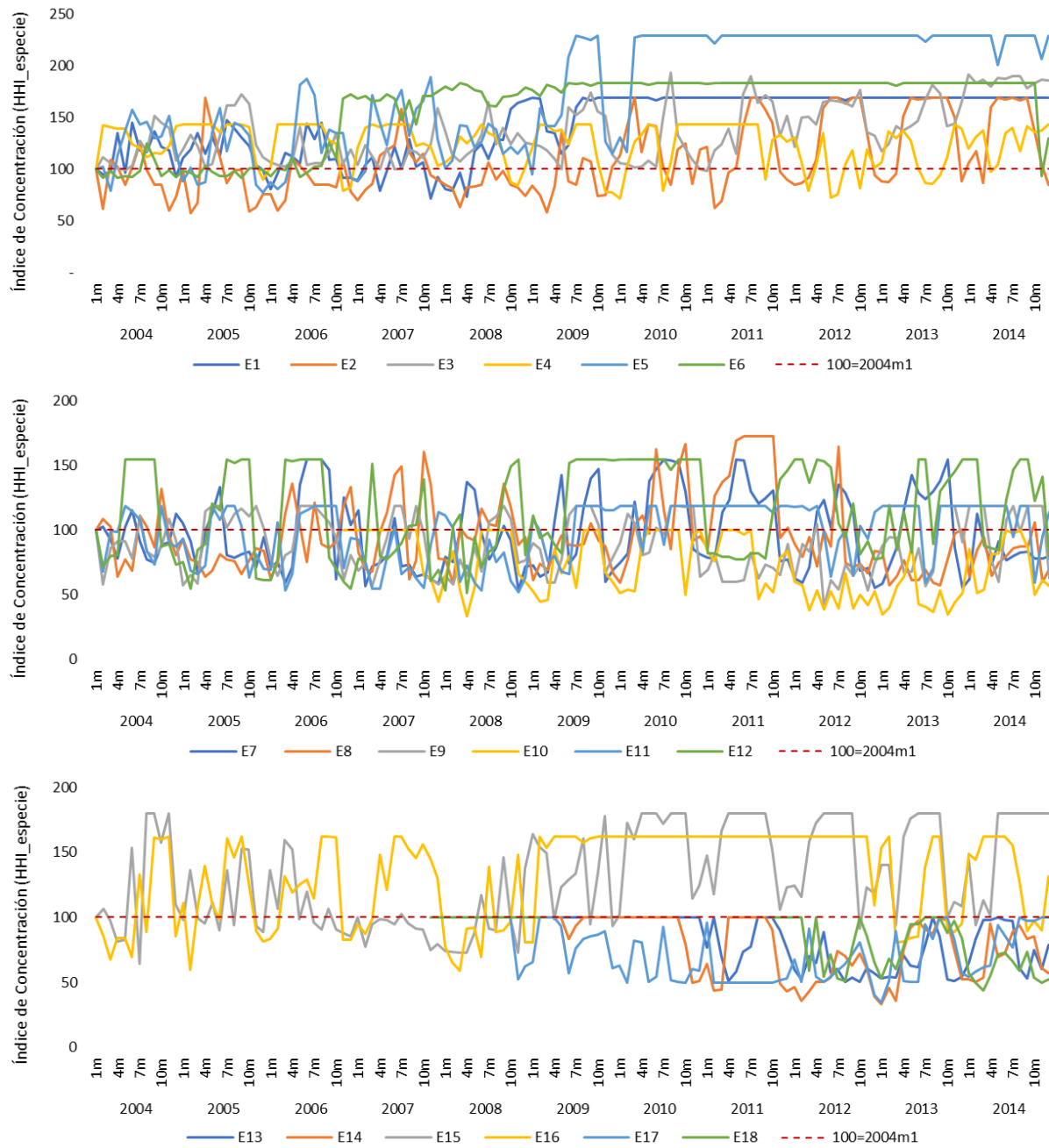


Graphs by Empresa

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA) y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) provenientes del Servicio Nacional de Aduanas (ADUANA).

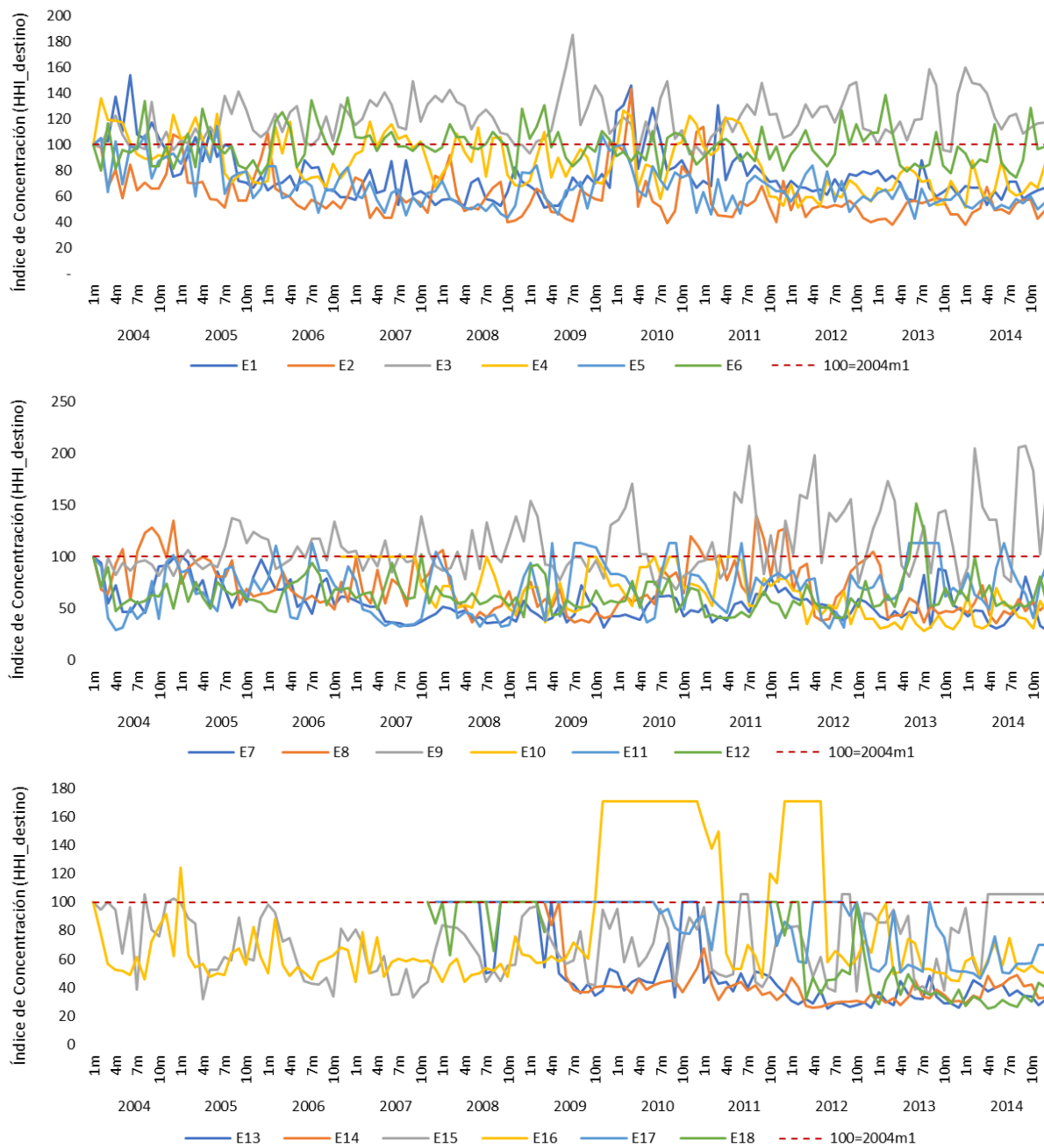
### ANEXO 3

**Figura 8.a:** Evolución del Índice de concentración por especie (HHI\_especie) a nivel de empresa.



**Fuente:** Elaboración Propia, índice base=100(1m2004) en base a datos del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) provenientes del Servicio Nacional de Aduanas (ADUANA).

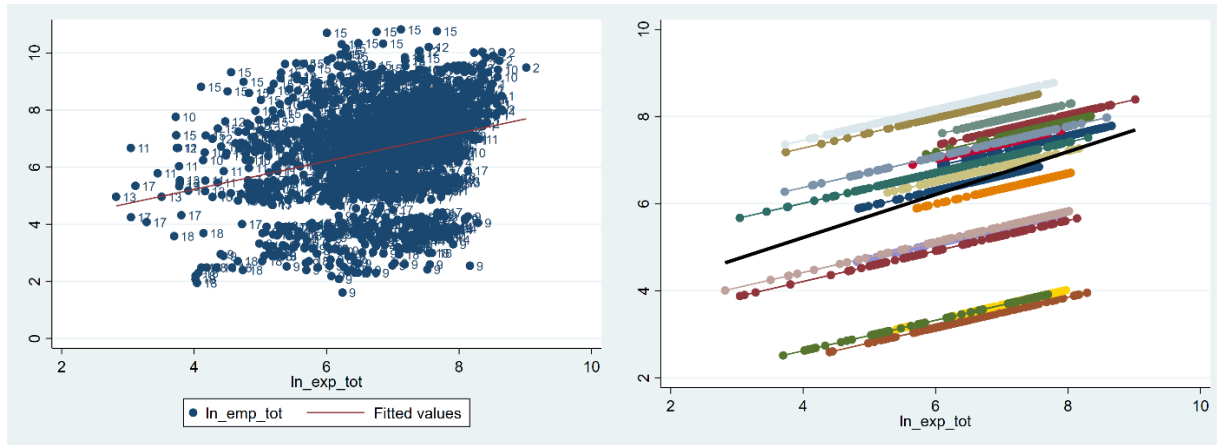
**Figura 8.b:** Evolución del Índice de concentración por país (HHI\_destino) a nivel de empresa.



**Fuente:** Elaboración Propia, índice base=100(1m2004) en base a datos del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) provenientes del Servicio Nacional de Aduanas (ADUANA).

**ANEXO 4**

**Figura 9.** Ajuste del modelo de largo plazo agregado (**izq.**) y Ajuste del modelo de largo plazo por firma (**der.**).



**Fuente:** Elaboración Propia.

**ANEXO 5**

**Tabla 10.** Correlación entre las series.

	ln_emp~t	ln_exp~t	D_ISA	exp_du~2	exp_es~3	ln_HHI~o	exp_de~3
ln_emp_tot	1.0000						
ln_exp_tot	0.2791 0.0000	1.0000					
D_ISA	-0.0807 0.0001	-0.1004 0.0000	1.0000				
exp_dummy2	-0.1340 0.0000	0.0785 0.0003	0.9756 0.0000	1.0000			
exp_especie3	0.2358 0.0000	0.9650 0.0000	-0.0547 0.0127	0.1045 0.0000	1.0000		
ln_HHI_des~o	-0.1843 0.0000	-0.3518 0.0000	0.0713 0.0011	-0.0051 0.8159	-0.2532 0.0000	1.0000	
exp_destino3	0.2398 0.0000	0.9514 0.0000	-0.0878 0.0001	0.0800 0.0002	0.9271 0.0000	-0.0507 0.0199	1.0000
exp_pmL3	-0.7534 0.0000	0.1467 0.0000	0.1247 0.0000	0.1372 0.0000	0.1984 0.0000	0.0036 0.8821	0.1479 0.0000

**Fuente:** Elaboración propia.



## ANEXO 6

### Elasticidades empleo-exportaciones:

- Sin presencia de ISAv ( $ISAv = 0$ ):

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial \ln(\text{Exp}_{it})} &= \frac{\Delta\%(N_{it})}{\Delta\%(\text{Exp}_{it})} \\ &= \hat{\beta}_1 + (\hat{\eta}_2 * \overline{\ln(\text{HHI\_especie}_{it})}) + (\hat{\eta}_4 * \overline{\ln(\text{HHI\_destino}_{it})}) + (\hat{\eta}_5 * \overline{\ln(\text{PMeL\_p}_{it})}) \\ &= 3,144 + (-0,024 * 8,898) + (-0,278 * 8,455) + (-0,066 * 0,283) \\ &= 3,144 - 0,214 - 2,35 - 0,019 = 0,561\end{aligned}$$

- Con presencia de ISAv ( $ISAv = 1$ ):

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial \ln(\text{Exp}_{it})} &= \frac{\Delta\%(N_{it})}{\Delta\%(\text{Exp}_{it})} \\ &= \hat{\beta}_1 + \hat{\eta}_1 + (\hat{\eta}_2 * \overline{\ln(\text{HHI\_especie}_{it})}) + (\hat{\eta}_4 * \overline{\ln(\text{HHI\_destino}_{it})}) \\ &\quad + (\hat{\eta}_5 * \overline{\ln(\text{PMeL\_p}_{it})}) \\ &= 3,144 - 0,140 + (-0,024 * 8,898) + (-0,278 * 8,455) + (-0,066 * 0,283) \\ &= 3,144 - 0,140 - 0,214 - 2,35 - 0,019 = 0,421\end{aligned}$$

### Elasticidades empleo-concentración:

- Según especie producida y exportadas:

$$\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial \ln(\text{HHI\_especie}_{it})} = \frac{\Delta\%(N_{it})}{\Delta\%(\text{HHI\_especie}_{it})} = \hat{\eta}_2 * \overline{\ln(\text{Exp}_{it})} = -0,024 * 6,83596 = -0,164$$

- Según país de destino de las exportaciones:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial \ln(\text{HHI\_destino}_{it})} &= \frac{\Delta\%(N_{it})}{\Delta\%(\text{HHI\_destino}_{it})} = \hat{\eta}_3 + (\hat{\eta}_4 * \overline{\ln(\text{Exp}_{it})}) = 1,541 + (-0,278 * 6,83596) \\ &= -0,359\end{aligned}$$

### Elasticidad empleo-productividad:

$$\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial \ln(\text{PMeL\_p}_{it})} = \frac{\Delta\%(N_{it})}{\Delta\%(\text{PMeL\_p}_{it})} = \hat{\eta}_5 * \overline{\ln(\text{Exp}_{it})} = -0,066 * 6,83596 = -0,451$$

### **Efecto del ISAv en el empleo:**

$$\frac{\partial \ln(N_{it})}{\partial ISAv_{it}} = \frac{\Delta\%(N_{it})}{ISAv_{it} = 1} = \hat{\beta}_0 + \hat{\gamma}_1 + (\hat{\eta}_1 * \overline{\ln(\text{Exp}_{it})}) = -9,729 + 0,826 + (-0,140 * 6,83596) = -9,86$$

### **ANEXO 7**

Para darle validez a los modelos econométricos propuestos se evaluó si las series de tiempo (empleo y volumen de exportaciones) tienen una relación estable a largo plazo, para esto se realizó un test de cointegración mediante la prueba de Kao (1999) (**Tabla 11**). Como resultado de dicha prueba, se rechazó la hipótesis nula de no cointegración. Esto fue cierto para las estadísticas de las cinco pruebas informadas en la tabla proporcionando una fuerte evidencia de que todos los paneles en los datos están cointegrados, confirmando una relación estable en el largo plazo entre el empleo del sector salmoneero y los volúmenes de exportación. Mismo resultado se obtiene mediante la prueba de Pedroni (1999, 2004) (**Tabla 12**).

**Tabla 11.** Resultados del test de cointegración de Kao (1999).

Kao test for cointegration			
Ho: No cointegration		Number of panels	= 18
Ha: All panels are cointegrated		Avg. number of periods	= 110.83
Cointegrating vector: Same			
Panel means:	Included	Kernel:	Bartlett
Time trend:	Not included	Lags:	3.50 (Newey-West)
AR parameter:	Same	Augmented lags:	1
		Statistic	p-value
Modified Dickey-Fuller t		-7.8461	0.0000
Dickey-Fuller t		-6.1927	0.0000
Augmented Dickey-Fuller t		-3.3365	0.0004
Unadjusted modified Dickey-Fuller t		-24.0975	0.0000
Unadjusted Dickey-Fuller t		-10.4004	0.0000

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12.** Resultados del test de cointegración de Pedroni (1999, 2004).

Pedroni test for cointegration			
Ho: No cointegration		Number of panels	= 18
Ha: All panels are cointegrated		Avg. number of periods	= 111.94
Cointegrating vector: Panel specific			
Panel means:	Included	Kernel:	Bartlett
Time trend:	Not included	Lags:	4.00 (Newey-West)
AR parameter:	Panel specific	Augmented lags:	1
		Statistic	p-value
Modified Phillips-Perron t		-14.5855	0.0000
Phillips-Perron t		-9.1095	0.0000
Augmented Dickey-Fuller t		-10.0624	0.0000

**Fuente:** Elaboración propia.

Para evaluar la robustez del resultado anterior, se realizó la prueba de Westerlund (2007) (**Tabla 13**), aquí se evalúa si algunos (no necesariamente todos) de los paneles están cointegrados.

**Tabla 13.** Resultados del test de cointegración de Westerlund (2007).

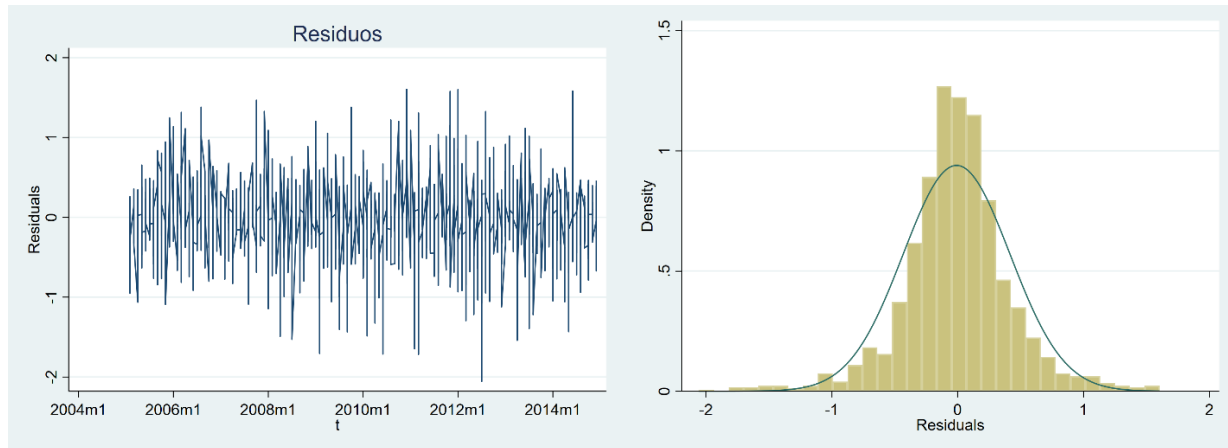
Westerlund test for cointegration		
Ho: No cointegration	Number of panels	= 18
Ha: Some panels are cointegrated	Avg. number of periods	= 113.06
Cointegrating vector: Panel specific		
Panel means:	Included	
Time trend:	Not included	
AR parameter:	Panel specific	
	Statistic	p-value
Variance ratio	-1.7669	0.0386

**Fuente:** Elaboración propia.

Esta prueba también rechaza la hipótesis nula.

## ANEXO 8

**Figura 10.** Residuos del modelo de corto plazo (**izq.**) y Normalidad de los residuos modelo corto plazo (**der.**).



**Fuente:** Elaboración Propia.