

*Research Article*

## Decisiones de localización y cambios regulatorios: el caso de la acuicultura en Chile

Manuel Estay<sup>1</sup> & Carlos Chávez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Economía, Núcleo Milenio de Investigación en Economía Ambiental y de Recursos Naturales, Universidad de Concepción  
Victoria 471, Barrio Universitario, Concepción, Chile

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario para la Investigación en Acuicultura (INCAR)  
O'Higgins 1695, Concepción, Chile

Corresponding author: Manuel Estay (mestay@udec.cl)

**RESUMEN.** Se estudia la evolución de la actividad acuícola en Chile y el impacto de los cambios regulatorios sobre las decisiones de localización de los centros de cultivo. Este estudio considera un análisis descriptivo del desarrollo espacio-temporal de los centros de cultivo. Luego, utilizando un panel de datos, se estimó un modelo de elección de sitios con el objetivo de explorar los factores determinantes de la elección de ubicación de los centros acuícolas. Los resultados del análisis sugieren la existencia de un claro patrón de desarrollo espacio-temporal de la acuicultura en Chile. Este patrón está caracterizado por el desplazamiento de la actividad productiva hacia el sur de la Patagonia chilena cambiando su concentración desde los alrededores de Puerto Montt hacia el sur de la isla de Chiloé. La estimación del modelo de elección de sitios sugiere que la distancia entre los centros y la existencia de centros de la misma especie cultivada son relevantes para explicar el fenómeno de expansión de la acuicultura hacia el sur. Los cambios regulatorios parecen ser un factor que ha influido en el desarrollo del patrón espacio-temporal que caracteriza el uso del territorio por parte de la industria acuícola nacional.

**Palabras clave:** acuicultura, localización, cambios regulatorios, sur de Chile.

## Location decisions and regulatory changes: the case of the Chilean aquaculture

**ABSTRACT.** We study the development of aquaculture activities in Chile and the impacts of regulatory changes on location decision for aquaculture production centers. Our study considers a descriptive analysis on the spatial and temporal development of aquaculture production centers. Next, using a panel data we estimate a site selection model to explore determinant factors of site choices for aquaculture production. Our results suggest a clear pattern for the spatial-temporal development of Chilean aquaculture. The pattern is characterized by a movement of the production centers towards the south of Chilean Patagonia, changing the concentration of the production activities from Puerto Montt to the southern region of Chiloé Island. The estimation of a model of site selection suggests that the distance between production centers and the presence of centers devoted to the production of the same species are relevant in explaining the movement of the production activities towards the southern region. The regulatory changes seem to be important determinant factors for the observed spatial and temporal pattern of development of the aquaculture industry in the country.

**Keywords:** aquaculture, location, regulatory changes, southern Chile.

### INTRODUCCIÓN

La acuicultura constituye una importante fuente de producción de alimentos que contribuye a reducir la presión sobre otros recursos. En el caso de Chile, la

acuicultura se ha transformado en uno de los sectores económicos de mayor dinamismo (Buschmann *et al.*, 2009; O’Ryan & Pereira, 2015). Esta industria puede contribuir al desarrollo económico a través del incremento sostenido de su producción, el desarrollo de

mercados a nivel nacional e internacional, la generación de nuevas oportunidades de empleos directos e indirectos, así como también mediante otros efectos positivos que se transmiten a las industrias relacionadas. Existe, no obstante, efectos no deseados como subproductos de esta actividad económica, entre otros, impactos negativos sobre el sistema ambiental y natural, competencia por el uso del espacio geográfico, y cambios sociales relacionados con fenómenos migratorios (Engle, 2010; Phillips, 2010).

La actividad acuícola está basada en el uso intensivo de recursos naturales: demanda de agua y sus nutrientes, hace uso de espacio físico, que puede competir con otras actividades productivas, utiliza productos químicos y antibióticos para prevenir y controlar enfermedades generando como subproducto de la actividad, residuos, algunos de los cuales se depositan en cuerpos receptores, principalmente en el agua y el fondo del mar o lagos, alterando la calidad ambiental de los sitios, pudiendo ser una fuente potencial de impactos negativos sobre los seres humanos y el medio natural.

La acuicultura en Chile incluye dos áreas principales de producción: salmonicultura (otros peces), y mitilicultura. La salmonicultura es la actividad, organizada por el hombre, destinada a la producción de salmones. La producción se realiza a través de centros de cultivo que intentan reproducir, al menos parcialmente, las condiciones y desarrollo de salmón silvestre, maximizando de paso los niveles de sobrevivencia, reduciendo los periodos de crecimiento, realizando manejo genético, etc. En los centros de cultivo se intenta controlar el ciclo de vida de los peces y se maneja su alimentación y condiciones de salud. La mitilicultura se refiere a la actividad de cultivos de moluscos bivalvos, principalmente choritos. Esta actividad consiste en capturar y luego mantener grandes cantidades de semillas de mitílicos hasta su crecimiento apropiado para comercialización.

Es precisamente debido al uso intensivo de los recursos naturales, y sus impactos asociados, que el desarrollo de la actividad acuícola no ha estado exento de controversias. Los impactos ambientales de la acuicultura son diversos. La literatura existente sugiere las siguientes áreas principales de impacto: 1) escape de peces (caso salmonicultura), 2) deterioro de la calidad del agua (uso de alimentos, productos químicos y antibióticos, y descarga de nutrientes), y 3) transmisión de enfermedades e infecciones. (e.g., Buschmann, 2001; Nordvang & Johansson, 2002; Gyllenhammar & Håkanson, 2005; Buschmann *et al.*, 2006; Mente *et al.*, 2006; Pitta *et al.*, 2006; Arismendi *et al.*, 2011; Sepúlveda *et al.*, 2013). Los efectos de la acuicultura en la calidad del agua, sus nutrientes y otros

ecosistemas, dependen tanto del nivel de la actividad productiva, lo cual a su vez determina la cantidad de descarga de nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo), la tecnología de producción (densidad del stock de peces), y características ambientales y físicas de los sitios donde se localiza la producción en zonas costeras (Buschmann *et al.*, 2007). El uso de productos químicos y antibióticos tiene efectos negativos sobre el medio en que se desarrolla la actividad y podría finalmente tener consecuencias sobre la salud humana (Cabello, 2004). Entre los productos químicos y antibióticos utilizados se incluyen: fungicidas, colorantes, tetraciclina, ácido oxilínico, flumequina y penicilina.

El presente trabajo tiene dos objetivos. En primer lugar, realizar un análisis exploratorio de los patrones de desarrollo espacio-temporal de la acuicultura en Chile y los impactos de los cambios regulatorios sobre las decisiones de localización de los centros de cultivo acuícolas. El análisis se inicia con una descripción general de las principales especies cultivadas y una exploración respecto a la existencia de patrones de ubicación entre especies y a través del tiempo. Luego, se estudian los distintos indicadores de concentración espacial y se analiza si los cambios en la regulación pudieron haber influido en las decisiones de localización de los centros en el transcurso del tiempo. En segundo lugar, se estudian los determinantes de las decisiones de localización de los centros de acuicultura en Chile, utilizando información de centros acuícolas concesionados a nivel de distritos comunales de la región de Los Lagos, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (en adelante Aysén) y región de Magallanes y de La Antártica Chilena (en adelante Magallanes), se estima un modelo de elección de localización para determinar cuáles son los factores relevantes en la elección de la ubicación de un centro de acuicultura. Las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes son tres de las 15 regiones en las cuales está dividido el país política y administrativamente. Estas regiones están ubicadas en el sur del país, zona también conocida como Patagonia chilena.

Varios autores han estudiado previamente el proceso de desarrollo de esta industria en Chile, aunque considerando perspectivas diferentes. Por ejemplo, Barton & Fløysand (2010) exploran, mediante un análisis de economía política y ecología política, los riesgos asociados al desarrollo de un sector exportador no tradicional como la salmonicultura, enfatizando en su análisis los conflictos entre stakeholders en el contexto de procesos de globalización. Un análisis más general respecto a los cambios en factores asociados a la gobernabilidad y administración de recursos marinos es provisto por Gelcich *et al.* (2010).

En un trabajo reciente, Niklitschek *et al.* (2013) revisan los posibles impactos asociados a la expansión de la acuicultura hacia zonas de fiordos en la región de Aysén considerando diferentes escenarios productivos. El trabajo sugiere la importancia de generar conocimiento científico respecto de los potenciales impactos sobre el medio ambiente de la Patagonia y propone detener la entrega de concesiones para la actividad acuícola mientras no se disponga de mayor conocimiento respecto a los impactos y riesgos asociados a la actividad.

Ninguno de los esfuerzos de investigación realizados hasta ahora ha examinado el proceso de desarrollo espacio-temporal ni los factores determinantes de las decisiones de localización, incluidos el marco regulatorio, en el caso de la industria acuícola chilena. Cambios regulatorios orientados a reducir la concentración geográfica de los centros acuícolas fueron introducidos en Chile durante la segunda mitad de la década pasada. Estos cambios habrían sido motivados por la aparición del virus ISA a mediados del año 2007. Como se ha sugerido en la literatura existente, una empresa tendería a localizarse en lugares donde pueda incrementar su beneficio económico, desarrollar actividades productivas en cumplimiento de las regulaciones, y/o donde el marco regulatorio sea menos restrictivo (*e.g.*, Abdalla *et al.*, 1995; Rauscher, 1995; Levinson, 1996; Becker & Henderson, 2000; List *et al.*, 2003; Petrakis & Xepapadeas, 2003; Brunnermeier & Levinson, 2004; Cabello, 2004; Duvivier & Xiong, 2013). En el caso chileno, los referidos cambios regulatorios podrían haber desencadenado un aumento en la dispersión de la localización de las actividades de producción y un desplazamiento no deseado de los centros de cultivo de peces.

## ANTECEDENTES

### Decisiones de localización y regulación ambiental

La hipótesis central para el análisis sobre la decisión de localización de una empresa es que tal elección esté guiada por el criterio de maximización de beneficios. La decisión de localización puede afectar los beneficios a través de su impacto en costos, por ejemplo, debido a mayores y mejores oportunidades de acceso a insumos necesarios para el proceso productivo, y a servicios relacionados con características apropiadas, entre otros. De igual modo, si la actividad productiva genera impactos ambientales, los niveles de exigencia de las regulaciones, así como el costo de cumplir con las mismas podrían afectar también la decisión de localización. Las empresas tenderían a localizarse en regiones o zonas con regulaciones más laxas, y/o cuyo

cumplimiento involucra costos más bajos, y/o donde el control regulatorio es menos exigente.

La decisión de localización de empresas y su relación con el diseño de la regulación ambiental ha recibido creciente atención en la literatura. Rauscher (1995), y más recientemente Petrakis & Xepapadeas (2003) muestran, en distintos contextos, que las empresas podrían preferir ubicarse en zonas con esquemas regulatorios más permisivos; incluso cuando ya están instaladas, existiría la posibilidad que posteriormente se muevan hacia zonas con regulaciones ambientales más débiles. Desde una perspectiva empírica, Levinson (1996) utilizando datos de corte transversal de un censo de manufactura en Estados Unidos, encontró que diferencias en los niveles de exigencia regulatorios no siempre afectan las decisiones de localización de las empresas. No obstante, Brunnermeier & Levinson (2004) realizaron un análisis de las diferencias en las exigencias regulatorias y discuten una serie de trabajos basados en paneles de datos y otras técnicas econométricas que controlan por problemas de endogeneidad. Tomado en conjunto, estos estudios sugieren que el efecto de las diferencias regulatorias entre zonas geográficas podría ser importante para la decisión de localización de la planta o empresas. Más recientemente en un contexto de regulaciones ambientales descentralizadas, Duvivier & Xiong (2013) presentan evidencias para China respecto a que, debido a que la contaminación tiende a cruzar las fronteras entre provincias, las empresas tienden a localizarse preferentemente en condados localizados en los límites provinciales. Esto sustenta la idea de respuesta de las empresas en relación a su localización dependiendo del contexto regulatorio que enfrentan.

### La regulación de la acuicultura en Chile

La autoridad reguladora de la actividad acuícola es la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Esta Subsecretaría es responsable de la administración de actividades pesqueras y acuícolas del país, así como también de proponer normas y formular la política pesquera nacional. El control y cumplimiento de las regulaciones y normas que rigen la actividad pesquera y acuícola es realizado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), organismo también dependiente del Ministerio de Economía. En el caso específico de la acuicultura, existen también otros organismos con atribuciones reguladoras y/o fiscalizadoras, con competencias sobre asuntos específicos como aspectos laborales, localización y operación de las concesiones en el territorio marítimo, etc.

El marco legal general para el desarrollo de la actividad pesquera y acuícola es provisto por la Ley General de Pesca y Acuicultura de 1991 (LGPA) y sus modificaciones. El texto refundido de la LGPA se presenta en el Decreto N°430 de 1992. Naturalmente, existen otros textos legales y reglamentarios que son también relevantes. Estos incluyen la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300 de 1994) y el cuerpo de reglamentos y resoluciones particulares asociados a la LGPA.

Es interesante notar que aunque la LGPA contempló regulaciones sobre la actividad acuícola, ésta era poco significativa a nivel nacional durante la primera mitad de la década de los 90', periodo en que se aprobó este cuerpo legal. No es sino hasta principios de la década pasada que se aprueban los reglamentos básicos para el funcionamiento de la acuicultura. Este marco regulatorio incluye el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), Decreto Supremo (DS) N°320 de 2001, y el Reglamento Sanitario (RESA) contenido en el Decreto Supremo (DS) N°319 del año 2002.

La acuicultura se desarrolló entonces, primeramente, bajo el marco legal provisto por la Ley y posteriormente por reglamentos relacionados. En contraste con la experiencia de otros países, la regulación de la acuicultura en Chile surgió como respuesta al desarrollo exhibido por la industria. Una descripción breve de la experiencia regulatoria de la industria salmónica en Noruega, Escocia y Chile se encuentra en Asche & Bjørndal (2011).

Una explicación para esta evolución más bien tardía del marco regulatorio específico de la acuicultura nacional es que las prioridades consideraron primeramente identificar las áreas susceptibles de ser asignadas para concesión (áreas habilitadas). En este sentido, la industria se expandió, hasta que se enfrentó a la necesidad de generar nuevas reglamentaciones, como las identificadas previamente.

El análisis de los distintos escenarios regulatorios que han afectado el desarrollo de la actividad acuícola en Chile, y en particular las decisiones de localización, sugiere que son tres los hitos regulatorios importantes observados durante el periodo de estudio. El primer hito es la entrada en vigencia de la LGPA el año 1991. En esos años se genera un marco regulatorio básico bajo el cual se desarrollará la actividad en el futuro. A partir de esta Ley, surgen dos reglamentos que tienden a generar directrices conducentes a ordenar el sector; estos son: Reglamento sobre Limitación de áreas de las Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (D.S. N°550 de 1992) y Reglamento de Concesiones de Acuicultura (D.S. N°290 de 1993).

El segundo hito ocurre el 2001, periodo en que se modifica la Ley y se incluye un conjunto de normas que tienden a ordenar al sector, dando origen a la denomi-

nada Nueva Ley de Pesca. Este nuevo marco legal contempló varias modificaciones relevantes para la acuicultura. Entre otras, es pertinente mencionar aquí la modificación de los requisitos de sometimiento al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Durante el 2001 se establece también el Reglamento Ambiental de la Acuicultura (RAMA), que entre otras cosas, reglamenta la distancia mínima por tipos de centros para aquellos que se concesionen a partir de su entrada en vigencia. Previo a la reglamentación establecida en el RAMA, la Ley señalaba una distancia mínima entre centros pero dejaba al reglamento el establecimiento de las condiciones técnicas para dar cumplimiento a esta limitación. El RAMA estableció como se haría efectiva esta limitación y pone en práctica esta norma. Un análisis de la regulación ambiental que afectaba a la acuicultura chilena hasta el 2006 se puede revisar en Bermúdez (2007).

El tercer hito identificado como relevante para este análisis ocurre el 2005. En este año se promulga la Ley 20.091 que introduce modificaciones a la LGPA en materia de acuicultura. Se introduce la posibilidad de que la concesión caduque, es decir, las concesiones pierden la posibilidad de ser derechos perpetuos a todo evento al incorporarse un mínimo de operación para que tales derechos continúen vigentes. También se incorporan otras medidas tendientes a evitar que agentes que no desarrollen la actividad soliciten concesiones con un fin especulativo; incluyendo, por ejemplo, modificaciones al régimen de concesiones y autorizaciones de acuicultura, además de la simplificación de trámites, y requerimiento de patente única de acuicultura, entre otros. Posterior al 2005, la legislación ha incorporado medidas principalmente sanitarias gatilladas fundamentalmente por la irrupción del virus ISA. Entre las medidas adoptadas se puede destacar la zonificación del área donde se desarrolla mayormente la actividad productora de salmónidos. Los barrios, como se denominó a esta división, fueron establecidos en la Resolución N°450 del 2009 de SERNAPESCA. Los barrios o agrupación de concesiones son zonas donde existen concesiones de salmónidos, creadas con un fin sanitario, permitiendo a la autoridad imponer medidas que permitan contener la propagación del virus ISA.

En el mismo año 2009 la Resolución Exenta N°1449 estableció un número de peces máximo en etapa de engorda dependiendo del tamaño en metros cúbicos de la balsa jaula y de la especie cultivada. Además, dicho decreto establece periodos de descanso anuales por barrio, período en el cual los centros localizados en un determinado barrio en periodo de descanso no podrán ingresar peces para su cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos

En este estudio se utiliza una base de datos proporcionada por Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Chile para los centros concesionados hasta agosto de 2012. Esta base de datos contiene información de la especie para la cual la concesión fue autorizada, tamaño y coordenadas geográficas del centro y año de concesión según decreto del Servicio Nacional de Pesca y según la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (Ex Subsecretaría de Marina) del Ministerio de Defensa Nacional del Gobierno de Chile. La Tabla 1 muestra un resumen con el número de concesiones contempladas en este estudio por región y tipo de organismos autorizados para cultivar.

### Análisis

El análisis inicial considera todo el territorio nacional; sin embargo, se desarrolla con especial atención sobre los centros localizados desde la región de Los Lagos hacia el sur, dada la fuerte concentración de la actividad en esa zona geográfica. Este análisis incluye un análisis estadístico descriptivo de la evolución de las concesiones acuícolas a través del tiempo y en el espacio geográfico.

El análisis formal de la evolución de la relación espacial a través del tiempo se realizó utilizando el índice I de Moran y el índice LISA. Se consideró la zona geográfica comprendida entre la región de Los Lagos y la región de Magallanes, porque en esa zona se concentra la mayor cantidad de centros. Para realizar el análisis se dividió el territorio utilizando como unidad mínima territorial los distritos censales, que corresponden a una división geográfica de las comunas con fines censales. El tamaño del distrito censal es asignado en las zonas rurales de acuerdo a la población y número de viviendas, y en el caso de las zonas rurales, generalmente de acuerdo a la superficie. El tamaño de los distritos es mayor para zonas no pobladas o escasamente pobladas. De igual forma, estos distritos muchas veces son divididos en zonas ubicadas en el mar y tierra, existiendo la posibilidad que los distritos ubicados en tierra contengan lagos y ríos donde se pueda practicar la acuicultura.

Ello implica contar con un total de 335 distritos de distinto tamaño para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Los índices I de Moran y LISA se calcularon para el número de centros acuícolas por distrito. El índice I de Moran mide el grado de asociación espacial en todo el territorio, valores positivos indican que zonas con mayor número de centros tienden a agruparse (acercarse) en el espacio, valores negativos indican que zonas con alta cantidad

de centros se alternan con zonas con pocos centros. El índice LISA (I local de Moran) permite analizar en el espacio, los clúster o distintos grupos de centros concesionados identificados. Luego de calcular el índice de LISA se utiliza un mapa que permite representar los distintos grupos de acuerdo a los valores del índice.

El análisis respecto a la evolución del uso del espacio a través del tiempo incluye también el estudio de la relación entre la distancia entre centros concesionados y tamaño de los centros. El análisis de estas variables se realizó utilizando estadística descriptiva.

De manera análoga al análisis de concentración espacial, el análisis econométrico respecto a los factores determinantes de las decisiones de localización utiliza información de los centros ubicados desde la región de Los Lagos hacia el sur. Los enfoques tomados en la literatura aplicada para estudiar la elección de un sitio con fines productivos y, en especial, el efecto de regulaciones sobre la elección de localización de una empresa son variados (*e.g.*, Guimarães *et al.*, 2003). Para explicar la relación entre el número de centros observados y la zona donde se ubican, se consideró una metodología similar a la presentada en Duvivier & Xiong (2013), con la variante que en este caso se consideró un modelo Poisson para panel, a diferencia de los autores que utilizaron un modelo ZIP (Zero Inflate Poisson). El modelo Poisson es un modelo estadístico utilizado cuando la variable dependiente representa el número de veces que ocurre un evento. El modelo ZIP es un modelo Poisson con un ajuste para corregir el sesgo generado cuando la variable dependiente contiene muchos valores cero (ver detalles en Green, 2003).

El número de centros existentes en un distrito censal estaría determinado tanto por variables asociadas a características de los distritos, como también por características de los centros. En este caso el modelo Poisson panel realiza un seguimiento del número de centros por localidad a través del tiempo, permitiendo evaluar cómo el número de centros por distrito reacciona a las características de los centros existentes y de los distritos.

Para el análisis descrito se cuenta el número total de centros existentes en cada distrito separado por tipo de organismos cultivados. Además, se rescatan características de los centros que existían en el año anterior para evaluar cómo influyen estas características en la elección del distrito para la localización de centros. De igual modo, la especificación del modelo considera características geográficas de los distritos. También se incluyen otras variables de control, tales como zona geográfica donde está el centro, variables que intentan capturar las condiciones económicas imperantes en el momento que se concesionó el centro, las variables tem-

**Tabla 1.** Número de centros concesionados por región y tipo de organismos cultivados entre 1979 y 2012. S: salmónidos, RB: recursos bentónicos, OP: otros peces, RB-S: recursos bentónicos y salmónidos, RB.OP: recursos bentónicos y otros peces, O: otros cultivos.

Región	Tipo de organismos cultivados						N° total de centros por región
	S	RB	OP	RB-S	RB-OP	O	
Arica y Parinacota		10					10
Tarapacá		17	1				18
Antofagasta		10					10
Atacama		82	1				83
Coquimbo	2	67			1		70
Valparaíso		1					1
Biobío		11					11
La Araucanía		13		1			14
Los Ríos	10	14		1			25
Los Lagos	515	1554		34		1	2104
Aysén	685	4				1	690
Magallanes	64			1			65
N° total de centros por organismos cultivados	1276	1783	2	37	1	2	3101

porales que identifican los hitos regulatorios y variables cruzadas para evaluar las posibles interacciones entre los determinantes más relevantes. La Tabla 2 resume las variables utilizadas en el modelo estimado.

Se estimaron dos regresiones para el número de centros existentes en un distrito en un año determinado. La primera estimación corresponde al número de centros de salmónidos en el distrito y la segunda considera el número de centros de moluscos en el distrito.

El análisis está centrado en tres aspectos claves a evaluar: a) efecto que ha tenido la regulación respecto a la distancia entre centros sobre la localización de los mismos. Con tal propósito, se usó en la estimación la distancia media entre centros de aquellos centros ubicados en un distrito determinado (variable LDmcc); b) efecto del tamaño promedio de los centros en el periodo anterior sobre el número de centros por distrito en un periodo determinado (Lareacentk2). En este sentido, el incluir el tamaño medio de los centros permite separar el efecto del tamaño del centro del efecto de la distancia a la que se ubican los centros. El tamaño del centro tiene relación con la distancia a la que se pueden ubicar los centros puesto que influye en la disponibilidad de espacio para albergar más centros en el distrito; c) efecto del alejamiento de centros urbanos sobre el número de centros por distrito. El alejamiento de centros urbanos y el movimiento hacia el sur impone costos que las empresas deben asumir. Para medir este efecto se usaron cuatro variables: distancia media de los centros del distrito al puerto más cercano (distkpuert), distancia media de los centros a

las capitales provinciales (diskcaprov), distancia del distrito a las capitales provinciales (ddistcappr) y distancia del distrito a Puerto Montt (ddistptom). Las dos primeras variables capturan el efecto de la ubicación de los centros y la tercera variable (ddistcappr) separa el efecto de la ubicación de los centros del efecto de la ubicación del distrito. La cuarta variable captura el efecto de la lejanía del distrito respecto a Puerto Montt, por mucho tiempo el principal centro urbano, de procesamiento de los productos acuícolas.

## RESULTADOS

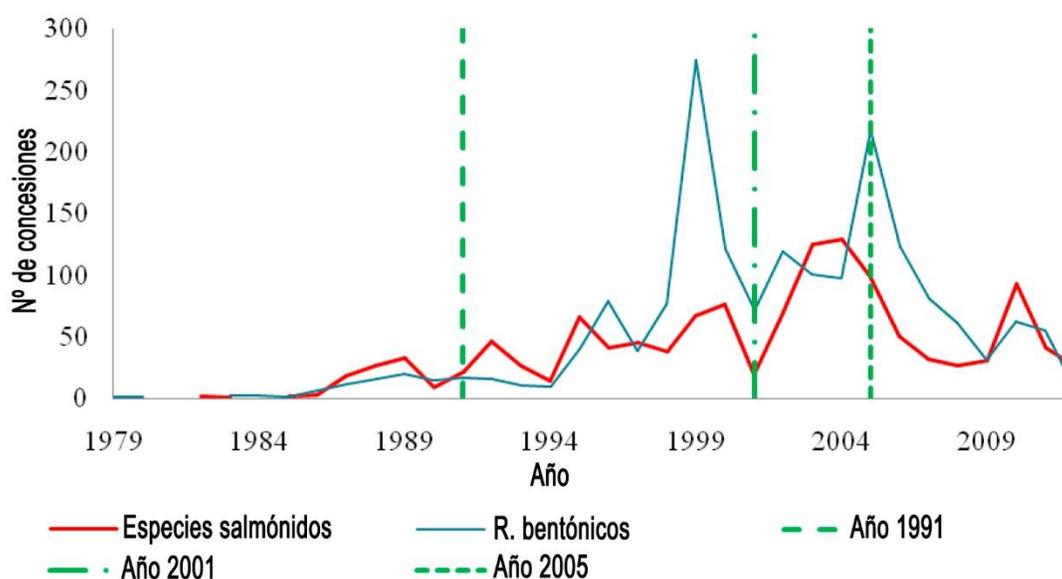
### Patrones de localización de la actividad acuícola en Chile y efectos regulatorios

La evolución temporal de los centros concesionados sugiere la presencia de periodos de fuerte expansión de las concesiones acuícolas. Por ejemplo, se observó una fuerte expansión en centros concesionados durante la segunda mitad de los 90', y luego entre 2002 y 2005. La expansión de concesiones de centros acuícolas se mantiene incluso durante el periodo de la crisis del 2007-2008, aunque a un ritmo significativamente inferior al observado en periodos previos.

La Figura 1 indica la evolución de las concesiones otorgadas para los dos principales cultivos. Se aprecia un crecimiento sostenido en la autorización de los centros con periodos de fuerte dinamismo e incrementos de concesiones y otros con bajas, donde el número de concesiones se redujo sustancialmente respecto al año anterior. Dos hitos a notar son el incre-

**Tabla 2.** Variables utilizadas en la estimación del modelo econométrico.

Tipo	Variable	Descripción
Características de los centros	LDmcc	Media de distancia al centro más cercano que tenían el año anterior los centros ubicados al interior del distrito.
	Lareacenk2	El tamaño medio de los centros en kilómetros cuadrados en el año anterior.
	distkpuert	La distancia media de los centros al puerto o muelle más cercano.
	diskcaprov	La distancia media de los centros a la capital provincial.
Características geográficas de los distritos	ddistptomo	Distancia del centro representativo del distrito (punto central equidistante de los límites del distrito) a Puerto Montt.
	ddistcapr areak2	Distancia del centro representativo del distrito a la capital provincial. km cuadrados del distrito.
Hitos regulatorios	y_92to01	Variable que toma valor 1 entre los años 1992 a 2001, cero en otro caso.
	y_02to05	Variable que toma valor 1 entre los años 2002 a 2005, cero en otro caso.
	y_06to12	Variable que toma valor 1 entre los años 2006 a 2012, cero en otro caso.
Otras variables de control	psalmon	Promedio anual del precio del salmón en dólares por kg.
	trend	Variable de tendencia. 0 el primer año y crece 1 unidad cada año.
	Lsalmonido	El porcentaje sobre el total de centros que eran centros de salmónidos el año anterior.
	region11	Variable que toma valor 1 para los distritos ubicados en la región de Aysén, cero en otro caso.
	region12	Variable que toma valor 1 para los distritos ubicados en la región de Magallanes, cero en otro caso.
VARIABLES DE INTERACCIÓN	X#Y	Es una variable que corresponde a la multiplicación entre la variable X y la variable Y. X e Y corresponden a las variables descritas previamente.

**Figura 1.** Relación entre el número de centros con autorización de concesión y el año en que se concesionaron por grupo de especies. Las líneas verticales muestran los hitos regulatorios identificados previamente en el texto central.

mento de las concesiones previo a la entrada en vigencia del RAMA, años 2000 al 2003, y la posterior caída de las concesiones entre 2006 y 2008, periodo

donde se gestó la crisis del salmón producto del virus ISA.

La mayor parte de los centros corresponden a recursos bentónicos y salmónidos localizados en el mar. Se observa una cantidad importante de centros concesionados en ríos o esteros en el caso de recursos bentónicos. Este ha sido un aspecto controversial y que ha motivado modificaciones para evitar que lagos y ríos de poco caudal sean utilizados para la acuicultura. La primera modificación de la LGPA que tuvo este fin fue introducida en las modificaciones a la Ley introducidas el 2005. Sin embargo, sigue siendo un tema vigente puesto que estos cuerpos de agua, ríos y lagos, son lugares con alto potencial turístico, actividad que compete con la acuicultura por el uso del espacio geográfico (Tabla 3).

La acuicultura se desarrolla principalmente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, sin embargo desde su inicio, se concentra fuertemente en la región de Los Lagos. Durante parte del periodo considerado en el estudio, la región de Los Lagos incluía cinco provincias. A partir del año 2007 una de las provincias de esta región (Valdivia) se convirtió en la región de Los Ríos. Para efectos del estudio, la región de Los Lagos incluye las provincias de Osorno, Llanquihue, Chiloé y Palena. De los 3.101 centros con concesión en el periodo estudiado, 2.104 se localizan en Los Lagos, mientras que 690 están localizados en Aysén. Sin embargo, mientras las concesiones en la región de Los Lagos corresponden tanto a recursos bentónicos como a salmónidos, aquellas ubicadas en la región de Aysén corresponden casi exclusivamente a salmónidos. En este sentido la industria acuícola-bentónica está concentrada fuertemente en Los Lagos. Es importante notar también que mientras las concesiones para salmónidos se han autorizado casi exclusivamente entre Los Ríos y Magallanes, las concesiones para producción de recursos bentónicos, aunque concentradas en Los Lagos, se encuentran

también en el resto del territorio, incluyendo la zona norte del país.

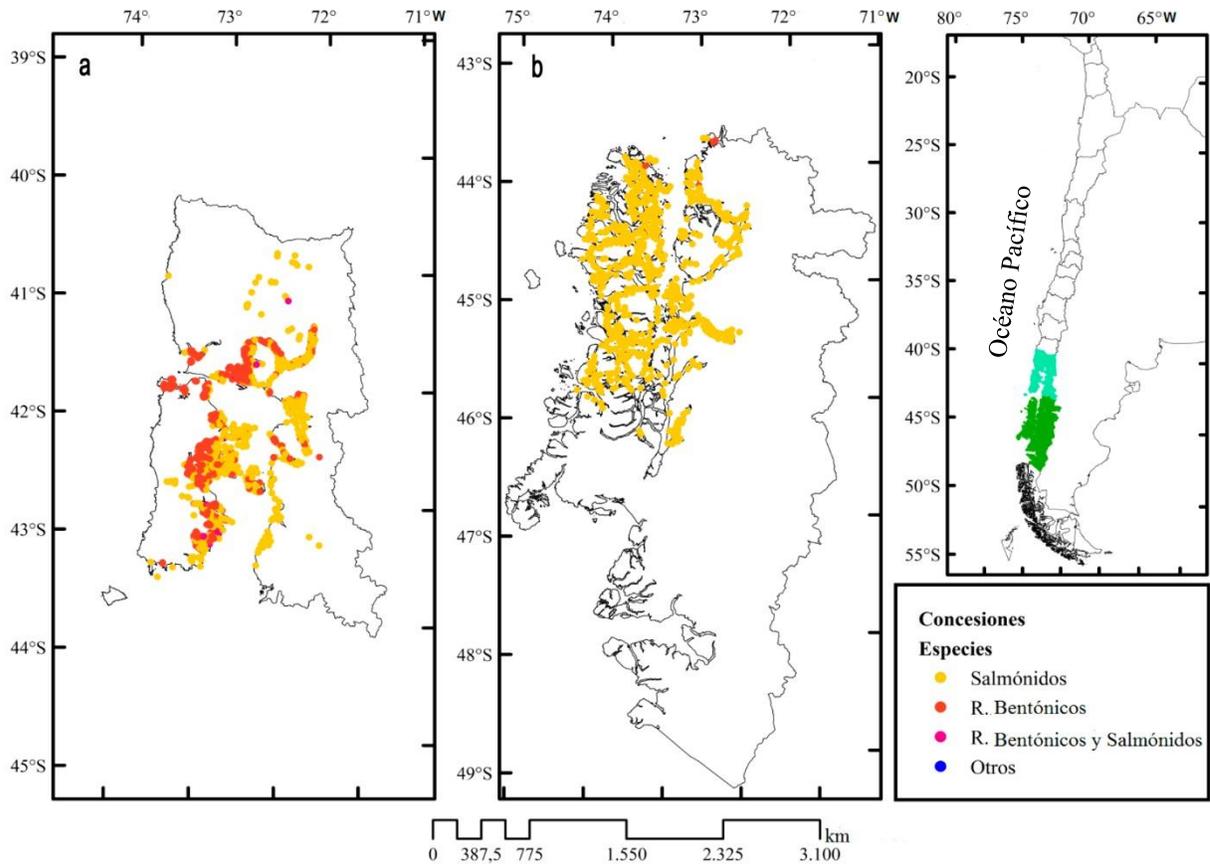
La alta concentración de la actividad acuícola se reproduce también al interior de estas divisiones político-administrativas a nivel de territorio comunal (Fig. 2). El patrón de desarrollo territorial se caracteriza por el surgimiento de enclaves geográficos, con alta concentración de centros en zonas geográficas específicas. Los Lagos presenta centros dedicados al cultivo de distintos organismos interactuando en el mismo espacio geográfico, ubicándose en la costa interior desde Puerto Montt hasta más allá de Quellón, frente al Parque Nacional Corcovado. Un análisis más detallado de los centros sugiere que, si bien los centros se ubican a más de 1 km de distancia entre ellos, las concesiones cubren gran parte de las zonas frente a la costa, (Fig. 2). Respecto a la región de Aysén, por características propias de la zona, los centros muchas veces rodean completamente las islas frente al territorio continental.

Esta exploración respecto del desarrollo espacio-temporal de la acuicultura, incluye también un análisis descriptivo del desarrollo de concesiones por regiones a través del tiempo. El cambio en la localización de las concesiones para producción de salmónidos es diferente entre las décadas de los 90' y 2000'. Mientras que durante las dos primeras décadas del desarrollo acuícola, la actividad acuícola de salmónidos se concentraba en Los Lagos, durante la última década la actividad inicia una decidida expansión hacia el sur de la Patagonia. Es importante notar que hasta ahora, las concesiones acuícolas en la zona patagónica tienden a concentrarse en Aysén, pero continúan expandiéndose hacia Magallanes (Tabla 4).

El cambio en la localización de los centros de acuicultura es más claro observando la ubicación de los centros en Los Lagos y Aysén (Fig. 3).

**Tabla 3.** Número de centros concesionados por grupo de organismos cultivados y tipo de cuerpos de agua donde se encuentran ubicados (1979-2012).

Tipo de organismos	Tipo de cuerpos de agua			Total
	Mar	Lago o laguna	Río o estero	
Salmónidos	1182	43	51	1276
Recursos bentónicos	1374	2	407	1783
Otros peces	2			2
Salmónidos y R. bentónicos	32	1	4	37
R. bentónicos y otros peces	1			1
Otros cultivos	2			2
Total por cuerpo de agua	2593	46	462	3101



**Figura 2.** Mapa de centros concesionados en las regiones de a) Los Lagos y b) Aysén. Los puntos simbolizan la ubicación del centro y el color corresponde al tipo de organismos cultivados.

En la Figura 3 se observa que los centros autorizados antes de 1990 (puntos amarillos), estaban localizados principalmente en la región de Los Lagos y paulatinamente, los centros comenzaron a poblar zonas ubicadas al sur de Puerto Montt, para finalmente comenzar a poblar las zonas ubicadas en la región de Aysén. En Aysén también se puede distinguir que este movimiento ha sido de este a oeste, partiendo mayoritariamente en zonas cercanas a los asentamientos urbanos del este hacia las islas ubicadas frente a Puerto Aysén. La evidencia sugiere que en ambas regiones, al principio se fueron ubicando cerca de asentamientos urbanos y a medida que la industria creció, se fueron considerando zonas más alejadas en busca de condiciones apropiadas para el cultivo.

Los resultados de este análisis para el tamaño promedio de centros con autorización de concesión se indican en la Tabla 5, donde las concesiones muestran variaciones en su tamaño a través del tiempo. En principio, durante los 80', la concesión promedio tenía un tamaño de 4 a 140 ha. Después de los 90' el tamaño medio pasó de 4 y 16 ha. De igual modo, existen diferencias en el tamaño de las concesiones entre los

distintos tipos de organismos. Generalmente, las concesiones de salmónidos tienden a ser más grandes que las de recursos bentónicos, no obstante, cuando dichas diferencias existen, no son sustancialmente grandes.

El cálculo del tamaño promedio de los centros autorizados para cada región muestra que, en general, los centros son más pequeños a medida que se ubican en zonas localizadas más al sur. La Tabla 6 indica el promedio de centros con autorización de concesión por tipo de organismos, según región. En ésta se nota la existencia de un patrón espacial en el tamaño de los centros que es similar entre tipo de organismos. Mientras más al sur se encuentre el centro, menor es el tamaño promedio del mismo. Específicamente, se detecta que en el caso de los centros de salmónidos, los centros pasan de un tamaño medio de 14 ha en las regiones de Los Lagos y Los Ríos, a solo 7 ha en la región de Magallanes. Esto indica una disminución en el tamaño medio de los centros ubicados hacia el sur de la Patagonia. Es importante notar que no necesariamente a menor tamaño del centro es menor la producción que genera, esto porque la jaula puede tener

**Tabla 4.** Número de centros concesionados por región para el periodo 1979-2012. AP: Arica y Parinacota, TAR: Tarapacá, ANT: Antofagasta, ATA: Atacama, CO: Coquimbo, VAL: Valparaíso, BIO: Biobío, AR: La Araucanía, RIO: Los Ríos, LA: Los Lagos, AYS: Aysén, MA: Magallanes.

Año de la concesión	Región de concesión												Total de centros del período
	AP	TAR	ANT	ATA	CO	VAL	BIO	AR	RIO	LA	AYS	MA	
<1990		3	4	10	14			3	5	112	5		156
1991-1994				11	11	1	3	3	10	142	11	5	197
1995				6	3			4	4	56	29	6	108
1996				3	8			1	2	94	12	1	121
1997			1	1	3			1		69	8		83
1998				7	3		1		1	95	9		116
1999				1	8		2		1	277	50	2	341
2000		3		6	4		1			125	56	3	198
2001				2	6					79	4	1	92
2002				3			1	1		129	51	6	191
2003		1		5						136	73	14	229
2004		1		7	2				2	103	107	6	228
2005		2		5	2		1			236	66	4	316
2006	2	1			2					146	24		175
2007	1		3	2			1			83	24		114
2008		2	2	4						56	22	1	87
2009	2	1		5	1			1		28	18	7	63
2010	3	1		2	2					77	67	3	155
2011	2	3		3	1		1			51	33	2	96
2012										10	21	4	35
Total de centros por región	10	18	10	83	70	1	11	14	25	2104	690	65	3101

mayor profundidad. No se cuenta con información adicional para identificar cual es la causa de la disminución del tamaño del centro, pero es razonable suponer que debiera existir alguna relación entre el tamaño del centro y la producción, más aún cuando la tecnología de producción (jaulas) es similar entre centros (Tabla 7).

Como se mencionó previamente, la distancia entre centros está explícitamente regulada en el RAMA. Para analizar la evolución de la distancia entre centros, se calculó la distancia mínima de un centro al centro más cercano. Luego se obtuvo el promedio de dicha distancia para los centros ubicados en una zona geográfica específica.

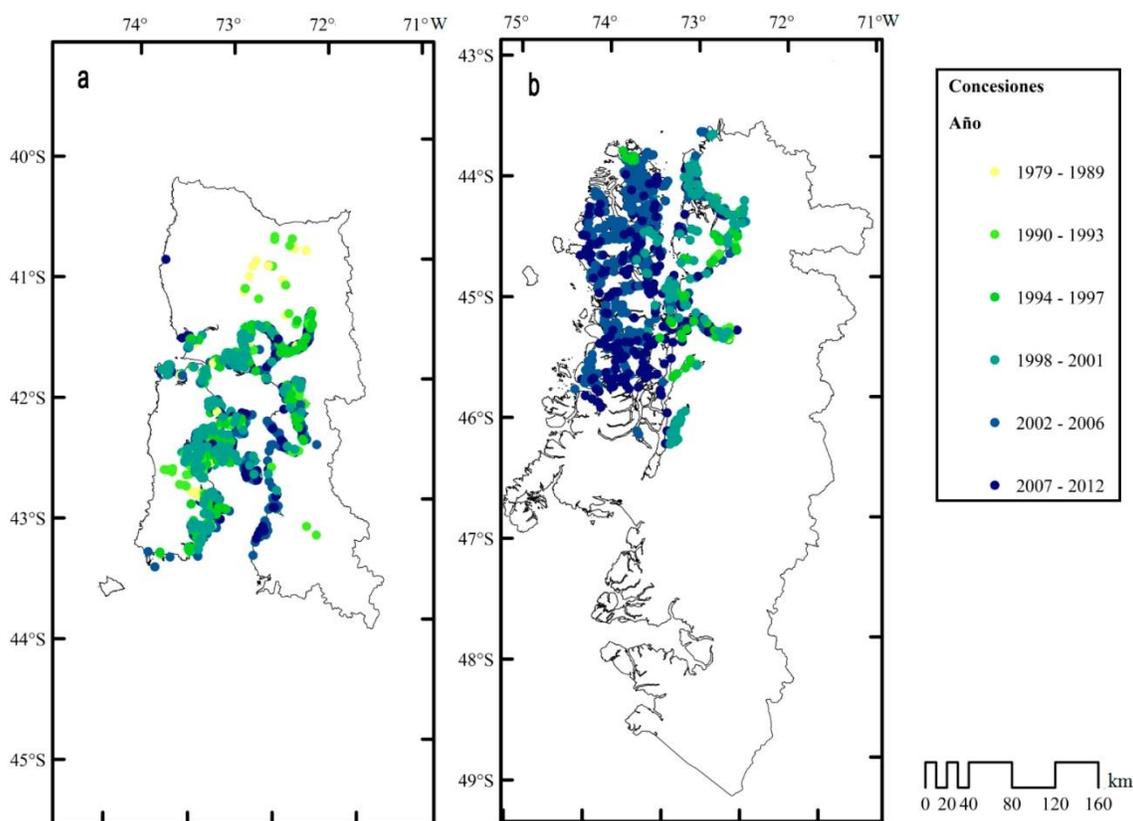
La Tabla 7 indica que, en términos generales y también según región, la distancia promedio al vecino más cercano entre centros autorizados ha disminuido a través del tiempo, estabilizándose a partir de 2005. Es notable la diferencia existente entre regiones donde claramente se destaca la distancia media a la cual se ubican los centros en la región de Magallanes, que alcanza a un poco más de 5 km.

En general, se observa que los centros ubicados en ríos y en el mar están en promedio más cerca que los

ubicados en lagos. Al analizar la evolución de la distancia por región, se observa también que después de 2001 casi no ha variado la distancia media a la que se ubicaron los centros.

Al diferenciar por tipo de organismos cultivados y el cuerpo de agua, los resultados no cambian (Anexo 1). En general, los centros se han tendido a concentrar; sin embargo, existen diferencias por organismos cultivados y según región donde se localizan los centros. Este análisis se basa en la distancia entre todos los centros en un año específico. No obstante, es relevante preguntarse qué sucede cuando se considera la decisión de las empresas al analizar la distancia a la que se ubican sólo los nuevos centros, dejando de lado los centros existentes. De los resultados se obtiene que los centros concesionados después de 2005 se han ubicado a mayor distancia que sus predecesores.

En relación con el análisis de correlación espacial a través del tiempo, la Tabla 8 muestra el índice I de Moran y los estadígrafos asociados al índice. Estos resultados sugieren que para los cuatro años analizados ha existido correlación espacial leve positiva y significativa. Los centros que existían en 1991 estaban más concentrados que los de años posteriores, pero



**Figura 3.** Mapa de centros concesionados en la región de a) Los Lagos y b) Aysén. Los puntos simbolizan la localización del centro donde el color representa el año en que fue concesionado.

también eran mucho menos, y estaban agrupados y distribuidos en la región de Los Lagos.

En 2001 el índice cae a 0,029. En este periodo ya se habían concesionado muchos más centros y se ubicaron más al sur. En 2005 y 2012 el índice aumentó, duplicándose el 2005 y subió levemente el 2012. El índice LISA y el gráfico de sus valores permiten revisar cómo se han desplazado los centros en el tiempo. Los resultados del índice LISA se muestran en la Figura 4 para los cuatro años de interés.

Para cada año se calculó el índice I de Moran con los centros existentes y se graficaron sus resultados (Tabla 8 y Fig. 4). Como se observa, en 1991 los centros se concentraban alrededor de Puerto Montt y en Chiloé. Sin embargo, también se presentan agrupamientos de centros más al sur. En 2001 las zonas donde se agrupan los centros se desplazan hacia la región de Aysén. En ese año ya se aprecia una fuerte concentración de centros al sur de la isla de Chiloé. En 2005 el agrupamiento de los centros se había intensificado expandiéndose a los distritos aledaños al sur de la isla de Chiloé y a zonas ubicadas hacia el este. La Figura 4 para el periodo más reciente (año 2012) muestra la

intensificación de la concentración de centros en la zona antes señalada.

### Resultados del análisis econométrico de factores determinantes de la decisión de localización

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones econométricas respecto de los factores determinantes de la decisión de localización (Tabla 9). Una lectura correcta de los resultados requiere notar que las variables de interacción muestran el cambio en el efecto de una variable relacionada a la variable que la multiplica con relación también a la situación base. Por ejemplo, el coeficiente asociado a la variable distancia media entre los centros del periodo anterior (LDmcc) corresponde al efecto de LDmcc, después, LDmcc#y\_92to01 muestran el efecto adicional por sobre el de LDmcc para el periodo 1992-2001 con respecto a la situación base, correspondiente al periodo 1980-1991. De esta forma se puede revisar si el efecto de LDmcc es distinto en el periodo 1992-2001. El mismo cambio es obtenido por la multiplicación de las variables Region11 y Region12 que miden la diferencia en el parámetro que multiplica a esta variable para los

**Tabla 5.** Tamaño promedio anual (ha) de centros por año de concesión y tipo de organismos cultivados. El valor corresponde al promedio de todos los centros concesionados en un año para los organismos indicados. S: salmónidos, RB: recursos bentónicos, OP: otros peces, RB-S: recursos bentónicos y salmónidos, RB-OP: recursos bentónicos y otros peces, O: otros cultivos.

Año de concesión	Tipo de organismos cultivados						Tamaño medio anual de las concesiones (ha)
	S (ha)	RB (ha)	OP (ha)	RB-S (ha)	RB-OP (ha)	O (ha)	
1979		4,0					4,0
1980		136,8					136,8
1981				35,6			35,6
1982	3,9						3,9
1983	4,2	9,1			6,8		7,3
1984		4,7					4,7
1985	11,7						7,8
1986	42,6	13,1					23,0
1987	22,5	13,4					19,0
1988	18,3	10,5		13,8		0,8	14,9
1989	25,9	55,2		9,7			34,6
1990	6,2	9,0		2,8			7,7
1991	8,3	20,7		8,8			13,5
1992	12,6	24,6		11,1			15,4
1993	13,5	19,2		41,6			17,8
1994	7,9	3,0		3,3			5,8
1995	12,4	10,6		10,8			11,7
1996	13,1	8,5		49,6			10,4
1997	16,9	14,9					16,0
1998	11,0	7,2		6,0			8,4
1999	8,5	3,7					4,6
2000	7,4	5,2		3,5			6,0
2001	7,2	8,1		5,0			7,9
2002	9,7	5,5		1,6		1,0	7,0
2003	8,1	8,4	24,5	3,2			8,2
2004	8,7	8,6		5,1			8,6
2005	7,0	12,5					10,8
2006	9,0	13,4		15,3			12,1
2007	9,0	10,9		18,0			10,5
2008	9,0	19,0					16,0
2009	11,0	12,0	10,0				11,4
2010	10,7	16,1					12,9
2011	6,8	15,5					11,8
2012	6,6	8,0					6,9
Tamaño medio del período	10,4	10,2	17,2	14,4	6,8	0,9	10,3

centros ubicados en la región de Aysén y/o región de Magallanes con respecto a la situación base que, en ese caso, es la región de Los Lagos.

De los resultados de los modelos presentados para los centros de salmónidos y de moluscos, se observa que el número de centros existentes en un distrito se

relaciona negativamente con la distancia media que existía el año anterior entre los centros del distrito (LDmcc). Este efecto tiene una mayor magnitud desde 1992 en adelante, donde el mayor efecto estimado se determinó durante el periodo 1992-2001. Este resultado sugiere que la legislación influyó sobre la distancia que

**Tabla 6.** Tamaño promedio anual de centros concesionados por región y tipo de organismos cultivados. El valor corresponde al tamaño promedio de todos los centros de la región donde fue concesionado para el tipo de organismos indicados. S: salmónidos, RB: recursos bentónicos, OP: otros peces, RB-S: recursos bentónicos y salmónidos, RB-OP: recursos bentónicos y otros peces, O: otros cultivos.

Región	Tipo de organismos cultivados						Tamaño promedio de la región (ha)
	S (ha)	RB (ha)	OP (ha)	RB-S (ha)	RB-OP (ha)	O (ha)	
Arica y Parinacota		14,7					14,7
Tarapacá		37,6	24,5				36,9
Antofagasta		29,3					29,3
Atacama		20,9	10,0				20,7
Coquimbo	50,5	40,3			6,8		40,1
Valparaíso		38,9					38,9
Biobío		5,4					5,4
La Araucanía		1,6		1,6			1,6
Los Ríos	14,1	2,2		49,6			8,9
Los Lagos	13,6	8,1		13,6		1,0	9,5
Aysén	8,2	2,4				0,8	8,1
Magallanes	6,6			20,1			6,8
Tamaño promedio por tipo de organismos	10,4	10,2	17,2	14,4	6,8	0,9	10,3

**Tabla 7.** Distancia promedio en km entre centros autorizados por cuerpo de agua y región, en 1991, 2001, 2005 y 2012. La distancia está definida como la distancia mínima desde el punto ubicado justo en el centro de la concesión (centroide) hasta el homónimo de la concesión más cercana.

Año	Región	Mar	Lago o laguna	Río o estero	Promedio región
1991	Los Ríos		4,8	6,0	5,3
	Los Lagos	2,9	5,1	3,5	3,3
	Aysén	10,7			10,7
	Magallanes	696,0			696,0
	Promedio año	8,4	5,1	4,0	7,5
2001	Los Ríos		4,8	1,7	2,2
	Los Lagos	1,2	4,0	0,3	1,0
	Aysén	3,3		3,3	3,3
	Magallanes	18,2			18,2
	Promedio año	1,9	4,1	0,4	1,6
2005	Los Ríos		4,8	1,5	2,0
	Los Lagos	0,9	3,9	0,3	0,8
	Aysén	3,0		3,3	3,0
	Magallanes	5,8			5,8
	Promedio año	1,6	3,9	0,4	1,4
2012	Los Ríos		4,8	1,5	2,0
	Los Lagos	0,9	3,8	0,3	0,8
	Aysén	2,8		3,3	2,8
	Magallanes	5,0			5,0
	Promedio año	1,5	3,9	0,3	1,4

separaba los centros propiciando que el número de centros por distrito sea menor mientras mayor sea la distancia media entre los centros. Este efecto difiere en términos de magnitud para cada hito analizado

(Parámetros LDmcc#y\_92to01, LDmcc#y\_02to05 y LDmcc#y\_06to12). Sin embargo, un test estadístico sobre la igualdad de los parámetros para los distintos periodos regulatorios, muestra que no hay diferencias

**Tabla 8.** I de Moran para los centros ubicados de la región de Los Lagos al sur, en 1991, 2001, 2005 y 2012. E[I]: valor esperado de I bajo la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación espacial, V: varianza estimada de I, z: estadígrafo de prueba bajo la hipótesis nula de no autocorrelación, P: valor P asociado a la hipótesis nula).

Indicador	1991	2001	2005	2012
I de Moran	0,155	0,029	0,044	0,049
E[I]	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
V	0,000	0,000	0,000	0,000
z	13,990	4,182	4,711	5,028
P	0,000	0,000	0,000	0,000

entre el parámetro de LDmcc#y\_92to01 y el de LDmcc#y\_02to05. Por ejemplo, a la misma distancia media entre los centros, un distrito tendrá menos centros antes de 1991 que después de 1991, controlado por las características del distrito y las otras variables incluidas en las estimaciones. En términos espaciales, el resultado indica que el efecto de la distancia entre los centros es menor para los centros ubicados en la región de Magallanes.

El tamaño medio de los centros no influye en el número de centros de salmónidos del distrito hasta 1991 (Lareacenk2). Luego de este periodo, el signo negativo de la variables Lareacenk2#y\_92to01, Lareacenk2#y\_02to05 y Lareacenk2#y\_06to12, sugiere que el tamaño medio de los centros del distrito influye negativamente en los centros existentes en la zona. Para el caso de los centros de moluscos el efecto del tamaño del centro tiene una dirección contraria al caso de los salmónidos. El tamaño de los centros que prevalecía el año anterior (Lareacenk2) se relaciona positivamente con el número de centros del año en curso, siendo mayor el efecto durante el periodo 2006-2012 (Lareacenk2#y\_06to12).

La distancia de los centros a puertos o a la capital provincial del distrito (distkpuert o diskcaprov, respectivamente) indica dos efectos que no pueden ser separados en el modelo. Si se piensa en término de costos, menor distancia a estos lugares implica reducción en costos de transporte para abastecimiento, mejor posibilidad de reclutar mano de obra y otras economías producto de la aglomeración. Sin embargo, otros factores podrían ser importantes para alejarse de centros urbanos como por ejemplo condiciones ambientales. Generalmente, zonas con mejores cualidades ambientales no se encuentran cerca de los centros urbanos. Por lo tanto, el signo negativo de estas variables implica que es más importante ubicarse cerca de centros urbanos y el signo positivo implica que otros

factores son más importantes. La Tabla 9 muestra que el signo de ambas variables es positivo tanto para salmónidos como moluscos.

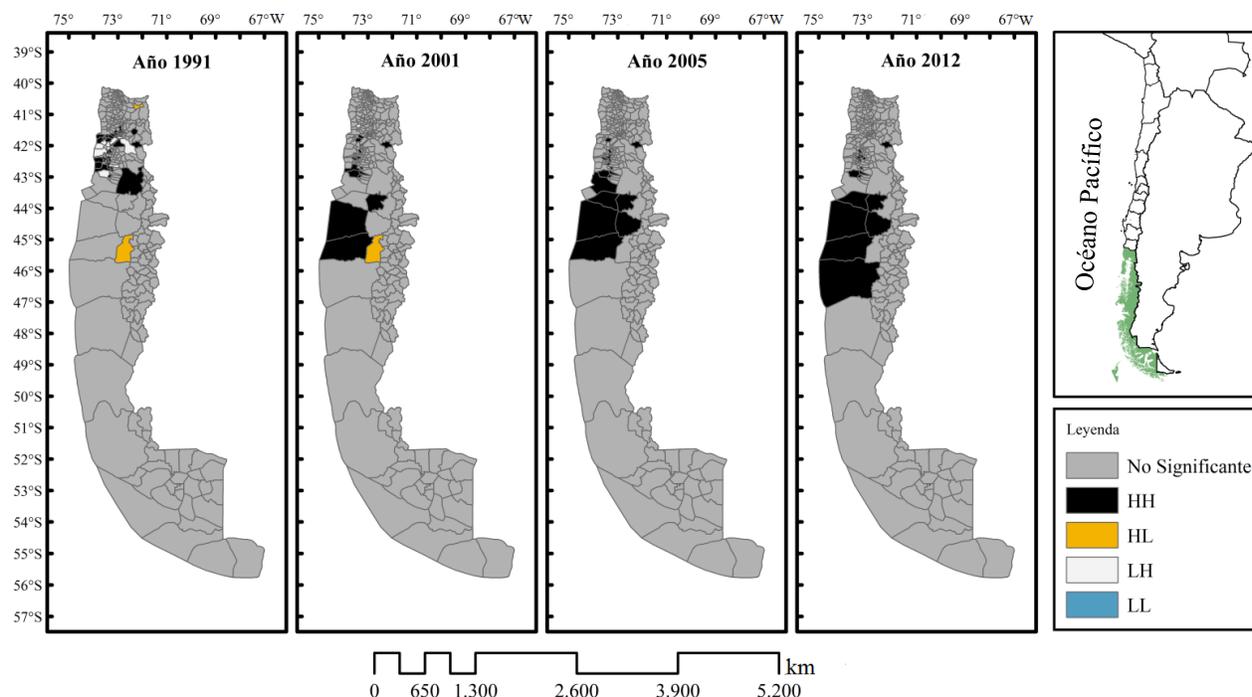
Los modelos también permiten revisar que ocurre en términos espaciales y temporales con la evolución de los centros. Como regla general se observa que distritos más distanciados de Puerto Montt o de las capitales provinciales tienen menos centros (notar el signo negativo de las variables ddistptomo, ddistcappr); en el espacio la distancia respecto a Puerto Montt significa estar ubicado más al sur y la distancia respecto a las capitales provinciales cercanas implica estar ubicado más al este. También al comparar la magnitud de los parámetros asociados a region11 (Región de Aysén) y region12 (Región de Magallanes) se nota que, en el caso de los centros de moluscos, los distritos ubicados más al sur debieran presentar menor número de centros dado que los parámetros de región12 son mayores en valor absoluto.

Las variables y\_92to01, y\_02to05, y\_06to12 y tred muestran lo que es natural en la evolución de los centros, a medida que ha ido pasando el tiempo los distritos tienen mayor número de centros. Finalmente, Lsolmonido, variable que mide el porcentaje de centros de salmónidos del periodo anterior, puede ser considerada una media del atractivo a formar conglomerados entre productores del mismo tipo de organismos, dado que su signo positivo para el número de centros de salmónidos (y el signo negativo en Moluscos), implica que los centros de este tipo tienden a concentrarse en distritos donde ya existe este tipo de centros.

## DISCUSIÓN

En este estudio se ha realizado un análisis descriptivo del desarrollo espacio-temporal de la actividad acuícola en Chile, con particular atención a los centros concesionados, considerado también un análisis de correlación sobre la base de un panel de datos, a través del cual se estimó un modelo de elección de sitios para explorar los factores determinantes de la decisión de localización de los centros acuícolas.

Del análisis realizado se concluye la existencia de incrementos en las concesiones en periodos cercanos a los hitos regulatorios identificados. Desde la región de Los Lagos hacia el sur, el establecimiento de las nuevas concesiones exhibe un patrón de uso del territorio que se caracteriza por patrones de concesiones que se desplazan de norte a sur y de este a oeste. Los centros concesionados tendieron a ubicarse primeramente en lugares cercanos a asentamientos urbanos, para posteriormente expandirse hacia zonas más aisladas. Existe evidencia estadística que apunta a que los centros se



**Figura 4.** Representación de Índices LISA para los años 1991, 2001, 2005 y 2012. Los distritos se clasificaron según su significancia estadística en: distritos no significantes, distritos significantes de valores altos (HH), distritos significantes de valores bajos (LL), distritos significantes de valor atípico donde un distrito de valor alto está rodeado principalmente por distritos de valores bajos (HL) y distritos de valor atípico donde un distrito de valor bajo está rodeado principalmente por distrito de valores altos (LH).

tienden a concentrar en el espacio. Más aun, cuando se considera la manera que los centros se concentran en distintos momentos del tiempo, se observa que los centros pasaron de concentrarse en torno a Puerto Montt y la zona este de la isla de Chiloé, a poblar y agruparse en zonas al sur de la isla de Chiloé.

En principio no se observa un patrón claro respecto al tamaño de los centros. Sin embargo, después de los 90' el tamaño promedio del centro se va estabilizando en torno a las 10 ha. La distancia media entre los centros disminuyó a través del tiempo, estabilizándose a partir del año 2005 en torno a 2 km.

Las estimaciones econométricas muestran que existe una relación inversa entre la distancia de los centros y el número de centros del distrito en el periodo, siendo mayor el efecto después de 1991. Este resultado sugiere que la legislación influyó en cómo se distribuyeron los centros, propiciando la dispersión espacial de los centros de cultivo. Este efecto parece ser más importante entre 1992 y 2005. Las estimaciones muestran que, en el caso de salmónidos, a mayor distancia de un distrito respecto de la capital provincial se incrementa el número de centros. De igual forma, las concesiones de salmónidos tienden a ubicarse en zonas

donde existen otros centros de estas especies, concentrándose en zonas geográficas reducidas. Esto último corrobora lo expuesto por Perlman & Juárez-Rubio (2010), quienes señalan que existen otros factores, tales como economías de escala y encadenamientos productivos, que favorece la concentración de los centros en zonas geográficas reducidas. Entonces, el modelo corrobora los resultados preliminares obtenidos a partir del análisis descriptivo, puesto que la mayor distancia entre los centros genera un menor número de centros en un distrito dado. Sin embargo, esto está estrechamente relacionado a que una mayor distancia y tamaño puede ser alcanzado solo en distritos con mayor tamaño. Precisamente, estos distritos están ubicados en zonas más australes, hacia donde debiera tender a desplazarse la actividad acuícola si se impone una mayor distancia entre los centros.

La evidencia sugiere entonces que el número de centros por distrito se reduciría al incrementar la distancia entre los centros. En este sentido la dirección que han tomado los cambios regulatorios respecto a estos dos parámetros (número de centros en una zona geográfica y distancia entre ellos), podría ser una de las causas que promovió la expansión de la acuicultura hacia

**Tabla 9.** Estimaciones del modelo Poisson panel para el número de centros de moluscos y centros de salmones por distrito. \* $P < 0,1$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \*\*\* $P < 0,01$ .

Variable	Salmónidos	Moluscos
Constante	-2.0747***	-2.6248***
LDmcc	-0.0155**	0.0048
LDmcc # y_92to01	-0.0640***	-0.2817***
LDmcc # y_02to05	-0.0624***	-0.2912***
LDmcc # y_06to12	-0.0512***	-0.2872***
LDmcc# region11	0.0084	0.0046
LDmcc# region12	0.0455***	0.2844***
LDmcc#areak2	0.0000009***	0.00000008
Lareacenk2	-0.2018	1.7456***
Lareacenk2#y_92to01	-0.4540*	0.3176
Lareacenk2#y_02to05	-0.7546**	0.9660
Lareacenk2#y_06to12	-1.1497***	3.6688***
Lareacenk2#region11	5.0681***	11.7434
Lareacenk2#region12	-5.6941***	17.7706
areak2	0.0003**	-0.0003
areak2#region11	-0.0002	0.0000
areak2#region12	-0.0003*	0.0002
distkpuert	0.0261***	0.0673***
diskcaprov	0.0534***	0.0727***
ddistptom	-0.0230***	-0.0627***
ddistcappr	-0.0374***	-0.0540***
y_92to01	0.3485***	1.4862***
y_02to05	0.4747***	1.8543***
y_06to12	0.5098***	1.5067***
psalmon	-0.0177	
trend	0.0530***	0.0714***
Lsalmonido	0.0091***	-0.0124***
region11	0.0707	-5.4439*
region12	-2.7295	-8.3258*
Constante Ln(alpha)	0.4448***	1.1642***

zonas australes, donde es posible emplazar los centros más alejados unos de otros. La evolución natural de este poblamiento de zonas australes ha tendido a generarse en torno a zonas relativamente cercanas a los asentamientos urbanos.

La actividad acuícola se desarrolla usando espacios geográficos que son heterogéneos en cuanto a características ambientales, económicas y sociales. Considerando esta heterogeneidad en conjunto con el patrón de desarrollo espacio-temporal de la industria acuícola en Chile, así como el impacto probable de las regulaciones que pudieron haber incentivado el desplazamiento de centros de cultivo hacia las regiones de Aysén y Magallanes, una implicancia es que el diseño regulatorio debiera ser diferenciado por zonas geográficas, lo cual requiere información científica y tecnológica detallada, previo al otorgamiento de

concesiones así como evaluación frecuente y sostenida a través del tiempo.

El desplazamiento de la actividad acuícola hacia el sur de la Patagonia, en conjunto con un incremento en la dispersión de la actividad productiva en el referido territorio, podría no ser deseable en términos de las consecuencias ambientales que genera. No obstante que el problema trasciende el ámbito de este trabajo, a la luz de los resultados expuestos, no está claro si una actividad acuícola desplazada hacia el sur del territorio y más dispersa, es más o menos deseable que una actividad concentrada en un espacio más acotado del territorio. En particular, la mayor dispersión podría ser una fuente potencial de generación de mayores externalidades negativas distribuidas espacialmente, y fuente de conflicto con otros usos del espacio geográfico, impactos que tienden a atenuarse con la concentración. En este sentido, las regulaciones futuras de la acuicultura debieran anticipar eventuales consecuencias no deseadas respecto al comportamiento de la población regulada, incluyendo, entre otros, las decisiones de localización.

Finalmente, el patrón detectado respecto a la expansión de las actividades de la industria acuícola chilena hacia las regiones de Aysén y Magallanes, tiene relevancia no solamente asociada a los potenciales impactos ambientales de la actividad y la necesidad (y nueva oportunidad), para un mejor diseño regulatorio que intente conciliar la búsqueda de beneficios económicos con la protección del medio ambiente, los impactos sociales involucrados y la competencia por el uso del espacio geográfico con otras actividades productivas. El desarrollo de la industria acuícola en la Patagonia chilena constituye también un desafío en términos de la necesidad de provisión de infraestructura apropiada para la actividad y de oferta de trabajo calificado que pueda satisfacer adecuadamente las nuevas demandas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Leonardo Vargas por su valioso apoyo en la preparación y manejo de las bases de datos y la construcción de los mapas para este artículo. Los autores también agradecen los útiles comentarios de dos evaluadores anónimos y del Editor Asociado de Latin American Journal of Aquatic Research. Finalmente, agradecemos el apoyo financiero provisto por el Centro Interdisciplinario para la Investigación en Acuicultura (INCAR) a través de CONICYT/FONDAP/15110027. M. Estay agradece financiamiento parcial para esta investigación a través del Núcleo Milenio en Economía Ambiental y de Recursos Naturales Proyecto RS 130001 de la ICM.

## REFERENCIAS

- Abdalla, CH., L.E. Lanyon & M. Hallberg. 1995. What we know about historical trends in firm location decisions and regional shifts: policy issues for an industrializing animal sector. *Am. J. Agr. Econ.*, 77(5): 1229-1236.
- Asche, F. & T. Bjørndal. 2011. The economics of salmon aquaculture. Wiley-Blackwell, Chichester, 237 pp.
- Arismendi, I., J. Sanzana & D. Soto. 2011. Seasonal age distributions and maturity stage in a naturalized rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) population in southern Chile reveal an ad-fluvial life history. *Ann. Limnol. Int. J. Lim.*, 47: 133-140.
- Becker, R. & V. Henderson. 2000. Effects of air quality regulations on polluting industries. *J. Polit. Econ.*, 108(2): 379-421.
- Bermúdez, J. 2007. Política y regulación ambiental de la acuicultura chilena. *Rev. Derecho*, 28: 307-333.
- Barton, J. & A. Fløysand. 2010. The political ecology of Chilean salmon aquaculture, 1982-2010: a trajectory from economic development to global sustainability. *Global Environ. Change*, 20(4): 739-752.
- Brunnermeier, S. & A. Levinson. 2004. Examining the evidence on environmental regulations and industry location. *J. Environ. Dev.*, 13: 6-41.
- Buschmann, A.H. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Terram Publicaciones, Santiago, 67 pp.
- Buschmann, A., B. Costa-Pierce, S. Cross, J. Iriarte, Y. Olsen & G. Reid. 2007. Impacto de los nutrientes de centros de cultivos de salmón Atlántico (*Salmo salar*) en ecosistemas pelágicos y consecuencias para la capacidad de carga. Informe Final del grupo de trabajo técnico sobre nutrientes y capacidad de carga para el diálogo sobre salmonicultura-WWF. (<http://worldwildlife.org/aquadialogues>). Revisado: 10 Mayo 2014.
- Buschmann, A., F. Cabello, K. Young, J. Carvajal, D. Varela & L. Henríquez. 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean Coast. Manage.*, 52: 243-249.
- Buschmann, A.H., V. Riquelme, M. Hernández-González, D. Varela, J.E. Jiménez, L.A. Henríquez, P.A. Vergara, R. Guíñez & L. Filún. 2006. A review of the impacts of salmon farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES J. Mar. Sci.*, 63: 1338-1345.
- Cabello, F.C. 2004. Antibiotics and aquaculture in Chile: implications for human and animal health. *Rev. Med. Chile*, 132: 1001-1006.
- Decreto N°430/1992. Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°18.892, de 1989 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, [<http://www.leychile.cl/N?i=13315&f=2013-01-01&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- Decreto N°320/2001. Reglamento ambiental para la acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca, [<http://www.leychile.cl/N?i=192512&f=2012-02-27&p=>]. Revisado: 20 junio 2014.
- Decreto N°319/2002. Aprueba reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas. Deroga Decreto N°162, de 1985. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca, [<http://www.leychile.cl/N?i=194194&f=2014-06-04&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- Decreto N°290/1993. Reglamento de concesiones de acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, [<http://www.leychile.cl/N?i=11990&f=2011-08-20&p=>]. Revisado: 11 de junio 2014.
- Decreto N°550/1992. Reglamento sobre limitación de áreas de las concesiones y autorizaciones de acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, [<http://www.leychile.cl/N?i=14179&f=1993-03-11&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- Engle, C.R. 2010. Mariculture, economic and social impacts. *Marine Policy and Economics, a Derivative of Encyclopedia of Ocean Sciences*, Porter Hoagland, 2: 236-244.
- Duvivier, Ch. & H. Xiong. 2013. Transboundary pollution in China: a study of polluting firms location choices in Hebei province. *Environ. Dev. Econ.*, 18: 459-483.
- Gelcich, S., T.P. Hughes, P. Olsson, C. Folke, O. Defeo, M. Fernández, S. Foale, L.H. Gunderson, C. Rodríguez-Sickert, M. Scheffer, R.S. Steneck & J.C. Castilla. 2010. Navigating transformations in Governance of Chilean Marine Coastal Resources. *PNAS*, 107(39): 16794-16799.
- Greene, W.H. 2003. *Econometric analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 1026 pp.
- Guimarães, P., O. Figueirido & D. Woodward. 2003. A tractable approach to the firm location decision problem. *Rev. Econ. Stat.*, 85(1): 201-204.
- Gyllenhammar, A. & L. Håkanson. 2005. Environmental consequence analyses of fish farm emissions related to different scales and exemplified by data from the Baltic-a review. *Mar. Environ. Res.*, 60: 211-243.

- Levinson, A. 1996. Environmental regulations and manufacturers' location choices: evidence from the census of manufactures. *J. Public. Econ.*, 62: 5-29.
- Ley N°19300. 1994. Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente. Ministerio Secretaría General de La Presidencia. [<http://www.leychile.cl/N?i=30667&f=2010-11-13&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- List, J., D. Millimet, P.G. Fredriksson & W. Warren-McHone. 2003. Effects of environmental regulations on manufacturing plant births: evidence from a propensity score matching estimator. *Rev. Econ. Stat.*, 85(4): 944-952.
- Mente, M., G.J. Pierce, M. Begoña & C. Neofitou. 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquacult. Int.*, 14(5): 499-522.
- Niklitschek, E.J., D. Soto, A. Lafon, C. Molinet & P. Toledo. 2013. Southward expansion of the Chilean salmon industry in the Patagonian Fjords: main environmental challenges. *Rev. Aquacult.*, 5: 172-195.
- Nordvang, L. & T. Johansson. 2002. The effects of fish farm effluents on the water quality in the Aland archipelago, Baltic Sea. *Aquacult. Eng.*, 25: 253-279.
- O'Ryan, R. & M. Pereira. 2015. Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: the case of Chile. *Mar. Policy*, 51: 322-330.
- Perlman, H. & F. Juárez-Rubio. 2010. Industrial agglomerations: the case of the salmon industry in Chile. *Aquacult. Econ. Manage.*, 14(2): 164-184.
- Petrakis, E. & A. Xepapadeas. 2003. Location decisions of a polluting firm and the time consistency of environmental policy. *Resour. Energy Econ.*, 25: 197-214.
- Phillips, M. 2010. Mariculture overview. *Marine Policy and Economics, a Derivative of Encyclopedia of Ocean Sciences*, Porter Hoagland, 2: 171-178.
- Pitta, P., E.T. Apostolaki, T. Tsagaraki, M. Tsapakis & I. Karakassis. 2006. Fish farming effects on chemical and microbial variables of the water column: a spatio-temporal study along the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 563: 99-108.
- Rauscher, M. 1995. Environmental regulation and the location of polluting industries. *Int. Tax Public. Finan.*, 2(2): 229-244.
- Resolución N°450/2009. Establece zonificación que indica. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca; Servicio nacional de Pesca, [<http://www.leychile.cl/N?i=287248&f=2009-02-16&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- Resolución N°1449/2009. Establece medidas de manejo sanitario por área. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, [<http://www.leychile.cl/N?i=1003741&f=2014-03-19&p=>]. Revisado: 11 junio 2014.
- Sepúlveda, M., I. Arismendi, D. Soto, F. Jara & F. Farias. 2013. Escaped farmed salmon and trout in Chile: incidence, impacts, and the need for an ecosystem view. *Aquacult. Environ. Interact.*, 4: 273-283.

*Received: 15 July 2014; Accepted: 9 June 2015*