



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Programa Magíster en Economía Aplicada

**¿CUÁLES SON LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DECISIÓN DE
OPERACIÓN DE LAS EMPRESAS ACUÍCOLAS SALMONERAS EN CHILE?**

**Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
de la Universidad de Concepción para optar al grado de Magíster en
Economía Aplicada**

Por: Pablo Avendaño Urra

Profesor Guía: Manuel Estay Montecinos, PhD.

Agosto 2026, Concepción, Chile.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Para Annie, Pablo e Ignacio, mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

Terminar un trabajo de investigación con éxito es una tarea ardua, no solo porque requiere ser muy riguroso y que todo esté debidamente documentado, sino también porque, a veces, la motivación decae, y es en esos instantes cuando uno agradece a las personas que lo rodean y acompañan durante el proceso. En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Pablo y Annie, por estar siempre presentes, preguntarme cómo me fue y apoyarme en cada etapa. En segundo lugar, agradezco a Ignacio, mi pareja, por impulsarme e inspirarme a seguir adelante pese a cualquier dificultad, recordándome constantemente mis capacidades. Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi profesor guía, Manuel, por su disposición, por todo lo que me enseñó, por haberme aceptado como su alumno tesista y, sobre todo, por su paciencia.

Sin ustedes, nada sería posible.

Además, agradezco el apoyo financiero para el desarrollo de esta tesis, proveniente del proyecto ANID/CONICYT FONDECYT Iniciación N.º 11230885.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	10
3.1 Evidencia Empírica	10
3.2 Marco teórico	17
4. METODOLOGÍA	24
5. DATOS	30
5.1 Justificación del uso de las variables	38
5.2 Análisis gráfico del uso licencias	39
5.3 Análisis de Correlaciones	44
6. RESULTADOS	46
6.1 Interpretación del modelo CRE (Correlated Random Effects)	50
6.2 Variables económicas	52
6.3 Variables ambientales	55
7. CONCLUSIONES	57
8. RECOMENDACIONES	59
9. LIMITACIONES	60
10. REFERENCIAS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadística descriptiva de las variables	30
Tabla 2 Coeficientes de los modelos estimados: Probit simple, IV Probit (simple y con errores en clúster), Logit panel con efectos fijos y CRE.....	47
Tabla 3 Efectos marginales de variables económicas del Modelo CRE	51
Tabla 4 Efectos marginales de variables ambientales del Modelo CRE	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Evolución mensual del número de licencias operativas y no operativas. Industria salmonera chilena, 2012-2023.....	41
Ilustración 2 Evolución del número de licencias operativas. Serie mensual y tendencia suavizada. Industria salmonera chilena, 2012-2023.....	42
Ilustración 3 Número de licencias operativas por región. Evolución mensual, 2012-2023.....	43
Ilustración 4 Matriz de Correlaciones.....	44

RESUMEN

La industria acuícola salmonera es una de las actividades productivas más relevantes de Chile, que además posee una posición competitiva a nivel internacional. Para desarrollar esta actividad, las empresas requieren una concesión de acuicultura otorgada por el Estado. Sin embargo, resulta llamativo que muchas empresas soliciten estas licencias y posteriormente no las utilicen, donde solo el 27% de las observaciones, en promedio, corresponde a licencias en operación. Esto plantea la pregunta de cuáles son los factores que influyen en la decisión de operación de una licencia de acuicultura en la industria salmonera de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Para responder esta pregunta, se utiliza información mensual de licencias de acuicultura entre 2012 y 2023 y se estima un modelo de Efectos Aleatorios Correlacionados (CRE). Los resultados muestran que la probabilidad de operación depende de una combinación de factores económicos y ambientales. Entre los primeros, la superficie concesionada y la presencia de otras licencias operativas aumentan la probabilidad de operación, mientras que una mayor distancia entre licencias la reduce. La concentración de la propiedad presenta efectos distintos según el horizonte temporal. En el ámbito ambiental, la mortalidad de peces y poseer condiciones anaeróbicas en el agua reducen la probabilidad de operación en el corto plazo.

ABSTRACT

Salmon aquaculture is one of Chile's most significant productive activities and holds a competitive position internationally. To engage in this activity, firms require an aquaculture concession granted by the State. It is notable, however, that many firms apply for these licenses and subsequently leave them unused: on average, only 27% of the observations correspond to licenses in operation. This raises the question of which factors influence the decision to operate an aquaculture license in the salmon industry of the Los Lagos, Aysén, and Magallanes regions.

To address this question, we use monthly data on aquaculture licenses for the period 2012–2023 and estimate a Correlated Random Effects (CRE) model. The results show that the probability of operation depends on a combination of economic and environmental factors. Among the former, the concession area and the presence of other operating licenses increase the probability of operation, whereas a greater distance between licenses reduces it. Ownership concentration exhibits different effects depending on the time horizon. On the environmental side, fish mortality and the presence of anaerobic conditions in the water reduce the likelihood of short-run operation.

1. INTRODUCCIÓN

Chile es el segundo productor mundial de salmónidos después de Noruega, y las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes son las zonas donde más se produce el recurso en el país (Estay, 2021). La presente investigación busca identificar los factores que determinan la operación de una licencia de acuicultura (en adelante, licencia). Formalmente, el objetivo general de esta investigación es determinar los factores que influyen en la decisión de uso de una licencia y, por lo tanto, en la operación de las empresas acuícolas salmoneras en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, Chile.

De acuerdo con la literatura, existen distintos factores que explican la decisión de operar una licencia, como los costos, las condiciones ambientales del lugar y la presencia de otros productores en el área, entre otros. En este contexto, la pregunta de investigación de este trabajo es: ¿Cuáles son los factores que influyen en la decisión de operar de las empresas acuícolas salmoneras en Chile?

La importancia de estudiar la decisión de operación radica en que la existencia de una licencia no implica necesariamente que esta sea utilizada de manera productiva. En este sentido, identificar los factores que influyen en la probabilidad de operación permite comprender mejor las decisiones de las empresas una vez que cuentan con un espacio autorizado para desarrollar la actividad. Además,

dado que las licencias corresponden a derechos de uso otorgados por el Estado, conocer las condiciones asociadas a su utilización resulta relevante para discutir la eficiencia en el uso de las concesiones y aportar evidencia para el diseño de políticas públicas relacionadas con la actividad acuícola.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación de esta tesis, se utiliza información operativa y productiva que abarca el período de 2012 a 2023, solicitada a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA, en adelante). Además, se incorporan datos de profundidad de las áreas usadas por la salmonicultura, obtenidos de la General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) de Open Topo Data (Open Topo Data, 2020). Adicionalmente, se incorporan datos de población provenientes del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) (INE, 2017).

Este documento se estructurará en los siguientes capítulos: marco de referencia, que comprende la revisión de la literatura, el marco teórico y el marco metodológico, para fundamentar de forma empírica y teórica la investigación; metodología, en la que se detalla el modelo utilizado; resultados, que presenta y analiza los hallazgos obtenidos; y conclusiones, con una síntesis de los resultados y recomendaciones de posibles estudios futuros.

2. ANTECEDENTES

En la salmonicultura, se entiende por operación la decisión de una empresa de ubicarse en un lugar adecuado para actividades acuícolas, instalando un centro de cultivo (centro, en adelante) con el fin de obtener ganancias. Una empresa está en operación si ya está ubicada en un lugar y produce. Las decisiones de operación y de localización están estrechamente relacionadas, ya que una precede a la otra y ambas están influidas por las mismas variables (Kulmambetova & Tveterås, 2025).

Algo importante a señalar es que solo podemos observar que en el sitio de concesión hay un centro si está operando efectivamente, de otra forma, solo podemos hablar de que existe una licencia. Por lo tanto, a lo largo de la investigación se hablará de la licencia, y la investigación es sobre la probabilidad de operación de una licencia.

Al solicitar una licencia, los titulares lo hacen en un lugar previamente seleccionado, que puede tener distintas condiciones ambientales y espaciales relevantes, como estar cerca de otros centros y áreas urbanas, lo cual reduce los costos de transporte, y es una de las razones para decidir localizarse o no (Estay & Chávez, 2015; Kulmambetova & Tveterås, 2025). La condición medioambiental del sitio también es un factor decisivo, considerando aspectos como la profundidad, la concentración de oxígeno en el agua y la temperatura. Si bien los

lugares con mayor aglomeración reducen costos, las mejores condiciones ambientales se alcanzan en zonas alejadas de los centros urbanos. Esto es algo importante a considerar, debido a que las condiciones ambientales están íntimamente ligadas con la productividad de los centros. Esto presenta una dicotomía y hace entender por qué la localización y la operación están ligadas: al seleccionar el sitio en donde se ubicará la producción, ¿es mejor reducir los costos de transporte pese a que las condiciones ambientales no sean buenas, o privilegiar las condiciones ambientales óptimas, aunque la instalación esté en un lugar remoto y aumente los costos, y aumente la productividad del centro? (Estay, 2021).

Siguiendo con esta dicotomía, se describe en la literatura que la industria genera daños al medio ambiente, debido a que utiliza productos químicos para evitar la transmisión de enfermedades entre las especies, lo que genera residuos que se liberan en el agua y causan impacto ambiental (Buschmann et al., 2009; Estay & Chávez, 2015; O’Ryan & Pereira, 2015). Por otro lado, la industria beneficia a la actividad económica, ya que se ha documentado que potencia el crecimiento económico de las zonas en las que se ubica, promoviendo, por ejemplo, la reducción de la pobreza (Ceballos et al., 2018) y la desigualdad (Cárdenas-Retamal et al., 2021). Es decir, genera resultados económicos favorables, pero también consecuencias desfavorables, lo que constituye uno de los principales desafíos de la industria, cuya decisión operativa compete tanto al ámbito público como al privado. En el primer caso, compete al ámbito público debido a que es

el Estado quien decide concesionar ciertos lugares con fines productivos y, para ello, otorga licencias. Para obtener una licencia de acuicultura se utiliza la figura de la concesión, que, según el Artículo 2, número 12, de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, en adelante), corresponde a un acto administrativo del Ministerio de Defensa Nacional, el cual otorga los derechos de uso de esta licencia por 25 años, renovables, para realizar actividades de acuicultura (Congreso Nacional de Chile, 1992).

En segundo lugar, implica una decisión privada, ya que son las firmas, y no el Estado, quienes deciden si producir o no. Para ubicar los centros, las empresas suelen preferir lugares estratégicos, cercanos a centros urbanos, en donde los costos de transporte y cercanía con proveedores de insumos sean convenientes. En el área ya existen otros centros de las mismas especies instalados, lo que propicia la concentración de la producción en áreas reducidas. Sin embargo, podrían existir otras razones para no preferir puntos concentrados, como las ambientales, ya que las zonas con mejor calidad ambiental no se encuentran cerca de los centros urbanos, lo que implica mayores costos de transporte. (Estay & Chávez, 2015).

Debido a los resultados ambientales desfavorables, la regulación ambiental resulta esencial para minimizar las externalidades de la acuicultura (See et al., 2021) . La regulación es incluso conveniente para las empresas, debido a que la degradación ambiental puede ocasionar disminuciones en la productividad de la

industria (Cao et al., 2007), y, por ende, las utilidades de las firmas se ven reducidas, como se mencionó anteriormente.

En la práctica, se observa que muchas empresas solicitan una licencia para producir, pero luego no la utilizan; es decir, tienen el permiso para instalarse y operar, pero no lo hacen. Por lo tanto, es importante conocer los factores que llevan a la utilización o no de las licencias para plantear políticas adecuadas, que hagan que la industria sea más eficiente. Si una empresa, en un principio, estaba convencida de solicitar una licencia y producir, es probable que lo hiciera considerando que las condiciones eran óptimas para la producción, teniendo en cuenta factores como regulaciones, el entorno ambiental y las perspectivas de ingresos, entre otros. Sin embargo, una vez que obtiene la licencia, las condiciones pueden haber cambiado significativamente. Esto podría llevar a las empresas a decidir esperar a ingresar al mercado hasta que se presenten condiciones más favorables. También es posible que, desde el principio, la decisión de solicitar la licencia se haya basado en motivos especulativos, ya que las licencias funcionan como un activo financiero hipotecable; es decir, quienes las poseen tienen derecho a venderlas o rentarlas (Bjørndal, 2002).

Al solicitar una licencia, el proceso, desde que se inicia hasta que la licencia es otorgada, puede demorarse entre uno y dos años, dependiendo de si es necesaria una Evaluación de Impacto Ambiental o no, según los trámites establecidos en el Reglamento (Congreso Nacional de Chile, 1993), aunque

también se señala que, antes del virus ISA, este procedimiento tardaba entre tres y cinco años (Vega, 2013).

A lo largo del tiempo que tarda la solicitud, múltiples factores pueden modificar las condiciones vigentes al inicio del trámite. Estos factores interconectados pueden abarcar ámbitos regulatorios, ambientales, sociales o económicos. Por ejemplo, un aspecto económico que parece relevante es el precio

del salmón en el mercado internacional, el cual es volátil y puede variar (Vega, 2013), lo que puede afectar la rentabilidad esperada del negocio y cambiar la decisión de operar.

Además, dado que los legisladores pueden modificar las leyes, existe la posibilidad de que se promulguen leyes, decretos o resoluciones que modifiquen la legislación durante el proceso de autorización de una concesión, lo que puede generar retrasos, aumento de costos o ambigüedad en el proceso. (Estay & Chávez, 2015).

Un ejemplo ilustrativo de este fenómeno son los cambios introducidos en la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), la cual ha sido objeto de varias modificaciones a lo largo de los años, que han afectado aspectos críticos como el plazo de las concesiones (de perpetua a 25 años renovables), las estipulaciones relativas a la caducidad y la transferencia de las concesiones. Estas modificaciones tienen el potencial de ejercer una influencia sustancial en

los proyectos existentes, obligando a los solicitantes a recalibrar sus estrategias conforme a la normativa recientemente promulgada. (Estay, 2021).

La regulación ha cambiado en gran medida debido al impacto ambiental que genera la industria, como por ejemplo la aparición del virus ISA en el 2007, lo cual creó las ACS (Asociación de Concesiones de Salmónidos), que es un barrio que agrupa distintas concesiones de acuicultura; todo esto para poder aplicar medidas diferenciadas en caso de daños al medio natural. Además, en el año 2009 se comenzó a implementar la suspensión de la actividad temporalmente por un período de tiempo, para mejorar las condiciones ambientales. Los escapes de peces, la disminución del oxígeno en el agua debido a la alta densidad de producción y el uso de antibióticos son algunos de los problemas que han surgido en este contexto. (Estay, 2021).

Por otro lado, quien solicita la licencia debe cumplir ciertos requisitos para mantener la concesión. En primer lugar, el artículo 69 bis de la LGPA establece que el titular debe iniciar la operación del centro dentro de un año desde la entrega de la concesión. Para determinar si una instalación está funcionando, su producción debe cumplir o superar los niveles mínimos de operación (NMO) estipulados por especie y área geográfica, los cuales no deben exceder el 50% de la operación máxima proyectada, establecida anualmente para la instalación de acuerdo con la resolución de calificación ambiental respectiva. Los NMO se obtienen calculando el 5% o el 8% de la producción anual máxima prevista por el

propietario, o de la producción anual histórica informada por el propietario a la autoridad reguladora, en los casos en que las concesiones carezcan de un proyecto técnico vigente (SUBPESCA, 2007).

Por otro lado, la ley señala que el titular puede paralizar sus operaciones por dos años consecutivos, teniendo la posibilidad de ampliar este período por el doble del período operativo que procedió a la suspensión, con un límite máximo de cuatro años (Congreso Nacional de Chile, 1992). Además, la concesión puede ser caducada según los artículos 141 y 142 de la ley por realizar actividades con un objetivo distinto por el cual se otorgó la concesión, incurrir en tres infracciones dentro de un plazo de dos años, no cumplir con los NMO, entre otras situaciones.

Todo lo anteriormente descrito da cuenta que la decisión de uso de una licencia, o su equivalente, operar, en un sitio autorizado por la licencia, depende de diversos factores tanto, económicos, ambientales, como sociales. En este contexto, es relevante responder a la pregunta de investigación de este trabajo considerando estos factores.

3. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Evidencia Empírica

La literatura identifica diversos factores o variables asociados a la decisión de operar de una empresa. Estos factores son principalmente asociados a los costos de producción, que incluyen costos de transporte, factores de aglomeración que afectan los costos, regulación ambiental que los incrementa, factores ambientales que los afecta indirectamente, entre otros (Guo et al., 2015). Estos elementos juegan un papel crucial en la formulación de estrategias empresariales, ya que influyen en la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de las organizaciones. La literatura menciona que las empresas operan con la lógica de la reducción de costos, seleccionando los sitios donde éstos son más bajos, por ejemplo, situándose en lugares en donde se esté más cerca de proveedores de materias primas, para reducir los costos de transporte. (Guo et al., 2015)

Sin embargo, existen casos especiales en los que las empresas no están tan interesadas en reducir sus costos, sino en ubicarse en un clúster, es decir, un lugar donde hay muchas empresas en un espacio reducido, lo que facilita la colaboración y la transferencia de conocimiento, lo que puede llevar a una innovación constante. Estos clústeres, como el de Silicon Valley en Estados Unidos, pueden atraer capital humano avanzado. (Niu et al., 2012). También se

observa el mismo fenómeno en la industria canadiense de biotecnología (Aharonson et al., 2004).

En general, se da el primer caso, donde la distancia entre el sitio de ubicación, y posterior operación, y cierta infraestructura relevante en una ciudad se ha utilizado para medir los costos asociados al transporte, tanto de materias primas, como de infraestructura necesaria para exportar la producción. Estay (2021) utiliza la distancia entre una licencia y el puerto más cercano, y entre la licencia y la capital regional para medir este factor. Mientras esta distancia sea menor, es decir, cuanto más cerca se esté de los puntos señalados anteriormente, mayor será la probabilidad de instalar un centro de producción, debido a la reducción de costos que genera la eficiencia logística.

Otro factor de costos importante es la aglomeración. Las firmas prefieren ubicarse cerca de otras del mismo tipo, debido a razones de generación de economías de escala y acceso a proveedores principalmente, lo cual es una decisión endógena: la localización depende de la ubicación de otras licencias. Las empresas acuícolas deciden localizarse en sitios donde ya existen otras licencias operando, y donde la distancia entre estos centros sea menor. Mientras más licencias existan operando, más atractivo es para las empresas la producción, debido a las economías de aglomeración que generan eficiencia en costos. Por otro lado, esta aglomeración fomenta el surgimiento de

enfermedades en los peces, y contagios de las mismas entre licencias (Estay, 2021).

La regulación ambiental y el entorno regulatorio desempeñan un papel central en la gestión de las licencias. A diferencia de otras industrias, la salmonicultura depende directamente del Estado, en tanto que este es quien define las áreas aptas para el desarrollo de la actividad y otorga las concesiones que habilitan la producción. En este sentido, la posibilidad misma de operar una licencia se encuentra condicionada institucionalmente desde su origen, ya que la concesión constituye un derecho de uso sujeto al cumplimiento de condiciones regulatorias específicas (Congreso Nacional de Chile, 1992; Estay, 2021). El tiempo de obtención de un permiso y la incertidumbre asociada al mismo también es un factor regulatorio importante (Stafford, 1985).

Adicionalmente, la regulación impone costos de cumplimiento asociados a exigencias ambientales, sanitarias y productivas, así como sanciones frente a prácticas que generan deterioro ambiental. Estos costos reducen la rentabilidad esperada de la producción y pueden incidir en la decisión de postergar, suspender o reactivar la operación de una licencia. En línea con la literatura sobre regulación y comportamiento empresarial, mayores cargas regulatorias o impositivas tienden a desincentivar la actividad productiva al incrementar los costos operativos asociados al cumplimiento normativo (Estay & Chávez, 2015; Ishikawa, 2014; Wu & Strange, 2000). Asimismo, los factores ambientales

influyen sobre los costos de producción y la productividad de las licencias. Si bien la concentración espacial de empresas puede generar reducciones de costos logísticos, una alta proximidad entre licencias puede intensificar la degradación ambiental, afectando negativamente la productividad y aumentando la probabilidad de sanciones regulatorias (Estay, 2021). Para caracterizar la condición ambiental de los sitios productivos, se utiliza el estado del oxígeno disuelto en el agua, información disponible en los Informes Ambientales de la Acuicultura (INFA), donde los sitios se clasifican como aeróbicos cuando presentan condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida, o anaeróbicos en caso contrario (SUBPESCA, 2023). En consecuencia, se espera que las empresas prefieran operar en sitios con condiciones aeróbicas, dado su efecto sobre la productividad y los incentivos a mantener la operación.

La regulación también afecta la operación mediante restricciones directas sobre la producción, tales como la exigencia de descansos sanitarios, el cumplimiento de niveles mínimos de operación y los mecanismos de caducidad de las concesiones frente a incumplimientos reiterados. Estas disposiciones introducen un componente dinámico en la decisión de operar, ya que un centro puede contar con una concesión vigente, pero no encontrarse efectivamente produciendo debido a restricciones regulatorias o sanitarias, aun cuando exista interés económico por operar (Congreso Nacional de Chile, 1992; Estay, 2021).

Por otra parte, el marco regulatorio ambiental influye indirectamente en la decisión de operación mediante su impacto en la calidad ambiental de los sitios productivos. Las licencias ubicadas en zonas con menor calidad ambiental registran niveles de productividad más bajos, mayores riesgos sanitarios y, en consecuencia, menores ingresos esperados, lo que reduce los incentivos para operar de forma continua. Este vínculo entre desempeño ambiental, regulación y resultados económicos ha sido ampliamente documentado para la industria acuícola chilena, especialmente tras la intensificación regulatoria posterior a la crisis sanitaria provocada por el virus ISA (Estay & Chávez, 2015; Salgado et al., 2015).

En este contexto, los cambios en el marco regulatorio también han tenido efectos en el patrón espacial de la actividad, promoviendo un desplazamiento gradual de las licencias hacia el sur del país, desde la zona de Puerto Montt hasta la región de Aysén. La evidencia histórica muestra una fuerte expansión de las licencias durante la segunda mitad de la década de 1990 y, posteriormente, entre 2002 y 2005. A partir de entonces, el número de licencias continuó creciendo a un ritmo menor, con dos períodos de contracción claramente identificables, asociados a la entrada en vigor del Reglamento Ambiental de Acuicultura (RAMA) y, posteriormente, a la aparición del virus ISA (Estay & Chávez, 2015).

En conjunto, estos elementos muestran que la regulación no solo condiciona dónde se instalan los centros acuícolas, sino también si, cuándo y en qué

condiciones estos centros deciden operar, convirtiéndose en un determinante clave de la probabilidad de operar a lo largo del tiempo, más allá de la mera localización inicial.

El problema de coordinación también es una variable relevante. Cuando hay muchas propietarias en la industria, puede significar un aumento del deterioro ambiental, debido a un mayor interés en maximizar las ganancias presentes, en desmedro de la protección del lugar donde se produce. Esto último se esperaría para asegurar la sostenibilidad del lugar, y poder seguir obteniendo ganancias en el futuro. Por lo tanto, el número de agentes es importante. Estay (2021) utilizó el índice Herfindahl-Hirschman (HHI) como una medida del grado de concentración de las licencias, lo cual permite observar el nivel de coordinación de los agentes. A medida que el índice HHI presenta valores más altos, se refleja una mayor concentración de la propiedad en un número menor de agentes. En el contexto de la acuicultura, una mayor concentración puede facilitar la coordinación de decisiones productivas y ambientales entre licencias cercanas, reduciendo comportamientos oportunistas y favoreciendo un manejo ambiental más eficiente. Esto puede traducirse en mejores condiciones ambientales, menores riesgos de sanciones regulatorias y, por ende, menores costos de producción, lo que convierte al grado de concentración de la propiedad en un factor relevante para la decisión de operación en la industria acuícola.

Por otro lado, las condiciones del mercado laboral local también influyen en las decisiones operativas de las empresas acuícolas. Una forma habitual de estimar el tamaño del mercado es a partir de la población de la región estudiada. Mercados más amplios tienden a ofrecer una mayor disponibilidad de capital humano especializado, mejor acceso a servicios complementarios y una infraestructura más desarrollada, elementos que pueden facilitar la operación de los centros productivos. En este sentido, existe evidencia que sugiere que las empresas prefieren ubicarse en zonas más pobladas, donde las condiciones económicas y logísticas resultan más favorables para el desarrollo de la actividad productiva (Estay, 2021).

Complementariamente, el entorno económico general y los niveles de incertidumbre asociados al contexto macroeconómico constituyen factores relevantes en las decisiones de localización y de operación empresarial. Una mayor incertidumbre económica, política o social puede aumentar el riesgo percibido de la inversión y afectar negativamente los rendimientos esperados, desincentivando el establecimiento o continuidad de operaciones en determinados territorios (Bloom, 2009; Cillari et al., 2021; Kellogg, 2014; Ofosu-Mensah Ababio et al., 2022). Esta relación ha sido documentada en distintas industrias intensivas en capital y recursos naturales, como la minería, donde la volatilidad económica se transmite a los precios de las materias primas y condiciona las decisiones de inversión y localización (Dehghani & Ataee-pour, 2012; Savolainen, 2016; Sunnevåg, 1998).

3.2 Marco teórico

El marco teórico de esta investigación se centra en la integración de diversas teorías que explican los factores determinantes de la decisión de operar de las empresas acuícolas salmoneras en Chile. La decisión de operación es un tema multifacético que involucra principalmente aspectos de costos, interrelacionados entre sí y que afectan la eficiencia y la sostenibilidad de la industria. Para abordar de manera coherente el problema de investigación, se considerarán teorías de la economía de recursos naturales, geografía económica, y estudios específicos de la industria acuícola.

Al principio, la literatura sobre ventajas comparativas sostenía que la razón por la que las empresas se ubicaban en diferentes lugares era que los recursos estaban fijos geográficamente, por lo que las firmas se instalaban donde existían estos recursos. Bajo este enfoque, las empresas tienden a instalarse en lugares con condiciones físicas favorables para la producción, como el clima o la disponibilidad de recursos naturales, lo que impulsa el desarrollo de determinadas industrias en regiones específicas. (Marshall, 1890; Krugman, 1991; Miron, 2010; Montes-Rojas, 2011). En el contexto de la industria acuícola salmonera, este razonamiento implica que las empresas buscan ubicaciones con condiciones ambientales adecuadas, tales como buena calidad del agua y

cercanía a los recursos necesarios para la producción, lo que condiciona tanto la localización como la posibilidad de operar los centros productivos.

Bajo este enfoque, la competencia entre firmas se encuentra fundamentalmente guiada por los costos de producción, los cuales dependen, entre otros factores, del precio de los insumos y de los costos de transporte. En presencia de costos fijos elevados, el número de ubicaciones en las que resulta económicamente viable desarrollar actividades productivas tiende a reducirse, dado que las empresas enfrentan incentivos a concentrar la producción en un número limitado de lugares (Kilkenny & Thisse, 1999). En este contexto, las firmas eligen su localización de modo de minimizar los costos de transporte, tanto de insumos como de productos finales (Porter, 1994; Montes-Rojas, 2011; Ohta & Thisse, 1993; Thisse, 2011). Asimismo, una disminución de los costos de transporte permite abastecer mercados más amplios desde un menor número de puntos productivos, lo que reduce la necesidad de múltiples centros económicos. En consecuencia, una economía caracterizada por grandes inversiones iniciales y bajos costos de transporte tiende a exhibir un desarrollo espacial desigual, con una elevada concentración de la actividad económica en unos pocos lugares, aun cuando la dotación de factores productivos sea relativamente homogénea en el territorio (Fujita & Thisse, 1996, 1996; Miron, 2010).

Estos mecanismos de concentración espacial están estrechamente vinculados a la literatura sobre economías de aglomeración. Marshall, uno de los pioneros en

el estudio de la localización industrial, sostuvo que la concentración de la industria manufacturera en determinadas regiones puede explicarse por la disponibilidad de trabajadores con habilidades específicas y por la existencia de proveedores de insumos especializados, lo que reduce los costos de producción y favorece la eficiencia productiva (Marshall, 1890). En este sentido, la aglomeración genera un entorno económico que refuerza la localización de actividades y promueve la instalación de nuevas firmas.

En la literatura clásica sobre localización, se asume la existencia de rendimientos constantes a escala. Sin embargo, en la economía real se pueden apreciar grandes diferencias geográficas, zonas con mejor desempeño que otras, que solo pueden explicarse por retornos crecientes a escala, que no se explican por las diferencias entre zonas, sino debido a que la aglomeración puede ser por sí misma un valor, es decir, que la concentración espacial hace que el ambiente económico sea propicio para continuar con la concentración y la instalación de nuevas firmas. Esta situación se da en todos los niveles de la economía, tanto en locales de barrio que se ubican uno al lado del otro, como en zonas económicas especializadas (Fujita et al., 1999).

Las economías de aglomeración pueden ser internas o externas. En el caso de las economías de aglomeración *internas*, una empresa se beneficia de hacer más eficiente sus distintas etapas de procesamiento, afectando las decisiones de ubicación de las distintas plantas y procesos productivos. Aquí se encuentra la

integración vertical, lateral y horizontal. Por otro lado, si las economías de aglomeración son *externas*, toda una industria se ve beneficiada al permitir ahorros de costos derivados de la proximidad geográfica, la existencia de mercados laborales especializados y la concentración de proveedores de insumos, por ejemplo, en el caso de Silicon Valley, en Estados Unidos (McCann & Folta, 2008; Nakamura, 2015).

En el contexto de la industria salmonera chilena, se observan claras economías de aglomeración, asociadas tanto a economías de escala como a avances tecnológicos, en particular en la producción de alimento para peces. Existe una integración vertical y horizontal relevante, en la que interactúan productores, proveedores, distribuidores y otros actores vinculados a la actividad, lo que refuerza los procesos de concentración espacial y reduce los costos de producción. (Olson & Criddle, 2008; Perlman & Juárez-Rubio, 2010).

No obstante los beneficios de la aglomeración económica, es igualmente necesario reconocer los aspectos negativos derivados de la misma, a pesar de su beneficio en la reducción de costos. Estos perjuicios incluyen incrementos en los costos asociados al valor del suelo, a la contaminación y a la congestión. La función de beneficios en un espacio determinado sigue una forma de U invertida, lo que indica que la rentabilidad de las empresas aumenta hasta alcanzar un punto de utilidad máxima. Más allá de este punto, la incorporación de empresas adicionales genera rendimientos decrecientes y una disminución de la utilidad.

Los factores negativos descritos impactan negativamente en la productividad de las ciudades. (Cruz, 2009). Al existir firmas salmoneras de forma cercana, existe un aumento en la degradación ambiental, debido al aumento de la probabilidad de que se produzcan escapes de peces desde los centros hacia el medio natural, lo cual es una fuente de impacto ambiental; riesgo de enfermedades e infecciones, y contaminación del agua, ya que la actividad emplea químicos y antibióticos para evitar la propagación de enfermedades en los peces, generando residuos y nutrientes que se liberan en el agua, lo cual deteriora su calidad ambiental. Esto es contraproducente, ya que disminuye la productividad de las empresas y aumenta la probabilidad de recibir sanciones. (Buschmann et al., 2009; Estay, 2021; Estay & Chávez, 2015; O’Ryan & Pereira, 2015).

En cuanto a los modelos teóricos que explican la competencia espacial, se puede describir el modelo de Hotelling, que explica por qué dos empresas del mismo rubro se ubican próximas entre sí (Anderson et al., 2019; Gupta et al., 1997; Ridley, 2008). El modelo de Hotelling se divide en dos: los de competencia de tipo Bertrand y los de tipo Cournot. En el primer caso, cuando se produce competencia de precios, no se producirá aglomeración de firmas, ya que, para un producto homogéneo, dada la alta competitividad, las utilidades tenderán a cero, por lo que las empresas decidirán permanecer distantes entre sí para obtener beneficios (Gupta et al., 1997). En el segundo caso, cuando se compete por cantidad, sí se producirá aglomeración (Colombo, 2016).

Más allá de las interacciones estratégicas entre firmas, el entorno económico regional también condiciona la viabilidad de las decisiones de localización y de operación. Factores como la infraestructura de transporte, el sistema educativo y la disponibilidad de capital humano especializado influyen en la competitividad de las empresas, facilitando el acceso a mercados e insumos (Porter, 1998). En este sentido, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, la calidad de la infraestructura y la disponibilidad de mano de obra calificada resultan determinantes para la localización y la operación de las empresas.

Finalmente, además de las condiciones productivas y económicas del territorio, el marco regulatorio constituye un determinante central en las decisiones empresariales. La literatura que examina la relación entre la regulación ambiental y la localización de empresas identifica dos visiones principales. Por un lado, se sostiene que niveles regulatorios más elevados pueden desincentivar la entrada de empresas y promover procesos de relocalización hacia territorios con regulaciones más laxas, lo que da lugar a la denominada hipótesis de los paraísos contaminantes (Brunnermeier & Levinson, 2016; Gray, 1997; Markusen, 1997; Millimet et al., 2009; Wolverton, 2009). En algunos casos, esta flexibilización regulatoria puede estar asociada a prácticas de corrupción (Biswas & Thum, 2017). Una competencia excesiva por atraer inversión mediante la reducción de estándares ambientales o de impuestos puede generar efectos adversos sobre el medio ambiente, aumentando los niveles de contaminación (Rauscher, 1995). Por otro lado, existe evidencia que sugiere que el nivel de

regulación ambiental no tiene un efecto significativo sobre la localización de nuevas plantas, siendo otros factores, como la incertidumbre en la obtención de permisos, los que desempeñan un rol más relevante en la decisión de localización (Stafford, 1985). Sin embargo, como se señaló en la sección anterior, la evidencia muestra que, en el caso de la industria acuícola salmonera chilena, la regulación sí afecta su localización y operación (Estay & Chávez, 2015).

4. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, ¿cuáles son los factores que influyen en la decisión de operación de las empresas acuícolas salmoneras en Chile?, esta investigación estudiará la probabilidad de operación de una licencia de acuicultura. Como ya se ha señalado, esta decisión de uso u operación está ligada a la de localización y, por lo tanto, ambas se ven afectadas por aspectos similares.

La decisión de operación se estudia mediante modelos con variable dependiente dicotómica, ya que las opciones son dos: operar o no operar. Para ello, podrían utilizarse modelos simples, como los modelos logit y probit. Sin embargo, debido al tipo de datos con los que se cuenta —datos longitudinales—, la opción más adecuada es utilizar datos de panel.

Para analizar los factores que influyen en la decisión de operar las licencias de acuicultura, se utilizará un modelo de datos de panel con variables dependientes dicotómicas. El panel contiene observaciones mensuales de múltiples licencias a lo largo del tiempo, lo que permite aprovechar tanto la dimensión temporal como la transversal de los datos. Para esta investigación, los individuos corresponden a las licencias de acuicultura, observadas mensualmente entre 2012 y 2023. El panel está desbalanceado porque el número de licencias varía con el tiempo, ya sea por el ingreso de nuevos centros, el cierre de otros o la suspensión temporal

de operaciones. La elección del modelo de panel se basa en diversas razones metodológicas. En primer lugar, permite controlar por la heterogeneidad no observada entre licencias, es decir, aquellas características individuales que no varían en el tiempo y que pueden estar correlacionadas con las variables explicativas, como la habilidad de gestión de las firmas, la intención por la cual adquirieron la licencia, su experiencia, o también las condiciones climáticas del sitio, la presencia de piojos que afectan a la productividad, entre otras (Kulmambetova & Tveterås, 2025). Al controlar por estos efectos individuales, el modelo reduce el sesgo por variables omitidas que afectaría las estimaciones obtenidas mediante modelos de corte transversal.

Adicionalmente, considerando el hecho de que una firma puede tener más de una licencia, se utilizaron clústeres por firma, para corregir el posible sesgo derivado de que la decisión de uso está correlacionada entre las licencias que tienen un mismo propietario.

Dentro de los modelos de datos de panel, esta investigación utilizará el modelo de Efectos Aleatorios Correlacionados (CRE), también conocido como enfoque de Mundlak (Mundlak, 1978). Este modelo permite relajar el supuesto de independencia entre los efectos individuales y las variables explicativas incorporando los promedios temporales de los regresores que varían en el tiempo. De esta forma, el modelo utiliza simultáneamente la variación dentro de las licencias y la variación entre licencias.

Para abordar simultáneamente la heterogeneidad no observada correlacionada con los regresores y aprovechar tanto la variación temporal como transversal del panel, se utiliza el modelo de Efectos Aleatorios Correlacionados (CRE), también conocido como enfoque de Mundlak (A. COLIN CAMERON & PRAVIN K. TRIVEDI, 2022).

Este modelo extiende el modelo de efectos aleatorios tradicional, permitiendo que los efectos individuales estén correlacionados con las variables explicativas e incorporando explícitamente los promedios temporales de las variables que varían en el tiempo. La especificación del modelo CRE se presenta en la ecuación (1):

$$y_{it} = \alpha_i + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad t = 1, \dots, T_i \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

Donde:

- y es una variable indicadora que es 1 si la licencia está operando, y 0 si es que no.
- α_i corresponde al vector de variables invariantes en el tiempo.
- x'_{it} corresponde al vector de variables explicativas.
- β es el vector de coeficientes de las variables independientes.
- ε_{it} es el término de error.

Donde la corrección de Mundlak asume que:

$$\alpha_i = \bar{x}'_i\theta + \eta_i \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

Donde:

- $\bar{x}'_i$ representa el vector de medias temporales por licencia.
- θ es el vector de parámetros de las variables promedio que no varían en el tiempo.
- η_i es un término de error i.i.d.

y las medias temporales se calculan:

$$\bar{x}'_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x'_{it} \quad (3)$$

Finalmente, tenemos que el modelo final es como sigue:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \bar{x}'_i\theta + (\eta_i + \varepsilon_{it}) \quad t = 1, \dots, T_i \quad i = 1, \dots, N \quad (4)$$

De esta forma, el modelo CRE captura tanto los efectos within (a través de las desviaciones respecto a la media) como los efectos between (a través de las medias temporales, especificadas en la ecuación 3), manteniendo la posibilidad de estimar el efecto de variables que no varían a lo largo del tiempo.

Esta característica resulta especialmente relevante para la presente investigación, dado que varias variables de interés presentan una variación temporal nula o muy escasa, como la superficie de la licencia y la distancia al

puerto más cercano. Un modelo estándar de efectos fijos eliminaría estas variables del análisis, lo que implicaría la pérdida de información relevante sobre cómo las características estructurales de las licencias inciden en la probabilidad de operación.

Por estas razones, el modelo CRE se presenta como la especificación más adecuada para el análisis de esta investigación, permitiendo una estimación consistente de los parámetros de interés sin sacrificar la interpretación de variables que no varían en el tiempo, y distinguiendo explícitamente entre efectos de corto plazo (within) y diferencias de largo plazo (between).

Un potencial problema metodológico en el análisis empírico es la posible endogeneidad de algunas variables explicativas, en particular del número de licencias operativas en una Agrupación de Concesiones de Salmónidos (ACS) y del precio promedio del salmón. En el contexto específico de la industria acuícola salmonera, la decisión de solicitar una licencia y, posteriormente, operar un centro no responde a un proceso aleatorio, sino que depende, entre otros factores, de la presencia de otras empresas que operan en el mismo entorno productivo. Esta situación abre la posibilidad de que factores no observados influyan simultáneamente tanto en la decisión de operar como en algunas variables explicativas, lo que puede introducir sesgos en la estimación (Estay, 2021).

De existir endogeneidad, las estimaciones obtenidas mediante modelos Probit estándar o modelos de panel sin corrección podrían conducir a conclusiones erróneas respecto de la relación entre las variables, ya sea sobreestimando o subestimando los efectos de interés. Por esta razón, y como ejercicio diagnóstico, se estimó un modelo Probit con variables instrumentales (Pooled IV Probit) para evaluar formalmente la presencia de endogeneidad en las variables mencionadas. Los instrumentos utilizados fueron el precio promedio del salmón en el período anterior, y el número de licencias operativas en el período anterior. Cabe destacar que se utilizó este modelo porque no se encontró un modelo IV Probit panel.

La relevancia de los instrumentos se evaluó mediante las regresiones de primera etapa. Los instrumentos excluidos resultaron conjuntamente significativos tanto para Precio como para Licencias Operativas, con estadísticos F de 1.100.000 y 23.338,42, respectivamente, ambos con un p-valor inferior al 1%. Asimismo, la prueba de identificación de Kleibergen-Paap rechaza la hipótesis de subidentificación, con un estadístico LM de 20,56 y un p-valor inferior al 1%. El estadístico Kleibergen-Paap rk Wald F alcanza 16.287,61, lo que, en comparación con los valores críticos de Stock-Yogo, no evidencia un problema de instrumentos débiles.

5. DATOS

En la Tabla 1 se presentan las estadísticas descriptivas de las variables, tanto independientes como la dependiente.

Tabla 1 Estadística descriptiva de las variables

Variable	Media	Desv. Estándar	Desv. Estándar Within	Mínimo	Máximo	Diferencia de medias
Opera	0,27	0,44	0,37	0	1	-
Población	389.536,6	364.306,4	14.259,7	102.053	907.429	-58,27
Población si Opera = 1	432.045,5	373.482,3	-	102.053	907.429	-
Población si Opera = 0	373.876,3	359.986,1	-	102.053	907.429	-
Población R10	872.824	23.364,5	23.360,63	834.466	907.429	-
Población R11	105.536,5	2.049,865	2.049,471	102.053	108.306	-
Población R12	172.824,5	6.232,964	6.231,131	163.877	182.217	-
Licencias Operativas	7,12	6,31	4,02	0	33	-3,74
Licencias Operativas si Opera = 1	9,85	6,74	-	1	33	-
Licencias Operativas si Opera = 0	6,11	5,83	-	0	33	-
Licencias Totales	45,81	25,48	1,51	1	103	0,49
Licencias Totales si Opera = 1	45,45	25,71	-	2	103	-

Variable	Media	Desv. Estándar	Desv. Estándar Within	Mínimo	Máximo	Diferencia de medias
Licencias Totales si Opera = 0	45,94	25,40	-	1	103	-
Distancia Media	14,57	6,45	0	1,67	62,03	0,43
Distancia Media si Opera = 1	14,26	6,38	-	1,67	62,03	-
Distancia Media si Opera = 0	13,69	6,48	-	1,67	62,03	-
HHI	0,33	0,23	0,12	0,07	1	0,012
HHI si Opera = 1	0,32	0,24	-	0,07	1	-
HHI si Opera = 0	0,33	0,23	-	0,07	1	-
Profundidad	41,73	31,18	0,85	6,35	274,70	-6,17
Profundidad si Opera = 1	46,24	32,38	-	12,23	274,70	-
Profundidad si Opera = 0	40,06	30,56	-	6,35	274,70	-
I. Anaeróbicas	0,30	0,32	0,21	0	4,25	-0,02
I. Anaeróbicas si Opera = 1	0,32	0,34	-	0	4,25	-
I. Anaeróbicas si Opera = 0	0,30	0,31	-	0	4,25	-
I. Mortalidad	0,02	0,05	0,49	0,00	1	0,00
I. Mortalidad si Opera = 1	0,02	0,03	-	0,00	1	-
I. Mortalidad si Opera = 0	0,02	0,06	-	0,00	1	-
Precio	7,75	1,50	1,50	4,45	11,00	0,06
Precio si Opera = 1	7,71	1,51	-	4,45	11,00	-
Precio si Opera = 0	7,77	1,50	-	4,45	11,00	-
Superficie	11,17	15,05	0,00	0,10	223,56	-4,85
Superficie si Opera = 1	14,71	19,38	-	0,24	223,56	-
Superficie si Opera = 0	9,86	12,84	-	0,1	223,56	-
Distancia Puerto	113,49	49,03	0,00	1,20	282,37	6,65

Variable	Media	Desv. Estándar	Desv. Estándar Within	Mínimo	Máximo	Diferencia de medias
Distancia Puerto si Opera = 1	108,63	48,64	-	1,20	282,37	-
Distancia Puerto si Opera = 0	115,28	49,05	-	1,20	282,34	-

Nota: La desviación estándar within identifica cuáles variables varían a lo largo del tiempo para una misma licencia. La diferencia de medias es una prueba para determinar la diferencia de los promedios entre los centros que operan y no. En este caso, se determinó que las diferencias son todas significativas al 1%, lo cual significa que las diferencias son sólidas en los datos. Fuente: Elaboración propia en base a los datos proporcionados por SUBPESCA.

La Tabla 1 presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas en el análisis empírico. El panel utilizado contiene 174.467 observaciones mensuales de licencias de acuicultura entre 2012 y 2023, excluyendo los casos en que la licencia se encuentra en descanso. La tabla presenta la media, desviación estándar, desviación estándar within, mínimo, máximo y diferencia de medias.

La desviación estándar within indica cuánto varía una variable dentro de una misma licencia a lo largo del tiempo. Esta medida es relevante para la estrategia de datos de panel, ya que permite identificar qué variables presentan variación temporal dentro de una misma licencia. La diferencia de medias corresponde a la diferencia entre el promedio de las observaciones con Opera = 1 y el promedio de las observaciones con Opera = 0. Estas diferencias resultan significativas al 1%.

La variable dependiente, Opera, es una variable dicotómica que toma valor 1 cuando la licencia se encuentra operativa y 0 cuando no es el caso. En el conjunto

de la muestra presenta una media de 0,27, con valores entre 0 y 1, lo que indica que aproximadamente el 27% de las observaciones corresponde a licencias operativas. Cuando Opera = 1, su media es 1, mientras que cuando Opera = 0 es 0.

Población corresponde al número de habitantes de la región en la que se encuentra la licencia y se mide en habitantes. Presenta una media general de 389.536,6 habitantes, con valores entre 102.053 y 907.429. En las observaciones con Opera = 1, la población promedio alcanza 432.045,5 habitantes, mientras que cuando Opera = 0 es de 373.876,3 habitantes. La diferencia de medias de -58,27 indica que las licencias operativas se ubican, en promedio, en regiones con mayor población. A nivel regional, Los Lagos presenta un promedio de 872.824 habitantes, Aysén de 105.536,5 y Magallanes de 172.824,5.

Licencias Operativas corresponde al número de licencias que se encuentran operando dentro de una misma ACS en un determinado período y se mide en número de licencias. Presenta una media general de 7,12, con valores entre 0 y 33. Para las observaciones con Opera = 1, la media alcanza 9,85 licencias, mientras que para Opera = 0 es de 6,11. La diferencia de medias de -3,74 indica que las licencias que operan se encuentran, en promedio, en ACS con una mayor actividad productiva en el mismo período.

Licencias Totales corresponde al número total de licencias que componen una ACS, independientemente de si se encuentran operando o no, y se mide en número de licencias. Presenta una media general de 45,81, con valores entre 1 y 103. Cuando Opera = 1, la media es de 45,45 licencias, mientras que cuando Opera = 0 alcanza 45,94, con una diferencia de medias de 0,49. Esto muestra que el número total de licencias de una ACS es similar entre ambos grupos.

Distancia Media corresponde a la distancia promedio entre las licencias que pertenecen a una misma ACS y se mide en kilómetros. Presenta una media general de 14,57 km, con valores entre 1,67 y 62,03 km. Para Opera = 1, la media es de 14,26 km, mientras que para Opera = 0 es de 13,69 km, con una diferencia de medias de 0,43 km. Por lo tanto, las diferencias entre ambos grupos son reducidas.

HHI corresponde al índice Herfindahl-Hirschman utilizado para medir la concentración de la propiedad de las licencias dentro de una ACS, y toma valores entre 0 y 1, donde 1 significa que todas las licencias pertenecen a un único propietario dentro de una ACS. En la muestra presenta una media de 0,33. Cuando Opera = 1, el promedio es de 0,32, mientras que cuando Opera = 0 alcanza 0,33, con una diferencia de medias de 0,012.

Profundidad corresponde a la profundidad promedio de las licencias dentro de una ACS y se mide en metros. Presenta una media general de 41,73 metros, con

valores entre 6,35 y 274,70 metros. En las observaciones con Opera = 1, la profundidad promedio es de 46,24 metros, mientras que para Opera = 0 es de 40,06 metros. La diferencia de medias de -6,17 indica que las licencias operativas se encuentran, en promedio, en ACS con mayor profundidad.

I. Anaeróbicas se construyó a nivel de ACS y mes a partir del número de registros de condiciones anaeróbicas acumulados desde el inicio del período, ajustados por el número de licencias que componen la ACS, de modo que valores más elevados representan una mayor presencia histórica de condiciones ambientales desfavorables. Presenta una media general de 0,30, con valores entre 0 y 4,25. Cuando Opera = 1, la media es de 0,32, mientras que cuando Opera = 0 es de 0,30, con una diferencia de medias de -0,02. Valores mayores representan una mayor acumulación histórica de registros de condiciones anaeróbicas.

Por otro lado, I. Mortalidad corresponde a la mortalidad acumulada de una ACS durante los doce meses anteriores al período de observación. Para su construcción la mortalidad y la existencia de peces se agregan a nivel de ACS y, posteriormente, se calcula el cociente entre la mortalidad y la existencia acumuladas durante dicho período. Presenta una media general de 0,02. Tanto para Opera = 1 como para Opera = 0 la media es de 0,02, con una diferencia de medias de 0,00. Por lo tanto, las medias simples de mortalidad son iguales entre ambos grupos.

Precio corresponde al precio promedio mensual del salmón exportado, de las distintas especies: salmón del atlántico, del pacífico y trucha arcoíris, medido en dólares por tonelada. Presenta una media general de 7,75 dólares, con valores entre 4,45 y 11,00. En las observaciones con Opera = 1, el promedio es de 7,71 dólares, mientras que para Opera = 0 alcanza 7,77 dólares, con una diferencia de medias de 0,06. Las diferencias descriptivas entre ambos grupos son reducidas.

Superficie corresponde a la superficie total concesionada de la licencia y se mide en hectáreas. Presenta una media general de 11,17 hectáreas, con valores entre 0,10 y 223,56. Cuando Opera = 1, la superficie promedio alcanza 14,71 hectáreas, mientras que cuando Opera = 0 es de 9,86 hectáreas. La diferencia de medias de -4,85 hectáreas indica que las licencias operativas presentan, en promedio, una mayor superficie concesionada.

Distancia Puerto corresponde a la distancia entre la licencia y el puerto más cercano y se mide en kilómetros. Presenta una media general de 113,49 km, con valores entre 1,20 y 282,37 km. Para Opera = 1, la media es de 108,63 km, mientras que para Opera = 0 alcanza 115,28 km, con una diferencia de medias de 6,65 km. Esto indica que las licencias operativas se encuentran, en promedio, a una menor distancia del puerto.

En conjunto, la estadística descriptiva muestra que las observaciones con Opera = 1 presentan, respecto de Opera = 0, mayores niveles de Población, Licencias

Operativas, Profundidad y Superficie, además de una menor Distancia Puerto. En cambio, las diferencias entre ambos grupos son reducidas para Licencias Totales, HHI, I. Anaeróbicas y Precio, mientras que I. Mortalidad presenta la misma media en ambos grupos.

Para construir la variable dependiente opera, se utilizó información sobre producción reportada por los centros de cultivo, específicamente el número de peces (Unidades) y los kilos producidos (Kilos). La variable opera toma valor uno cuando la licencia se considera operativa en un período determinado, y cero en caso contrario.

El criterio adoptado fue el siguiente. Se clasificó una licencia como operativa ($opera = 1$) cuando registró producción positiva en ambos indicadores, es decir, cuando el número de peces fue mayor que cero y los kilos producidos fueron mayores que cero. Adicionalmente, se consideró como operativa a una licencia que no reportó número de peces ($Unidades = 0$), pero sí reportó una producción en kilos superior a 1000 kg, interpretando estos casos como registros de producción efectiva con información incompleta en la variable Unidades. Por el contrario, se clasificó una licencia como no operativa ($opera = 0$) cuando no registró producción en ninguno de los dos indicadores, o cuando los kilos producidos fueron inferiores o iguales a 1000 kg en ausencia de información sobre el número de peces.

5.1 Justificación del uso de las variables

Las variables incluidas en el modelo provienen de la literatura descrita en las secciones anteriores. La literatura de localización sostiene que las firmas seleccionan su emplazamiento minimizando los costos de producción, entre los que ocupan un lugar central los costos de transporte de insumos y de productos finales a exportar (Guo et al., 2015; Kilkenny & Thisse, 1999; Porter, 1994). En una industria exportadora ese costo se puede estimar mediante Distancia Puerto, de la que se espera un efecto negativo sobre la probabilidad de operar, y mediante la población regional como medida del tamaño del mercado y de la disponibilidad de servicios e infraestructura, de la que se espera un efecto positivo (Estay, 2021).

La literatura de aglomeración económica señala que las empresas tienden a ubicarse más próximas entre sí, debido al acceso a proveedores de insumos especializados, y también al ahorro de costos que esto produce. La industria acuícola es un caso en que se da este fenómeno, por lo que la variable Distancia Media se incorpora para visualizar si a menor distancia, tiende a existir mayor operación. (Olson & Criddle, 2008; Perlman & Juárez-Rubio, 2010). En la misma línea existen Licencias Totales y Licencias Operativas, ya que se espera que, a mayor número de licencias, tanto totales como operativas, exista mayor operación.

La concentración de la propiedad dentro de la ACS, medida mediante el HHI, se desprende del trabajo de Estay (2021), que incorpora la variable para observar el problema de coordinación entre agentes: la concentración de la propiedad facilita la coordinación, lo cual resulta en mejores condiciones ambientales.

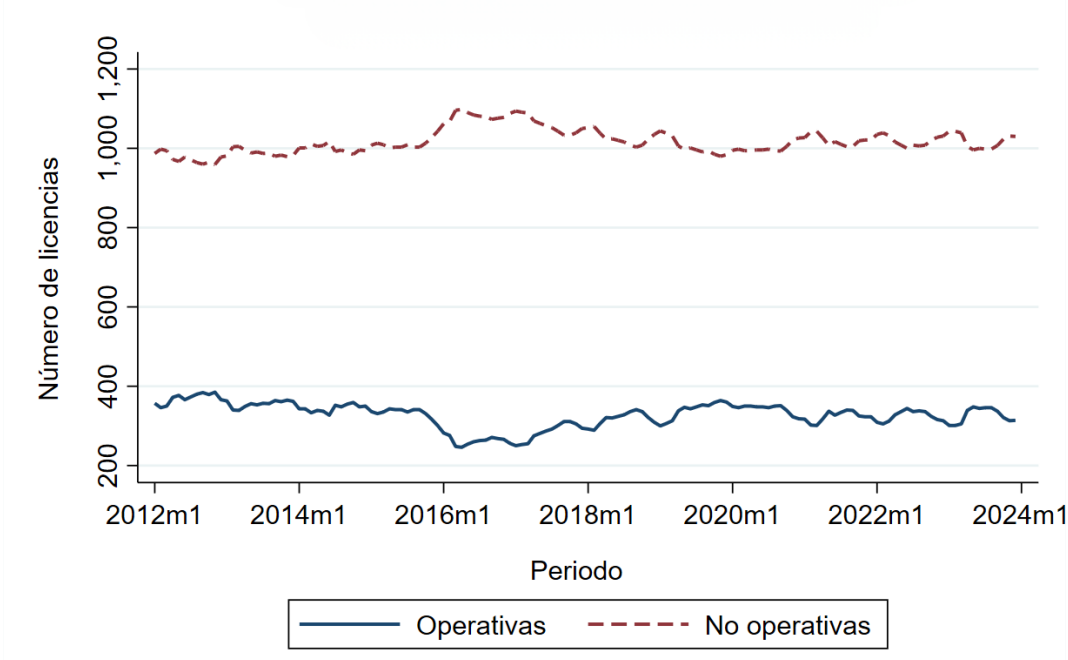
Las variables ambientales: Profundidad, I. Anaeróbicas e I. Mortalidad, se sustentan en la evidencia de que la degradación del entorno ocasiona disminuciones en la productividad de la industria (Cao et al., 2007) y de que la acuicultura genera impactos sobre el medio ambiente que la regulación busca limitar (Buschmann et al., 2009; Estay & Chávez, 2015).

Por último, de Superficie se espera un efecto positivo por su relación con la capacidad productiva instalada, y de Precio también positivo, dado que el precio del salmón en el mercado internacional es volátil y puede afectar la rentabilidad esperada del negocio y modificar la decisión de operar (Vega, 2013).

5.2 Análisis gráfico del uso licencias

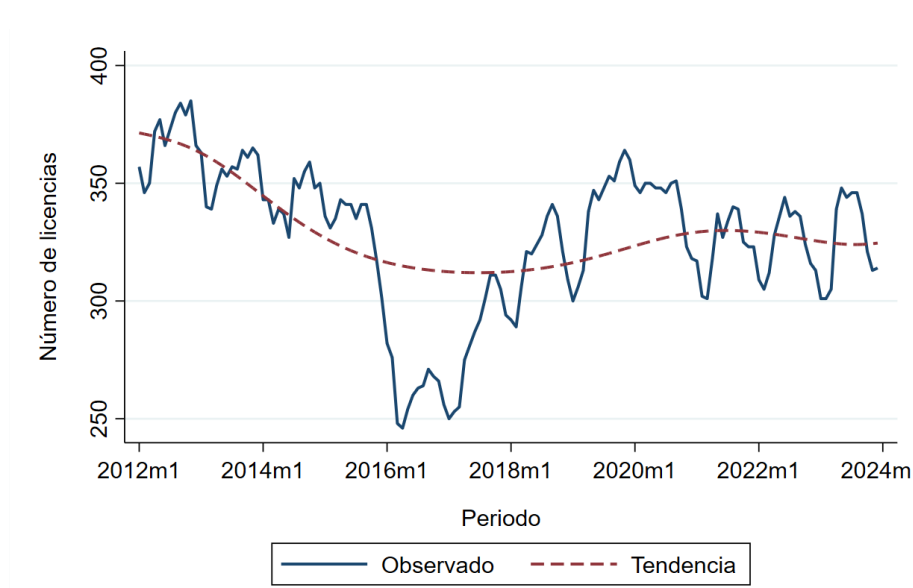
La evolución de la actividad acuícola en el período 2012–2023 muestra cambios relevantes en el número de licencias operativas. Como se observa en la Ilustración 1, que compara la evolución mensual del número de licencias operativas y no operativas en la industria salmonera, el número de licencias no operativas supera ampliamente al de licencias operativas durante todo el período, lo que indica que una fracción relevante de las licencias se encuentra inactiva en cada mes. Si se visualiza la Ilustración 2, se presenta una tendencia decreciente en la operación durante la primera mitad del período, seguida de una recuperación parcial y posterior estabilización, con una caída particularmente pronunciada en torno al año 2016. Este episodio constituye el principal quiebre estructural observable en la serie, y es posible explicarlo por el florecimiento de algas nocivas registrado en ese año, asociado a condiciones climáticas adversas, lo cual provocó mortalidades masivas de peces (Buschmann et al., 2016). De manera simultánea, el número de licencias no operativas aumenta de forma significativa, lo que sugiere que el ajuste se produce principalmente a través de cambios en el estado de operación de las licencias existentes, más que por entradas o salidas masivas del sistema.

Ilustración 1 Evolución mensual del número de licencias operativas y no operativas. Industria salmonera chilena, 2012-2023



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la SUBPESCA.

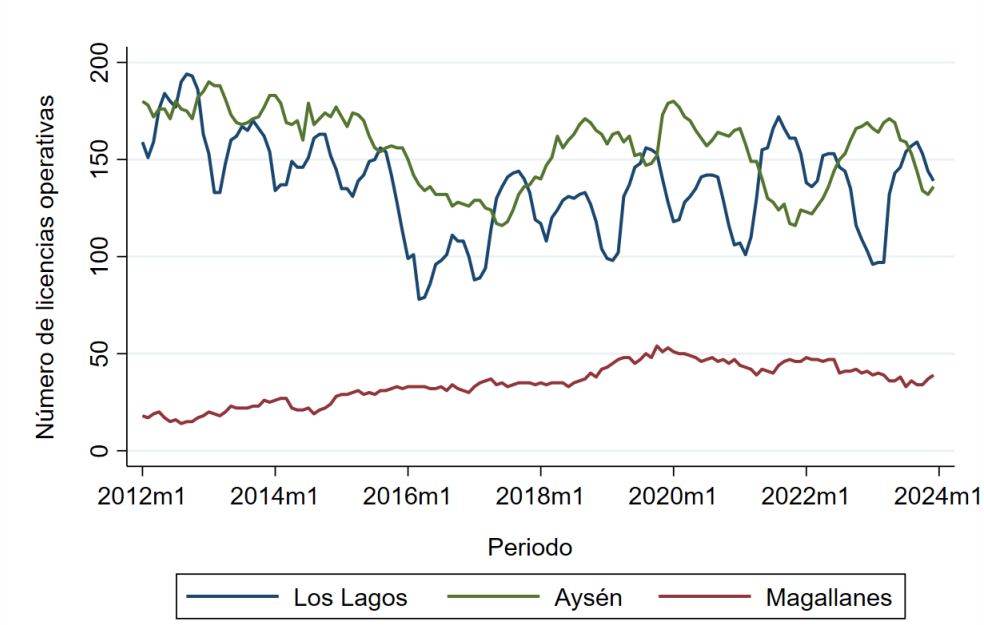
Ilustración 2 Evolución del número de licencias operativas. Serie mensual y tendencia suavizada. Industria salmonera chilena, 2012-2023



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la SUBPESCA.

El análisis territorial ayuda a identificar dónde ocurrió este ajuste. Como se observa en la Ilustración 3, la reducción en licencias operativas en 2016 se centra en la región de Los Lagos, que tiene la mayor cantidad de licencias y un peso relativo destacado en la industria. La caída en Aysén es más moderada, mientras que Magallanes no muestra una disminución significativa y continúa con una tendencia de crecimiento a largo plazo. Este patrón indica que el shock de 2016 tuvo un fuerte componente espacial, impactando más en zonas con mayor congestión productiva y ambiental desde la historia.

Ilustración 3 Número de licencias operativas por región. Evolución mensual, 2012-2023

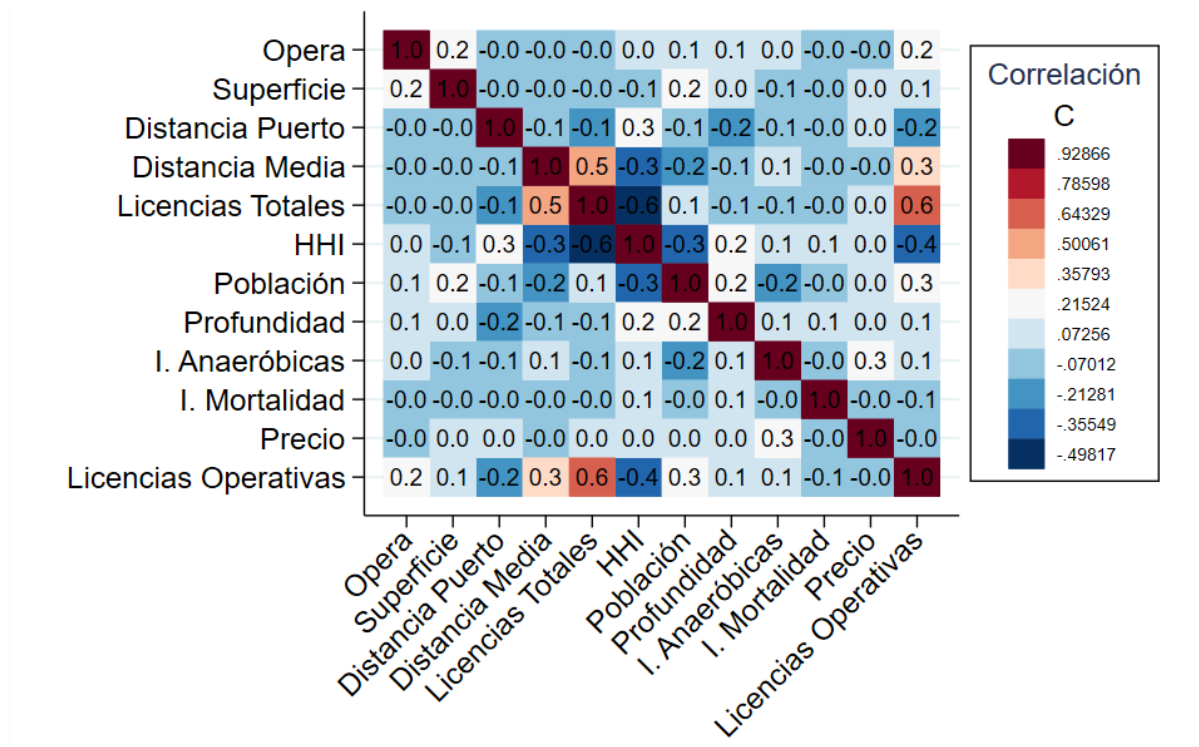


Fuente: elaboración propia en base a los datos de la SUBPESCA.

5.3 Análisis de Correlaciones

La Ilustración 4 presenta las correlaciones entre las variables consideradas.

Ilustración 4 Matriz de Correlaciones



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la SUBPESCA.

La matriz de correlaciones presenta asociaciones que son consistentes la estructura productiva de la industria. Opera presenta su mayor correlación con Licencias Operativas, con un valor de 0,25. El signo positivo indica que, en términos descriptivos, una mayor actividad operativa dentro del entorno se relaciona con una mayor probabilidad de observar una licencia operando, lo cual es bastante esperable. La segunda mayor correlación es entre Opera y

Superficie, con una magnitud de 0,16, lo cual indica que las licencias que operan tienen mayor superficie.

Licencias Totales y Licencias Operativas presentan una correlación positiva de 0,59. Esto es esperable, ya que las ACS con un mayor número total de licencias también tienden a concentrar una mayor cantidad de licencias operativas. En contraste, Licencias Totales presenta una correlación negativa de -0,57 con HHI, mientras que Licencias Operativas presenta una correlación de -0,42 con este índice. Esto indica que las ACS con un mayor número de licencias, tanto totales como operativas, tienden a presentar una estructura de propiedad menos concentrada.

Las variables ambientales presentan correlaciones relativamente bajas, en general inferiores a 0,15 en valor absoluto, lo que sugiere que no existe una relación lineal fuerte entre ellas. Por otra parte, se observa una correlación positiva de 0,46 entre Distancia Media y Licencias Totales, lo que indica que, en términos descriptivos, las ACS con un mayor número de licencias tienden a presentar una mayor distancia promedio entre ellas.

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan las estimaciones de cinco modelos econométricos: Probit simple, IV Probit (clúster), Logit de panel con efectos fijos y un modelo CRE. Dado que los coeficientes no son directamente comparables en magnitud entre modelos no lineales, el análisis se centra en el signo y la significancia estadística. Tras el análisis comparativo de todos los modelos, se presenta la estimación centrada en el modelo CRE, que constituye el modelo principal de la presente investigación.

Tabla 2 Coeficientes de los modelos estimados: Probit simple, IV Probit (simple y con errores en clúster), Logit panel con efectos fijos y CRE

Parámetro	Modelo Probit Simple	Modelo IV Probit Clúster	Modelo Logit Panel con Efectos Fijos	Modelo CRE
Constante	-0,62***	-0,62***	—	-1,01***
Superficie	0,01***	0,01***	—	0,02***
Distancia Puerto	0,00	0,00	—	-0,00
Distancia Media	-0,01***	-0,01***	—	-0,03***
Licencias Totales	-0,02***	-0,02***	0,09***	0,04
HHI	0,17	0,17	14,05***	6,27**
Población	-0,00***	-0,00***	0,00	0,00
Profundidad	0,00	0,00	-0,01	0,00
I. Anaeróbicas	-0,14**	-0,13**	-0,35***	-0,20***
I. Mortalidad	-0,84***	-0,85***	-1,70***	-1,00***
Precio	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01
Licencias Operativas	0,12***	0,11***	0,29***	0,16***
Media Población	—	—	—	0,000
Media Lic. Operativas	—	—	—	-0,01
Medida Lic. Totales	—	—	—	-0,06**
Media HHI	—	—	—	-6,07**
Media Profundidad	—	—	—	-0,00
Media I. Anaeróbicas	—	—	—	0,26
Media I. Mortalidad	—	—	—	1,67

*** p < 1% ** p < 5% * p < 10%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan distintas especificaciones econométricas con el objetivo de evaluar la consistencia de los resultados y determinar el modelo más adecuado para los datos utilizados. En primer lugar, se estima un modelo Probit simple como una aproximación inicial a la relación entre la decisión de operación y las variables explicativas. Sin embargo, esta especificación no considera la estructura longitudinal de los datos ni permite controlar adecuadamente por la

heterogeneidad no observada asociada a cada licencia. En segundo lugar, se estima un modelo IV Probit como ejercicio diagnóstico para evaluar la posible presencia de endogeneidad en las variables Licencias Operativas y Precio. Finalmente, se estiman modelos de panel, considerando tanto un Logit con efectos fijos como un modelo de Efectos Aleatorios Correlacionados (CRE). Si bien el modelo de efectos fijos permite controlar por características no observadas de cada licencia, no permite estimar directamente aquellas variables que no presentan variación temporal, como Superficie, Distancia Puerto y Distancia Media. El modelo CRE, en cambio, permite incorporar estas variables y, al mismo tiempo, controlar la posible correlación entre la heterogeneidad no observada y los regresores mediante la incorporación de sus medias temporales. Además, permite distinguir entre efectos within y between, entregando información diferenciada sobre las relaciones de corto y largo plazo. Por estas razones, el modelo CRE se considera la especificación principal de esta investigación.

Siguiendo con esta última especificación, en términos generales, se evidencian relaciones consistentes con la intuición planteada para la decisión de operación. En particular, Licencias Operativas presenta una relación positiva con la probabilidad de operar, lo que resulta coherente con la existencia de economías de aglomeración asociadas a la concentración de la actividad productiva. Por el contrario, una mayor Distancia Media entre licencias se relaciona negativamente con la operación, lo que sugiere que los beneficios asociados a la proximidad

entre centros pueden ser relevantes para las decisiones de las empresas. Asimismo, el signo positivo de Superficie se relaciona con que concesiones de mayor tamaño pueden ofrecer mejores condiciones para desarrollar la actividad productiva. En el caso del HHI, el signo positivo observado en el modelo CRE sugiere que una mayor concentración de la propiedad dentro de una ACS puede favorecer la operación, posiblemente debido a una mayor coordinación entre los agentes. Finalmente, los signos negativos de I. Anaeróbicas e I. Mortalidad son coherentes con la importancia de las condiciones ambientales, ya que un deterioro de éstas puede afectar la productividad. Estos resultados permiten establecer una primera aproximación a los principales determinantes de la operación, los cuales serán analizados con mayor profundidad a partir de los efectos marginales y de la distinción entre efectos de corto y largo plazo que permite el modelo CRE.

En relación con la posible endogeneidad, la prueba de Wald de exogeneidad asociada al modelo IV Probit Clúster arroja un estadístico $\chi^2(2) = 2,25$ y un valor $p > 0,32$, lo que indica que no es posible rechazar la hipótesis nula de exogeneidad. En consecuencia, no se encuentra evidencia estadística de que ni **Licencias Operativas** ni **Precio** estén correlacionados con el término de error del modelo. Estos resultados sugieren que la endogeneidad no constituye un problema empíricamente relevante para el modelo que se pretende implementar. En consecuencia, se procede a utilizar el modelo Logit panel CRE para analizar las elecciones de uso de los productores.

6.1 Interpretación del modelo CRE (Correlated Random Effects)

En este apartado se discutirán con mayor profundidad los resultados del Modelo CRE, que constituirán los resultados finales y darán lugar a las conclusiones del presente trabajo de investigación. En la Tabla 1 se calculó la desviación estándar “within” para determinar qué variables se incluirán como medias en el modelo.

El análisis de la desviación estándar within muestra que variables como **Superficie**, y **Distancia Puerto** no varían dentro de cada licencia en el tiempo. Por lo tanto, estas variables no pueden estimarse bajo un modelo de efectos fijos, y su inclusión directa en el CRE permite recuperar su efecto a partir de las diferencias entre licencias. En cambio, variables como **Licencias Operativas**, **Licencias Totales**, **HHI**, **Profundidad**, **I. Aneróbicas**, **I. Mortalidad** y **Precio** presentan variación temporal relevante, lo que justifica la inclusión de sus medias en el enfoque Mundlak.

La prueba de Mundlak (o test conjunto de las medias entre grupos) arroja un valor $\chi^2(9)=17,94$ con un p-valor de 0,01. Este resultado es estadísticamente significativo, lo que indica que las medias de las variables que varían en el tiempo están correlacionadas con el efecto no observado del modelo. Por lo tanto, el supuesto central del modelo de datos de panel con efectos aleatorios (RE) tradicional (independencia entre efectos individuales y regresores) no se cumple, lo que hace que el RE estándar sea inconsistente. Luego, el modelo adecuado

es el CRE/Mundlak, que captura explícitamente esta correlación y permite una estimación consistente, manteniendo, además, la interpretación de variables que no pueden estimarse en un modelo de efectos fijos (FE) puro.

Para analizar el efecto de las distintas variables incluidas en las estimaciones sobre la decisión de operar una licencia, se calculan los efectos marginales. En las tablas 3 y 4 se presentan los efectos marginales estimados del Modelo CRE. En la Tabla 3 se presentan las variables económicas y en la Tabla 4 las variables ambientales.

Tabla 3 Efectos marginales de variables económicas del Modelo CRE

Parámetro	Efectos Marginales
Superficie	0,004***
Distancia Puerto	-0,000
Población	0,000
Licencias Operativas	0,03***
Licencias Totales	0,01
Distancia Media	-0,01***
HHI	1,07**
Precio	-0,00
Media Población	-0,00
Media Lic. Operativas	0,00
Media Lic. Totales	-0,01**
Media HHI	-1,04***

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Efectos marginales de variables ambientales del Modelo CRE

Parámetro	Efectos Marginales
Profundidad	0,00
I. Anaeróbicas	-0,03***
I. Mortalidad	-0,17***
Media Profundidad	-0,00
Media I. Anaeróbicas	0,05
Media I. Mortalidad	0,28

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,10

Fuente: Elaboración propia

6.2 Variables económicas

En conjunto, los resultados muestran que las variables económicas influyen en la probabilidad de operación principalmente a través de condiciones productivas propias de la licencia y del área.

La **Superficie** se presenta como un determinante relevante de la operación y muestra un efecto positivo. Al aumentar la superficie concesionada, la probabilidad de operación de la licencia aumenta en aproximadamente 0,004, que en puntos porcentuales (pp) equivale a 0,4 pp. Esto indica que las licencias con mayor superficie concesionada disponible presentan una mayor probabilidad de operar. Dado que esta variable no varía con el tiempo, su efecto se explica por diferencias entre licencias, lo que indica que el tamaño del sitio es una condición relevante para la operación. En contraste, **Distancia Puerto**, y **Población** no muestran efectos significativos. Por lo tanto, el costo de transporte medido a través de la primera, y el tamaño del mercado medido a través de la

segunda variable, no tienen efectos significativos en la decisión de operación. El componente de largo plazo de Población tampoco es significativo.

Las variables económicas asociadas a la aglomeración productiva, es decir, relacionadas a la existencia de otras licencias operando o no, muestran un comportamiento más significativo. **Licencias Operativas** tienen un efecto positivo en el corto plazo al comparar licencias de una misma ACS, lo que indica que la operación de una licencia está asociada al nivel de actividad del área cercana en ese mismo período. Al aumentar en una unidad el número de licencias vecinas operando en un mes determinado, la probabilidad de operación aumenta en 3 pp. El efecto de la media temporal, es decir, a largo plazo, al comparar distintas ACS, también es positivo, aunque sin significancia estadística. En conjunto, esto sugiere que la decisión de operar no es completamente individual, sino que se ajusta a la dinámica productiva del entorno inmediato.

Distancia Media también es una variable económica muy significativa. Al aumentar en 1 km. La distancia entre una licencia y otra dentro de una misma ACS, la probabilidad de operar se reduce en 1 pp. Aproximadamente, lo que sugiere que se prefiere operar en lugares en donde exista mayor aglomeración de licencias, lo cual es consistente con la literatura, que menciona que este fenómeno se da debido a la necesidad de reducir costos, y de acceder a proveedores de insumos especializados.

Por otro lado, tanto **Licencias Totales** no presenta efectos significativos en su componente temporal de corto plazo, sin embargo, su componente medio, **Media Lic. Totales** presenta efectos negativos y significativos al 5% de significancia. Un aumento de una licencia dentro de una ACS reduce la probabilidad de operación en aproximadamente 1 pp. Esto sugiere que las áreas que, en promedio, concentran más licencias tienden a operar menos en el largo plazo, al comparar distintas ACS.

HHI muestra un comportamiento distinto según la dimensión analizada. Aumentos en la concentración a corto plazo dentro de una ACS se asocian con una mayor probabilidad de operación, de 107 pp. Aproximadamente en ese período, lo que sugiere que, cuando la actividad queda en manos de menos actores en el corto plazo, dentro de una misma ACS, la toma de decisiones y la coordinación operativa resultan más simples, facilitando la continuidad de la operación. En cambio, niveles promedio altos de concentración reducen la probabilidad de operación en 104 pp. Aproximadamente, lo que indica que las ACS que mantienen una alta concentración de propiedad a largo plazo tienden a operar menos al comparar distintas ACS entre sí. Una concentración elevada y persistente en el largo plazo no tiene el mismo efecto que un aumento puntual en la misma ACS, y puede estar relacionada con decisiones operativas más conservadoras o menor uso de las licencias.

Finalmente, **Precio** no muestra efectos significativos, lo que sugiere que las decisiones de operar no responden directamente a variaciones de precios corrientes, sino a condiciones productivas y sanitarias más inmediatas.

6.3 Variables ambientales

En conjunto, las variables ambientales muestran que la probabilidad de operación responde principalmente a episodios concretos de daño ambiental, dentro de una misma ACS, más que a condiciones de largo plazo, entre diferentes ACS.

Profundidad no presenta efectos significativos, lo que indica que, dentro del rango observado, esta característica no afecta la operación. Su media tampoco muestra un efecto relevante.

En cambio, **I. Aneróbicas** presenta un efecto negativo en su componente de corto plazo, con una reducción de 3 pp. en la probabilidad de operación al aumentar el índice en una unidad. Esto indica que las condiciones en el corto plazo en aspectos ambientales poco favorables reducen la probabilidad de operación, si se compara la misma ACS en el tiempo. La no significancia del efecto en su componente promedio sugiere que el efecto de largo plazo no es significativo.

Un patrón similar se observa en **I. Mortalidad**, cuyo aumento de una unidad reduce la probabilidad de operación en aproximadamente 17 pp en el corto plazo, al comparar la misma ACS a lo largo del tiempo. Su componente medio no resulta

significativo, es decir, el efecto de largo plazo entre diferentes ACS no resulta relevante en la probabilidad de operación.

En conjunto, tanto la condición del oxígeno en el agua desfavorable, como la mortalidad de peces, tienen mayor relevancia en el corto que en el largo plazo.

7. CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizaron los determinantes de la probabilidad de operación de las licencias de salmónidos en Chile, utilizando información mensual a nivel de licencias y de Asociaciones de Concesiones de Salmónidos (ACS). El uso de múltiples modelos permitió evaluar la estabilidad de los signos y la significancia de los coeficientes, así como abordar explícitamente dos problemas relevantes en este tipo de datos: la posible endogeneidad de algunas variables económicas y la correlación entre los efectos no observados y los regresores. Los resultados del IV Probit no proporcionan evidencia de endogeneidad relevante para las variables instrumentadas. En el caso del modelo de Panel, se utilizó el modelo de efectos aleatorios correlacionados (CRE) tanto para abordar la evidencia que indica que los efectos no observados están correlacionados con las variables explicativas, como para incorporar las variables que no varían en el tiempo, estimando efectos de corto y largo plazo, manteniendo la posibilidad de interpretar tanto la dinámica temporal como las diferencias persistentes entre licencias y ACS.

A diferencia de lo que podría haberse pensado, en una industria de carácter exportador, factores relacionados a los costos como Distancia Puerto y Precio, no resultaron significativos.

Los resultados muestran que la probabilidad de que una licencia opere depende de una combinación de factores económicos y ambientales. Dentro de los factores económicos, Superficie, Licencias Operativas, Distancia Media y HHI resultaron significativos. La Superficie, que no varía con el tiempo, captura diferencias entre licencias: las licencias con mayor área concesionada tienen una mayor probabilidad de operar, lo que indica que la capacidad física disponible es una condición inicial relevante. Por su parte, Licencias Operativas muestra que la decisión de operar está relacionada con la presencia de otras licencias en operación. Distancia Media señala que, para operar, se privilegia la cercanía con otras licencias para reducir costos. En el caso del HHI, el modelo CRE permitió evaluar sus dos dimensiones, con efectos opuestos entre ellas: los aumentos de corto plazo en la concentración elevan la probabilidad de operación al comparar la misma ACS en el tiempo; sin embargo, el efecto permanente o de largo plazo, al comparar distintas ACS, reduce la probabilidad de operación.

En el ámbito ambiental, I. Anaeróbicas e I. Mortalidad también resultaron determinantes en el corto plazo, asociadas a una reducción de la probabilidad de operación. Este resultado es consistente con la literatura, que señala que el deterioro ambiental puede ocasionar reducciones en la productividad de las empresas (Buschmann et al., 2009; Estay, 2021; Estay & Chávez, 2015; O’Ryan & Pereira, 2015).

8. RECOMENDACIONES

El estudio evidenció la importancia de considerar la concentración de la propiedad como un factor relevante en la industria. La evidencia de que las áreas donde el HHI es más alto de forma persistente operan menos podría asociarse con un acaparamiento de licencias, obtenidas por razones de especulación, en lugar de un uso productivo de las mismas. Esto muestra la necesidad de regular de mejor forma la concesión de las licencias, y lograr identificar cuándo se están solicitando con fines especulativos, para proceder a su caducidad.

Adicionalmente, las variables ambientales siguen siendo un tema relevante a corto plazo, por lo que es necesario que la industria mejore su gestión ambiental, no solo por la consiguiente mejora en la productividad, sino también por la sostenibilidad de esta.

9. LIMITACIONES

Una primera limitación conceptual de la presente investigación radica en la definición de la unidad de análisis: la licencia. Solo es posible observar que en el lugar físico observable existe un centro de cultivo cuando éste se encuentra operando. En los períodos de inactividad, no se sabe qué hay en esa ubicación. Por lo tanto, solo se habla de licencia, debido a que lo único observable, en cualquier período, es que un individuo cuenta con este permiso legal.

Finalmente, se utilizaron datos que es posible obtener de fuentes públicas o mediante solicitudes a servicios públicos, por lo que la información interna de las empresas, como la información financiera o las estrategias, es una variable que no ha sido posible incluir en el modelo.

A pesar de las limitaciones, la presente investigación abre la puerta a futuras mejoras en el estudio de la industria salmonera. Por ejemplo, podrían mejorar la calidad de las variables ambientales para comprender con mayor profundidad cómo el deterioro ambiental incide en el uso de las licencias. Además, se podría distinguir entre las distintas especies de salmónidos —salmón del Atlántico, trucha arcoíris y salmón del Pacífico— para identificar sus diferencias. Finalmente, la utilización de otras técnicas estadísticas, como la econometría espacial, para complementar los hallazgos.

10. REFERENCIAS

- A. COLIN CAMERON, & PRAVIN K. TRIVEDI. (2022). Microeconometrics Using Stata Volume I: Cross-Sectional and Panel (Vol. 2).
- Aharonson, B., Baum, J., & Feldman, M. (2004). Borrowing from Neighbors: The Location Choice of Entrepreneurs.
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of Aquaculture Policy and Regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11(Volume 11, 2019), 101–123. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093750>
- Biswas, A. K., & Thum, M. (2017). Corruption, environmental regulation and market entry. *Environment and Development Economics*, 22(1), 66–83. <https://doi.org/10.1017/s1355770x16000218>
- Bjørndal, T. (2002). The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquaculture Economics & Management*, 6(1–2), 97–116. <https://doi.org/10.1080/13657300209380306>
- Bloom, N. (2009). The Impact of Uncertainty Shocks. *Econometrica*, 77(3), 623–685. <https://doi.org/10.3982/ECTA6248>
- Brunnermeier, S. B., & Levinson, A. (2016). Examining the Evidence on Environmental Regulations and Industry Location. *The Journal of Environment & Development*, 13(1), 6–41. <https://doi.org/10.1177/1070496503256500>

- Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.002>
- Buschmann, Farías, L., Fabián Tapia, Varela, D., & Vásquez, M. (2016). Informe Final Comisión Marea Roja [Technical Report]. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., & Diana, J. (2007). Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 14(7), 452–462. <https://doi.org/10.1065/espr2007.05.426>
- Cárdenas-Retamal, R., Dresdner-Cid, J., & Ceballos-Concha, A. (2021). Impact assessment of salmon farming on income distribution in remote coastal areas: The Chilean case. *Food Policy*, 101, 102078. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102078>
- Ceballos, A., Dresdner-Cid, J. D., & Quiroga-Suazo, M. Á. (2018). Does the location of salmon farms contribute to the reduction of poverty in remote coastal areas? An impact assessment using a Chilean case study. *Food Policy*, 75, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.01.009>

- Cillari, A., Stephens, S., & Werner, A. (2021). Best practice in license allocation in the oil and gas industry: A review of five countries. *Resources Policy*, 74, 102296. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102296>
- Colombo, S. (2016). A Model of Three Cities: The Locations of Two Firms with Different Types of Competition. *International Regional Science Review*, 39(4), 386–416. <https://doi.org/10.1177/0160017614543849>
- Congreso Nacional de Chile. (1992). Decreto 430 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989, y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Congreso Nacional de Chile. (1993). REGLAMENTO DE CONCESIONES Y AUTORIZACIONES DE ACUICULTURA (p. 28).
- Cruz, J. (2009). How do agglomeration economies affect the development of cities? *Revista de Economía del Caribe*, 6.
- Dehghani, H., & Ataee-pour, M. (2012). Determination of the effect of operating cost uncertainty on mining project evaluation. *Resources Policy*, 37(1), 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2011.11.001>
- Estay, M. (2021). Location choice in a natural resource industry: The case of Chilean aquaculture [Manuscript].
- Estay, M., & Chávez, C. (2015). Decisiones de localización y cambios regulatorios: El caso de la acuicultura en Chile. *Latin american journal of*

aquatic research, 43(4), 700–717. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-9>

Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. (1999). The spatial economy: Cities, regions, and international trade. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:b5aa81e2-8dba-4c2c-9085-9482b641518b>

Fujita, M., & Thisse, J. F. (1996). Economics of agglomeration. *Journal of the Japanese and International Economies*, 10(4), 339–378. <https://doi.org/10.1006/jjie.1996.0021>

Gray, W. (1997). Manufacturing Plant Location. Does State Pollution Regulation Matter. National Bureau of Economic Research.

Guo, W. C., Lai, F. C., & Zeng, D. Z. (2015). A Hotelling model with production. *Mathematical Social Sciences*, 73, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2014.11.005>

Gupta, B., Pal, D., & Sarkar, J. (1997). Spatial Cournot competition and agglomeration in a model of location choice. *Regional Science and Urban Economics*, 27(3), 261–282. [https://doi.org/10.1016/s0166-0462\(97\)00002-1](https://doi.org/10.1016/s0166-0462(97)00002-1)

INE. (2017). Censo de población y vivienda 2017. <https://www.ine.gob.cl/>

Ishikawa, T. (2014). Effects of the corporate tax rates on firms' location selections through the transfer pricing system. ERSA Conference Papers, ERSA

Conference Papers, Article ersa14p16.

<https://ideas.repec.org/p/wiw/wiwrsa/ersa14p16.html>

Kellogg, R. (2014). The Effect of Uncertainty on Investment: Evidence from Texas Oil Drilling. *American Economic Review*, 104(6), 1698–1734.

<https://doi.org/10.1257/aer.104.6.1698>

Kilkenny, M., & Thisse, J.-F. (1999). Economics of location: A selective survey.

Computers & Operations Research, 26(14), 1369–1394.

[https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00041-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00041-6)

Krugman, P. (1991). HISTORY AND INDUSTRY LOCATION - THE CASE OF THE MANUFACTURING BELT. *American Economic Review*, 81(2), 80–83.

Kulmambetova, K., & Tveterås, R. (2025). Spatial density, externalities, and productivity of salmon aquaculture farms. *Aquaculture Economics &*

Management, 29(3), 478–502.

<https://doi.org/10.1080/13657305.2025.2456072>

Markusen, J. R. (1997). Costly pollution abatement, competitiveness and plant location decisions. *Resource and Energy Economics*, 19(4), 299–320.

[https://doi.org/10.1016/s0928-7655\(97\)00014-6](https://doi.org/10.1016/s0928-7655(97)00014-6)

Marshall, A. (1890). Industrial Organization, Continued. The Concentration of Specialized Industries in Particular Localities. *En Principles of Economics* (pp. 222–223).

- McCann, B. T., & Folta, T. B. (2008). Location Matters: Where We Have Been and Where We Might Go in Agglomeration Research. *Journal of Management*, 34(3), 532–565. <https://doi.org/10.1177/0149206308316057>
- Millimet, D. L., Roy, S., & Sengupta, A. (2009). Environmental Regulations and Economic Activity: Influence on Market Structure. *Annual Review of Resource Economics*, 1, 99–117. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144100>
- Miron, J. R. (2010). The Craft of the Story Teller. En *The Geography of Competition: Firms, Prices, and Localization* (pp. 1–10). Springer.
- Montes-Rojas, G. V. (2011). Robust Misspecification Tests for the Heckman's Two-Step Estimator. *Econometric Reviews*, 30(2), 154–172. <https://doi.org/10.1080/07474938.2011.534035>
- Mundlak, Y. (1978). On the Pooling of Time Series and Cross Section Data. *Econometrica*, 46(1), 69–85. <https://doi.org/10.2307/1913646>
- Nakamura, D. (2015). Firm Location and Agglomeration Economies. En Toshiharu Ishikawa (Ed.), *Firms' Location Selections and Regional Policy in the Global Economy* (pp. 3–14). Springer Japan.
- Niu, K., Miles, G., Bach, S., & Chinen, K. (2012). Trust, learning and a firm's involvement in industrial clusters: A conceptual framework. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 22(2), 133–146. <https://doi.org/10.1108/10595421211205976>

- Ofosu-Mensah Ababio, J., Aboagye, A. Q. Q., Barnor, C., & Agyei, S. K. (2022). Foreign and domestic private investment in developing and emerging economies: A review of literature. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2132646. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2132646>
- Ohta, H., & Thisse, J.-F. (Eds.). (1993). *Does Economic Space Matter?: Essays in Honour of Melvin L. Greenhut*. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-22906-2>
- Olson, T. K., & Criddle, K. R. (2008). Industrial Evolution: A Case Study of Chilean Salmon Aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 12(2), 89–106. <https://doi.org/10.1080/13657300802110687>
- Open Topo Data. (2020). GEBCO bathymetry. <https://www.opentopodata.org/datasets/gebco2020/>
- O’Ryan, R., & Pereira, M. (2015). Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. *Marine Policy*, 51, 322–330. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.010>
- Perlman, H., & Juárez-Rubio, F. (2010). Industrial Agglomerations: The Case of the Salmon Industry in Chile. *Aquaculture Economics & Management*, 14(2), 164–184. <https://doi.org/10.1080/13657301003776714>
- Porter, M. (1994). The Role of Location in Competition. *International Journal of the Economics of Business*, 1(1), 35–40. <https://doi.org/10.1080/758540496>

- Porter, M. (1998). Location, Clusters, and the “New” Microeconomics of Competition. *Palgrave Macmillan Journals*, 3, 7–13.
- Rauscher, M. (1995). Environmental Regulation and the Location of Polluting Industries. *International Tax and Public Finance*, 2, 229–244.
- Ridley, D. B. (2008). Herding versus Hotelling: Market entry with costly information. *Journal of Economics & Management Strategy*, 17(3), 607–631. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2008.00188.x>
- Salgado, H., Bailey, J., Tiller, R., & Ellis, J. (2015). Stakeholder perceptions of the impacts from salmon aquaculture in the Chilean Patagonia. *Ocean & Coastal Management, Special Issue: Third International Symposium on Integrated Coastal Zone Management (ICZM): Towards Sustainable Coasts - “Recent developments and advancements”*, 118, 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.016>
- Savolainen, J. (2016). Real options in metal mining project valuation: Review of literature. *Resources Policy*, 50, 49–65. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.08.007>
- See, K. F., Ibrahim, R. A., & Goh, K. H. (2021). Aquaculture efficiency and productivity: A comprehensive review and bibliometric analysis. *Aquaculture*, 544. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736881>
- Stafford, H. A. (1985). ENVIRONMENTAL-PROTECTION AND INDUSTRIAL-LOCATION. *Annals of the Association of American Geographers*, 75(2), 227–240. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1985.tb00083.x>

- SUBPESCA. (2007). REGLAMENTO QUE FIJA LOS NIVELES MINIMOS DE OPERACION POR ESPECIE Y ÁREA. DS 383.
- SUBPESCA. (2023). INFORME AMBIENTAL DE LA ACUICULTURA Período 2021 a 2022.
- Sunnevåg, K. (1998). An option pricing approach to exploration licensing strategy. *Resources Policy*, 24(1), 25–38. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(98\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(98)00005-1)
- Thisse, J.-F. (2011). Geographical Economics: A Historical Perspective. *Recherches économiques de Louvain*, 77(2), 141–168. <https://doi.org/10.3917/rel.772.0141>
- Vega, D. (2013). Uso de las concesiones acuicolas de mar en la industria salmonera de Chile. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 1(2), 323024. <https://doi.org/10.7770/safer-v1n2-art770>
- Wolverton, A. (2009). Effects of Socio-Economic and Input-Related Factors on Polluting Plants' Location Decisions. *B E Journal of Economic Analysis & Policy*, 9(1). <https://doi.org/10.2202/1935-1682.2083>
- Wu, X., & Strange, R. (2000). The location of foreign insurance companies in China. *International Business Review*, 9(3), 383–398.