

El impacto del tratamiento del Cáligus sobre los costos unitarios de producción en centros heterogéneos de producción de salmones en Chile

PROBLEMA/ ASUNTO ESTUDIADO

En este trabajo se cuantifica el impacto de los tratamientos sanitarios aplicados por las empresas para controlar la abundancia del parásito Cáligus (*Caligus rogercresseyi*) (piojo de mar) sobre los costos promedios de producción de *Salmo salar* en Chile. Los resultados son importantes para retroalimentar el diseño la política pública en dos direcciones. Por una parte, sirven para medir el impacto que las medidas de control sanitario han tenido sobre los costos de producción de la industria del salmón chileno y su efecto sobre la competitividad de la industria en un contexto internacional. Esto sugiere que el nivel de las regulaciones, y no sólo el diseño de las mismas, pueden ser importantes al evaluar la política pública. Por otra parte, generan potenciales implicaciones respecto a cómo regular la actividad en un contexto en que la misma se desarrolla en condiciones ambientales y geográficas diversas.

ANTECEDENTES, ALCANCE Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Durante el año 2007 un brote de virus ISA afectó a la industria productora de salmón en Chile. Este brote y su rápida expansión generó un gran impacto sobre la producción, el empleo, y la estabilidad financiera de las empresas productoras de salmón en el país. Con el propósito de prevenir futuros problemas sanitarios, una nueva regulación respecto a la forma de desarrollar la actividad fue implementada durante el año 2009.

En el caso de uno de los problemas sanitarios de mayor prevalencia, generado por un parásito Cáligus (*Caligus rogercresseyi*) (piojo de mar) que afecta actualmente a

los centros de cultivo de salmón en el país, existen dos tipos de tratamiento general para enfrentar el problema. Primero, tratamiento con productos farmacológicos que se administran a través del alimento en los primeros meses del ciclo y, segundo, baños con productos químicos que se aplican a los peces durante etapas avanzadas del ciclo de crecimiento del salmón. Las nuevas medidas ambientales y sanitarias establecieron una norma que obligaba a los centros de cultivo a tratar el patógeno una vez que su abundancia superara un umbral pre-establecido. Este sistema regulatorio ayudó a mejorar las condiciones sanitarias, pero también se estima que contribuyó a incrementar los costos de producción, reduciendo la competitividad internacional de las empresas operando en Chile. Al mismo tiempo, el sistema se estableció en forma general para todos los centros de cultivo sin considerar la heterogeneidad ambiental o de otro tipo que existe entre distintos espacios geográficos donde se localizan estos centros y la prevalencia de *Caligus* en estas áreas.

Con el propósito de evaluar el impacto de los tratamientos sanitarios sobre los costos unitarios de producción de *Salmo salar*, estudiamos una muestra heterogénea, desde un punto de vista geográfico y ambiental, de centros de producción de salmón en el sur de Chile.

METODOLOGÍA

Se diseñó un modelo o representación de las principales relaciones entre la presencia de *Caligus*, su tratamiento y el crecimiento de la biomasa en un ciclo productivo, así como también la eventual interacción entre el nivel de biomasa de salmones y la densidad de peces en los centros de cultivo y la abundancia de *Caligus*, dadas las

condiciones ambientales, en un ciclo productivo. El modelo fue utilizado para orientar el análisis estadístico.

El modelo permite explorar como la presencia de *Caligus* y su tratamiento afectan la tasa de crecimiento del salmón y los costos de producción asociados en un ciclo de producción. Específicamente, se identificaron cuatro potenciales vías de transmisión de dichos efectos (ver Figura 1), incluyendo: (1) El *Caligus* puede afectar de manera directa la capacidad de crecimiento del salmón; (2) la presencia de *Caligus* podría también afectar las necesidades de alimentación del salmón a lo largo de un ciclo productivo y, consecuentemente, la provisión de alimento (y los costos de alimentación); (3) la reacción de los productores de salmón ante la presencia de *Caligus*, a través de la aplicación de tratamientos, los que podrían afectar directamente el crecimiento del salmón (y los costos de producción); y (4) efectos indirectos a través del impacto de los tratamientos sobre el nivel de abundancia de *Caligus*.

El modelo incluyó, por una parte, una ecuación en la que el crecimiento del salmón en un ciclo productivo está determinado por diferentes factores, incluyendo, alimentación, temperatura del agua en el océano, edad del pez (en el ciclo), densidad de peces en el centro productivo, factores estacionales, abundancia de *Caligus* y su eventual tratamiento durante el ciclo productivo. Por otra parte, el modelo incluyó también una ecuación que estableció los factores determinantes del nivel de *Caligus* en cada periodo del ciclo productivo. En este caso, se consideraron como variables determinantes centrales de la abundancia de *Caligus* i) variables ambientales no estacionales, ii) densidad de peces en el ciclo productivo, iii) factores estacionales, y iv) tratamientos de *Caligus* en el ciclo de producción.¹

Las dos ecuaciones del modelo fueron estimadas utilizando procedimientos de análisis estadístico que controlan debidamente por el llamado “sesgo de selección”. Esto es, la posibilidad de incurrir en un error en la estimación por el hecho de que en los datos disponibles no era posible observar la evolución natural de la biomasa de *Caligus* en todo momento. Específicamente, en el conteo de cantidad de *Caligus* que realizan los centros no se observa con igual probabilidad altos niveles de abundancia dado que los datos observados probablemente están afectados por la implementación de tratamientos que distorsionan su evolución natural.

El análisis estadístico fue realizado utilizando información detallada de ciclos de producción de un máximo de 18 meses para Salmón del Atlántico en el periodo 2009-2015. El dato observado corresponde al incremento en la biomasa de salmón en cada mes y para cada ciclo iniciado por los centros de cultivo de la muestra. La muestra utilizada incluyó un total de 1.975 (mes-ciclo) observaciones y empleamos 128 ciclos completos.² Estimamos el modelo completo para ciclos de producción correspondientes a centros de cultivo de la región de Los Lagos y de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y para sub-muestras de centros por región, por año y por condiciones ambientales (centros marinos y estuarinos). El objetivo de las estimaciones según regiones y condiciones ambientales específicas (temperatura del agua, salinidad) es permitir capturar la diversidad geográfica y ambiental que podría afectar las relaciones bajo análisis. El análisis estadístico permitió determinar el efecto individual e independiente de i) tratamientos antiparasitarios, ii) alimentación, iii) temperatura, iv) edad del pez, v) densidad de peces en el centro, vi) factores estacionales, y vii) abundancia de *Caligus* sobre el crecimiento de la biomasa en el ciclo de producción de Salmón del Atlántico. Tales efectos fueron determinados para la muestra completa bajo estudio, así como también para las regiones y ambientes previamente referidos.



Figura 1. Efectos del *Caligus* y su tratamiento sobre crecimiento de *Salmo salar* y sus costos de producción

Posterior al proceso de estimación, habiendo identificado las relaciones estadísticas que determinan el crecimiento del salmón en un ciclo productivo y aquella referida a los factores determinantes del nivel de abundancia de *Caligus*, se realizaron simulaciones numéricas que permitieron construir el nivel de biomasa de salmón en cada periodo de un ciclo productivo, lo que en conjunto con información clave sobre costos de producción (costos de alimentación, y costos de tratamiento de *Caligus*) permitió estimar los costos unitarios (dólares por kilo) de producción de salmón en un ciclo productivo.

El modelo estimado fue utilizado para simular diferentes escenarios de biomasa y, por consiguiente, diferentes costos de producción de un kilo de salmón. Para simular el nivel de biomasa del salmón a lo largo del ciclo, utilizamos ambas ecuaciones interactivamente y empleamos los parámetros de costos para obtener los costos de producción.

El análisis consideró la simulación de cuatro escenarios para obtener información respecto a la sensibilidad de los costos unitarios de producción ante diferentes condiciones del ciclo productivo. Los escenarios considerados fueron los siguientes: **E1:** escenario base sin *Caligus*; **E2:** escenario con *Caligus*; **E3:** escenario con *Caligus* y tratamiento a través del alimento (primeros tres meses); y **E4:** escenario con *Caligus*, tratamiento a través del alimento y de baños. Simulamos estos escenarios para la muestra completa, y para sub-muestras (por región y por localización estuarina o marina).

RESULTADOS RELEVANTES

Los resultados del estudio indican que la presencia de *Caligus* y su tratamiento tienen un impacto significativo y negativo en el crecimiento de la biomasa y positivo en el costo del kilogramo de Salmón del Atlántico cosechado por los centros de cultivo de salmón en Chile. El incremento en costos estimado alcanza, en promedio, US \$ 1,40 por kg y no hay diferencia significativa en el costo con tratamiento. Este efecto varía dependiendo de las regiones y ambientes marino y estuarino considerados. Por ejemplo, la magnitud del impacto del *Caligus* tiende a ser mayor en la Región de Los Lagos y en ambientes marinos en relación a la situación base (ver Tabla 1).

El impacto más importante en los costos lo produce el *Caligus* mismo. De acuerdo a las estimaciones realizadas, el costo promedio de alimentación de salmónes en el escenario base (sin *Caligus*) es de aproximadamente 85 centavos de dólar por kg de salmón. Cuando se incorpora el efecto del *Caligus*, el costo promedio de producción se eleva a US \$ 2,21 por kg. Este costo extra es producido por el efecto negativo directo que tiene el *Caligus* en la velocidad de crecimiento del salmón. Para alcanzar un determinado tamaño, la acción del *Caligus* sobre el salmón, hace que este crezca más lento, lo cual aumenta los costos unitarios de producción del ciclo. Los determinantes específicos por los cuales el salmón crece más lento no es posible identificarlas con el modelo usado en este estudio, pero algunas razones que se entregan en la literatura son el stress que genera el *Caligus* sobre el salmón, la energía que pierde el pez al tratar de defenderse del parásito, y la menor cantidad de alimento que ingiere el pez al estar asediado por el *Caligus*.

Los tratamientos con baños son efectivos para incrementar el volumen de biomasa al final del ciclo productivo, en relación a la situación con *Caligus* y sin tratamiento de baños. Sin embargo, el tratamiento a través de baños es tan caro que las ganancias en biomasa son compensadas por los altos costos de los baños, dejando el costo unitario de producción sin modificarse en relación a la situación en la que no se aplican baños.

Escenario	Muestra completa	Submuestras			
		Región X	Región XI	Marino	Estuarino
E1. Base (sin <i>Caligus</i>)	0,85	0,59	0,84	0,67	1,87
E2. Sólo <i>Caligus</i>	2,21	2,05	1,60	2,02	2,23
E3. <i>Caligus</i> con tratamiento en alimentación	2,18	2,01	1,62	2,00	2,19
E4. <i>Caligus</i> con tratamiento en alimentación y baño químico	2,21	1,61	2,05	1,94	2,89
Diferencia entre escenario "E2. Sólo <i>Caligus</i> " y "E1. Base"	1,35	1,46	0,76	1,35	0,37

Tabla 1: Costos unitarios de producción estimados para todos los escenarios para la muestra completa y las submuestras (US\$/kg)
Fuente: Dresdner et al. (2019)

El impacto de los tratamientos de *Cáligus* sobre los costos unitarios de producción, comparado con una situación con *Cáligus* (y sin tratamientos) es muy pequeño. En este sentido no parece correcto plantear que los tratamientos incrementan significativamente los costos unitarios de producción. Es más preciso plantear que los costos totales de producción se han incrementado en los centros de producción nacionales porque los mismos han debido lidiar con la presencia de *Cáligus* en los ciclos productivos.

Al simular el modelo para distintas características geográficas y ambientales (regiones y localizaciones marinas y estuarinas), los resultados muestran grandes divergencias entre las distintas unidades. Existen costos unitarios de producción diferentes en la situación base. Pero también el impacto del *Cáligus* varía enormemente entre submuestras. El menor impacto en los costos se produce en el ambiente estuarino, mientras que para la Región de Los Lagos (Región X) y en el ambiente marino el impacto es sustancial. Finalmente, mientras la aplicación de tratamientos reduce los costos unitarios en la Región de Los Lagos, en la Región de Aysén (Región XI) y en el ambiente estuarino genera un aumento en estos costos.

Recomendaciones para políticas públicas

Los efectos cuantificados en este estudio respecto del impacto de la presencia de *Cáligus* y su tratamiento sobre los costos unitarios de producción difieren dependiendo de las condiciones geográficas y ambientales de los centros de cultivos, sugiriendo que el diseño costo-efectivo de regulaciones orientadas al control de enfermedades en la producción de salmones debiera variar según zonas geográficas y condiciones ambientales dada la presencia de condiciones heterogéneas de producción.

La heterogeneidad existente entre centros de cultivo sugiere que cualquier diseño regulatorio destinado a corregir el problema de externalidades como el involucrado en el caso analizado (externalidades dentro del centro productivo/empresa y sobre otros centros/empresas) debiera considerar que los tratamientos pueden ocasionar efectos adicionales (resistencia de patógenos a tratamientos, impactos sobre otros sectores productivos, incluyendo aquellos basados en recursos marinos o incluso turismo, etc). Estos efectos de segundo orden requieren también considerar de

manera cuidadosa la posibilidad de establecer exigencias de tratamientos no-uniformes para las enfermedades que afectan a la industria.

NOTAS AL PIE

¹ Ver detalles en sección "Theoretical frame: A conceptual model of the costs of sea lice treatments", Dresdner et al. (2019).

² Los detalles referidos a la estructura de la información utilizada se presentan en la sección "Empirical specification and data" en Dresdner et al. (2019).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo financiero de INCAR a través del proyecto CONICYT-FONDAP No 15110027 y a la Iniciativa Científica Milenio, Ministerio de Economía, Desarrollo y Turismo a través del proyecto RS 130001. Dresdner, Chávez y Quiroga también agradecen apoyo parcial de *Environment for Development Initiative (Efd)* a través del programa "Policy Instruments for Sustainable Management of Oceans and Marine Resources". Los autores agradecen el apoyo técnico del Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) que facilitó la base de datos principal utilizada en el análisis de este trabajo. Al mismo tiempo, dicha institución facilitó el desarrollo de entrevistas en terreno con ejecutivos del área de producción de empresas relacionadas, quienes ayudaron para una mejor comprensión del problema bajo análisis. También agradecemos a Felipe Quezada y Mauricio Leiva por su valioso apoyo como asistentes de investigación en este proyecto. Finalmente, agradecemos los útiles comentarios y sugerencias de César Salazar, Leonardo Salazar y Doris Soto para la preparación de este documento.

REFERENCIAS

Dresdner, Jorge, Carlos Chávez, Miguel Quiroga, Daniel Jiménez, Paulina Artacho and Alfredo Tello. (2019). "Impact of Caligus Treatments on Unit Costs of Heterogeneous Salmon Farms in Chile", *Aquaculture Economics & Management* 23 (1): 1-27.