



Universidad de Concepción
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y geografía.
Magister en análisis geográfico.

**¿PUEDEN LAS PERIFERIAS INDUSTRIALES INNOVAR?: REDES Y
ESPACIO GEOGRÁFICO EN LA INDUSTRIA ACUÍCOLA GLOBAL.**

Tesis presentada a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, para optar al
grado Académico de Magister.

POR: KELLY YUBINI YUBINI
Profesor Guía: Sebastián Baeza Gonzalez.

Concepción, Chile, mayo de 2025.

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

Índice

Introducción	3
Justificación del problema de investigación.....	8
Preguntas de investigación.....	11
Breve introducción a la industria salmonera	12
Fundamentos teóricos del problema de investigación	19
¿Qué es la innovación?: sistemas de innovación sectoriales y tecnológicos.....	19
Proximidad geográfica e innovación.....	22
Distritos y clúster tecnológicos	26
El concepto de periferia y su vínculo con la innovación	32
Patentes e innovación	35
Estrategia metodológica.....	40
Fuente y manejo de datos	40
Técnicas de análisis espacial: centro/periferia	42
Técnicas de análisis de red: centro/periferia	44
Resultados	46
Objetivo específico N°1: Describir la industria acuícola por tipos de innovación en el contexto global acuícola con énfasis en la industria salmonícola	46
Objetivo específico N°2: Describir la distribución espacial de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia de Chile en el contexto global.....	53
Objetivo específico N°3: Describir la distribución en la red de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia en el contexto global.....	61
Conclusión.....	68
Bibliografía.....	70
Anexos.....	82

Índice de tablas

Tabla 1: Estructura agregada de costos de la industria salmonera en Noruega, Canadá, Escocia y Chile	17
Tabla 2: Expresión de búsqueda categoría base de Search_Function.....	41
Tabla 3: Resumen de patentes e inventores por categoría tecnológica.....	46
Tabla 4: Resumen de nodos y enlaces por categoría.....	62
Tabla 5: Resumen posición topológica en la relación espacio/red para países salmoneros.	67

Índice de figuras

Figura 1 Datos de participación del salmón en toneladas/peso vivo y porcentaje respecto del total producido por medio de acuicultura.....	13
Figura 2 Modelo dual centro-periferia.....	34
Figura 3 Fórmula de ponderación P_{twi}	43
Figura 4 Mapa de distribución global en base logarítmica de patentes de acuicultura y países con mayor N° de patentes acuícolas + Chile.....	47
Figura 5 Distribución de patentes en el tiempo 1970 -2024, Reino Unido, Canadá, Noruega y Chile	50
Figura 6 Distribución de patentes en el tiempo 1970 -2024, Reino Unido, Canadá, Noruega y Chile por categoría de desarrollo tecnológico	52
Figura 7 Resultados KDE para-Chile categoría Mejora genética y tecnología de semillas y Patología y prevención.....	61

Resumen

La salmonicultura chilena representa una paradoja económica: siendo parte de una economía periférica basada en exportación de materias primas, ha demostrado notable capacidad de adaptación tras la crisis del virus ISA en 2007. Esta investigación analiza la innovación en la salmonicultura chilena desde una perspectiva dual que integra su ubicación en el eje centro-periferia global y la posición de sus actores en redes de colaboración. El objetivo es caracterizar la innovación salmonícola chilena en el contexto global, analizando dimensiones espaciales y de red para determinar si constituye una periferia innovadora. La metodología se basó en análisis textual y cuantitativo de 96 millones de registros de patentes de PASTAT (2024), identificando 137.249 patentes acuícolas mediante text mining con taxonomía de Oh y Kim (2014). Se aplicó geocodificación y estimación de densidad Kernel (KDE) para análisis espacial, y algoritmo de Borgatti y Everett (2000) para estructuras núcleo-periferia en redes de inventores. Los resultados confirman que Chile ocupa una posición periférica tanto espacial como de red, con solo 98 patentes (puesto 30 de 176 países), concentradas en Santiago y el sur en categorías de "Mejora genética y semillas" y "Patología y prevención". Mientras la innovación acuícola se concentra en Estados Unidos, China, Japón y Reino Unido, Chile mantiene conexiones limitadas únicamente con Noruega. El estudio revela una desconexión significativa entre centros productivos y desarrollo tecnológico: Chile, segundo productor mundial de salmón, depende fundamentalmente de innovaciones externas, configurando una dependencia tecnológica estructural que contrasta con su importancia productiva global y limita su capacidad para desarrollar soluciones adaptadas a contextos locales.

Palabras clave: Salmonicultura, innovación, periferia global, redes de conocimiento, Chile, geografía económica

Abstract

Chilean salmon farming represents an economic paradox: being part of a peripheral economy based on raw material exports, it has demonstrated remarkable adaptive capacity following the ISA virus crisis in 2007. This research analyzes innovation in Chilean salmon farming from a dual perspective that integrates its location in the global center-periphery axis and the position of its actors in collaboration networks. The objective is to characterize Chilean salmon farming innovation in the global context, analyzing spatial and network dimensions to determine if it constitutes an innovative periphery. The methodology was based on textual and quantitative analysis of 96 million patent records from PASTAT (2024), identifying 137,249 aquaculture patents through text mining using Oh and Kim's (2014) taxonomy. Geocoding and Kernel density estimation (KDE) were applied for spatial analysis, and Borgatti and Everett's (2000) algorithm for core-periphery structures in inventor networks. Results confirm that Chile occupies a peripheral position both spatially and in networks, with only 98 patents (30th position out of 176 countries), concentrated in Santiago and the south in "Genetic improvement and seed technology" and "Pathology and prevention" categories. While aquaculture innovation concentrates in the United States, China, Japan, and the United Kingdom, Chile maintains limited connections only with Norway. The study reveals a significant disconnection between productive centers and technological development: Chile, the world's second-largest salmon producer, fundamentally depends on external innovations, configuring a structural technological dependence that contrasts with its global productive importance and limits its capacity to develop solutions adapted to local contexts.

Keywords: Salmon farming, innovation, global periphery, knowledge networks, Chile, economic geography

Introducción

En las últimas décadas del siglo XX, la acuicultura se convirtió en uno de los sectores de más rápido crecimiento a nivel mundial. Algunos motivos de su expansión se relacionan con el agotamiento de las pesquerías, y el aumento global de la demanda de alimentos del mar debido al crecimiento demográfico y la creciente preocupación por las características nutricionales de los alimentos y su higiene (Bjørndal, 2002; Mathis y Baker, 2002; Perlman y Juárez-Rubio, 2010). En lo relativo a los salmones, Noruega fue el primer país productor industrial, lo que ocasiono que otros países se motivaran a ingresar al mercado, como fue el caso de Chile¹.

La trayectoria de la salmonicultura chilena representa una paradoja económica. Por un lado, Chile continúa siendo caracterizado como una economía periférica, con cadenas productivas relativamente cortas y desarrollo técnico limitado, sostenida principalmente por la exportación de materias primas. Por otro lado, la industria salmonera ha demostrado una notable capacidad de adaptación y resiliencia, especialmente tras la crisis del virus ISA en 2007, que obligó a replantearse fundamentalmente los modelos productivos.

Por una parte, estamos de acuerdo en que una transformación productiva, requiere un cambio en la matriz tecnológica. Esta investigación propone analizar la innovación en la salmonicultura chilena desde una perspectiva que integra dos dimensiones críticas: la ubicación de Chile en el eje centro-periferia global, y la posición de sus actores dentro de las redes de colaboración para la innovación. Este enfoque dual pretende superar visiones deterministas que vinculan la capacidad innovadora exclusivamente con la ubicación geográfica, para explorar la configuración espacial y de red en contextos periféricos caracterizando dicha configuración a escala global.

Las preguntas que orientan esta investigación buscan determinar si se puede considerar la innovación en la salmonicultura chilena como parte de una periferia global, y cuáles son sus características distintivas en términos espaciales y de red, y qué tipos de innovaciones se generan en este contexto particular. El análisis de estas dinámicas no solo contribuirá a una mejor comprensión de la industria salmonera chilena, sino que también aportará a debates más amplios sobre la geografía económica de la innovación en regiones periféricas y su potencial para insertarse efectivamente en cadenas globales de valor.

Una de las hipótesis fundamentales que motiva esta investigación es que, a pesar del aparente dinamismo del sector salmonero chileno, es probable que la industria continúe operando con las

¹Para el año 2006, por ejemplo, la producción de Chile y Noruega en conjunto representaban el 70% de la producción total de salmón en el mundo (Perlman y Juárez-Rubio, 2010). En los apartados siguientes se aportarán cifras actuales, pero el dato aportado por Perlman y Juárez-Rubio nos da una idea del explosivo crecimiento y posicionamiento del salmón chileno en el mercado en la primera década del 2000 previo a la crisis del virus ISA del año 2007.

mismas tecnologías que adaptó en sus inicios, sin experimentar un cambio estructural. En este sentido, caracterizar las innovaciones en el sector se vuelve crucial para verificar si Chile ha logrado una transformación genuina de su matriz productivo-tecnológica.

En un momento en que la industria enfrenta nuevos desafíos relacionados con la sustentabilidad y la legitimidad social², resulta fundamental comprender las dinámicas de innovación que podrían facilitar una transición hacia modelos productivos más complejos tecnológicamente y más respetuosos con el bienestar ambiental y humano, o en último, caso identificar nichos tecnológicos que puedan ser fortalecidos.

El documento está compuesto por 4 apartados principales, en el primero de ellos se presenta la problematización y pregunta de investigación, en el segundo la fundamentación teórica, en el tercero la estrategia metodológica, y finalmente los resultados y conclusión.

² El jueves 17 de octubre de 2024 se proyectó en las pantallas del Time Square en nueva York un video que alerta a consumidores sobre las salmoneras en Chile. véase <https://eldesconcierto.cl/2024/10/17/danos-de-las-salmoneras-llegan-al-times-square-pantallas-gigantes-muestran-los-mares-del-sur-de-chile>

Justificación del problema de investigación.

Parte de la estructura económica de Chile ha sido sostenida por la exportación de materias primas, con cadenas productivas cortas y poco desarrollo técnico (Rehner y Baeza, 2020). En el ámbito regional, se ha caracterizado por la aparición de sectores de la economía orientados a la exportación como la salmonicultura. Este sector económico ha suscitado mucho interés del mundo público y académico debido al explosivo aumento productivo que posiciona a Chile como uno de los principales exportadores de salmón en el mundo después de Noruega.

El Estado jugó un papel activo en la introducción masiva de estas especies a partir de 1960, por medio de una alianza de colaboración con la Agencia Internacional Japonesa (JICA), la Fundación Chile y la Corporación de Fomento de la producción (CORFO) (Rehner, Lorie y Muñoz, 2023). Posteriormente, empresarios chilenos se sumaron con rapidez al desarrollo de la industria, convirtiéndose en la fuerza motriz de su expansión³.

El desarrollo a gran escala de la industria de los salmónidos fue justificado inicialmente por la necesidad de disminuir la presión sobre los recursos pesqueros que estaban siendo explotados intensamente en la zona sur del país. Por otra parte, el modelo económico de la época, orientado a la explotación de recursos naturales, acompañó y estimuló el desarrollo de la industria.

Sin embargo, a pesar del auge de la industria, la construcción de un marco regulatorio por parte del Estado avanzó lentamente, y sumado al tardío desarrollo de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente en 1994, la preocupación por la sustentabilidad de la actividad empezó a volverse un tema de discusión en la década de los 2000 (Bustos, 2015). Justamente el año 2007, la industria es impactada fuertemente por la aparición de la anemia infecciosa del salmón (ISA). Esto no solo generó una drástica caída en la producción del salmón, sino que originó un cuestionamiento al sistema productivo (Chavéz et al., 2019).

Las críticas a la salmonicultura evolucionaron hacia una comprensión más estructural del problema, promoviendo una mirada de largo plazo basada en la sostenibilidad, que tensiona directamente los fundamentos del modelo productivista (Barton y Fløysand, 2010). En este contexto, la innovación emergió como una oportunidad para el crecimiento del sector⁴, no solo como respuesta a las tensiones entre productividad y sustentabilidad, sino también como una manera de repensar la forma en que se gestiona y se fomenta la innovación en Chile.

A pesar de que Chile ha manifestado interés por enfrentar los desafíos que supone fortalecer el

³ Entre la década de 1980 y 1990, la producción de la especie ya alcanzaba un promedio de 30.000 toneladas al año (Dresdner, Chavez, Estay, Gonzalez, Salazar y Figueroa, 2016, p.1).

⁴ En general, la industria de los salmones comienza sus operaciones con un alto nivel de dependencia de insumos y de tecnología extranjera (Dresdner et al., 2016, p.2).

sistema nacional de innovación - promulgación de la Ley de I+D, creación del Consejo Nacional de Innovación, Agenda de Innovación y Emprendimiento de Base Científica y Tecnológica, los programas de subsidio y fomento de la innovación CORFO, Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI). - sigue siendo una economía periférica con una baja inversión en I+D en comparación con países desarrollados de la OCDE⁵ y bajos niveles de patentamiento⁶.

La literatura tradicional sobre geografía económica e innovación ha tendido a minimizar el potencial innovador de las regiones periféricas, ya que las actividades de mayor valor agregado y contenido tecnológico se concentran principalmente en regiones centrales con ecosistemas de innovación consolidados (Eder, 2018). Sin embargo, la experiencia de la industria salmonera chilena sugiere que las dinámicas de innovación pueden ser más complejas y multidimensionales.

La innovación ha ampliado los horizontes teóricos de la geografía económica en dos sentidos fundamentales: primero, ha contribuido a desafiar el prejuicio de que las regiones periféricas son espacios improductivos para la innovación⁷. En el caso de la salmonicultura chilena, su marcada concentración en las regiones del sur del país ilustra la relevancia de la dimensión espacial en los procesos productivos.

En este contexto, surge la necesidad de examinar cómo se articula la innovación en la salmonicultura chilena considerando dos dimensiones clave que han sido poco exploradas conjuntamente: la ubicación geográfica de las empresas en el eje centro-periferia global, y su posición dentro de las redes de colaboración para la innovación. Esta perspectiva dual permitiría comprender mejor las estrategias de innovación en entornos periféricos y su interacción con los flujos globales de conocimiento.

La pregunta central que guía esta investigación es: ¿se puede considerar la innovación en la salmonicultura chilena como una periferia global? ¿Cuáles son sus principales características en términos espaciales y de red? ¿Qué tipo de innovaciones se producen en la salmonicultura chilena?

Este problema de investigación busca trascender la visión determinista que vincula la capacidad

⁵ El gasto en I+D del PIB en Chile aumento de un 0,36% a un 0,39% para el año 2022, sin embargo, sigue estando lejos del promedio invertido por los países OCDE que alcanza aproximadamente un 2.7% del PIB de estos países.

⁶ Por ejemplo, y según la encuesta de monitoreo de proyectos CORFO del año 2023, solo 27,7% de las empresas que ha recibido apoyo económico y asesoría desde el año 2010 en adelante solicito algún método de propiedad intelectual o patentamiento. Véase <https://datainnovacion.cl/portafolio-proyectos>.

⁷ El estudio de la innovación se ha enfocado en las regiones de alta concentración espacial, evitando el estudio del fenómeno en áreas más remotas. Según Eder y Trippel (2019), con algunas excepciones, los estudios de innovaciones en la periferia son en general escasos, ocultando el hecho de que en las periferias también se producen innovaciones

innovadora exclusivamente con la ubicación geográfica, para explorar cómo las empresas en regiones periféricas pueden desarrollar estrategias de innovación efectivas mediante configuraciones particulares de redes de conocimiento, tanto locales como globales.

Preguntas de investigación

¿Se puede considerar la innovación en la salmonicultura chilena como una periferia global? ¿Cuál es su estructura en términos espaciales y de red?

Objetivo general

Caracterizar la innovación en la salmonicultura chilena dentro del contexto global, tanto en dimensiones de red como espaciales.

Objetivos específicos

- Describir la industria acuícola por tipos de innovación en el contexto global acuícola con énfasis en la industria salmonícola.
- Describir la distribución espacial de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia en el contexto global, con énfasis en Chile.
- Describir la distribución en la red de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia en el contexto global, con énfasis en Chile.

Breve introducción a la industria salmonera

La industria de la pesca y la acuicultura ha experimentado un crecimiento sostenido en su producción durante las últimas siete décadas, pasando de 20 millones de toneladas en la década de 1950 a 180 millones de toneladas en el año 2020 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022). Desde aproximadamente la década de 1990, la acuicultura ha incrementado significativamente su participación en el volumen total producido. En la actualidad, la industria acuícola, excluyendo la producción de algas, prácticamente iguala el volumen total capturado por la industria pesquera. De esta manera se estima que la acuicultura ha tenido en promedio un crecimiento de 8.8% desde la década de los 70', y suplen el 46% de la demanda de alimentos del mar (FAO, 2024).

Si bien el crecimiento sostenido de la población ha traído consigo un aumento de la demanda de alimentos, el impulso que ha recibido la acuicultura se debe mayoritariamente a la adopción de nuevas tecnologías y la adaptación de tecnologías del sector agrícola en especies marinas (Pandey, 2023; Asche, 2008; Asche et al., 2013; Kumar y Engle, 2016). Esto ha mejorado la eficacia de los cultivos, haciendo que los productos sean más competitivos.

Por otra parte, y en lo referente a la producción global de salmón, la industria ha evidenciado una tendencia similar al crecimiento acuícola, duplicando su producción entre el año 2000 y 2020 (Pandey et al., 2023). Para este último año, se registró un total productivo de 3.8 millones de toneladas, principalmente de salmón de cultivo. Si bien la cantidad de salmón capturado en estado silvestre se mantiene estable en estas décadas, en la actualidad representa solo un 25% del total disponible de salmón, dando cuenta del terreno que ha ganado el cultivo de la especie (Pandey et al., 2023).

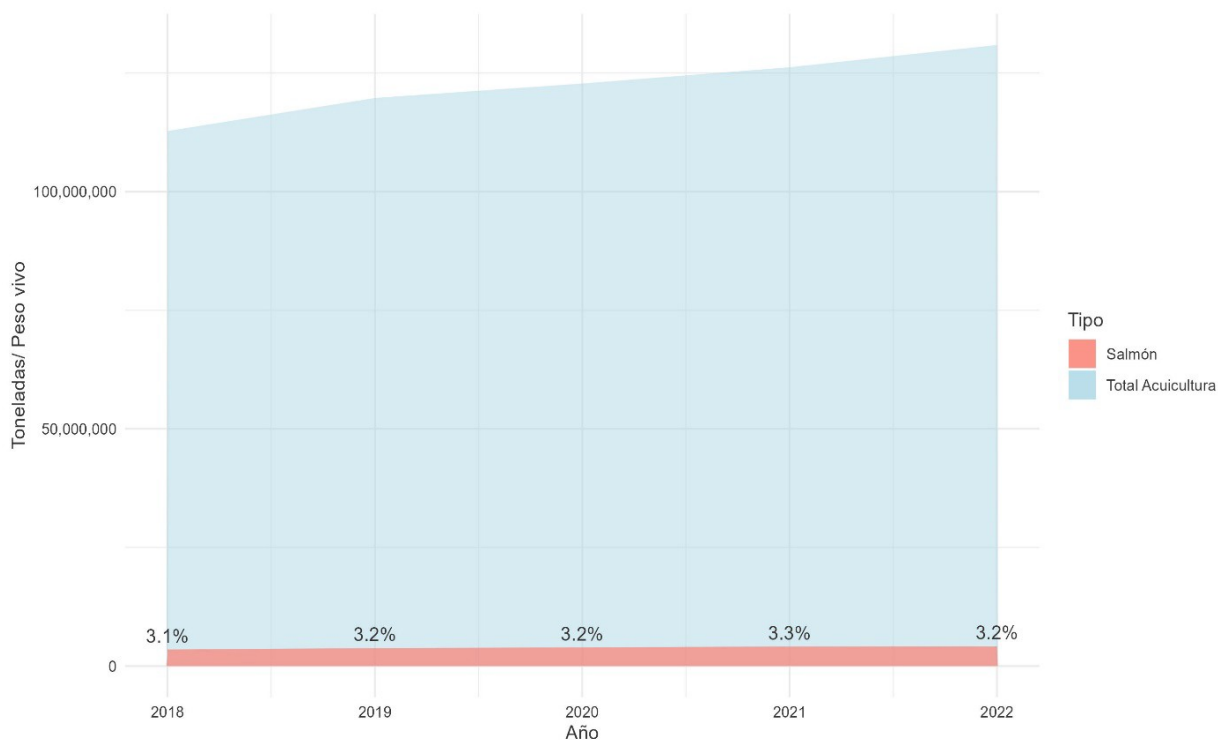
Noruega y Chile lideraron la producción global de salmónidos entre el 2020 y 2022, registrando la mayor cantidad de toneladas producidas a la fecha (FAO, 2022). Fueron los principales exportadores de Salmón en sus diferentes formatos para el mismo periodo. Estos países han mantenido su volumen productivo y su presencia en los mercados durante el año 2024 (FAO, 2024). A Chile y Noruega, le siguen países como Reino Unido y Canadá que representan casi el 90% de la producción total de salmón atlántico⁸ (FAO, 2022). Destacan también en la producción de salmón países como Escocia, Suecia y Dinamarca. Pero en general, la producción de salmón se encuentra concentrada en los 5 primero países mencionados, debido a que la especie requiere para su cultivo de factores biofísicos del agua, como temperaturas frías y una costa protegida. Desde 2018, el salmón, incluidas diversas especies de trucha, ha contribuido aproximadamente con el

⁸ En términos de volumen de producción, la especie más cultivada es el salmón Atlántico, que representó el 71,4% de la producción en 2020. Le siguen la trucha asalmonada salvaje (no cultivo) con un 16,6% y el salmón coho, con un 5,8% de la producción en el mismo año. Finalmente el salmón chinook, con solo un 0,4% (0.4% de la producción para el año 2020) (Pandey et al., 2023; *Salmon Farming Industry Handbook 2019, 2022*).

3,2% del total de alimentos marinos producidos por medio de cultivos (FAO, 2022).

Aunque la contribución en toneladas de la actividad salmonera es marginal (solo un 3%⁹, véase gráfico 1), esta actividad exhibe características distintivas relevantes para el estudio del desarrollo innovador¹⁰. Primero que todo, la industria del salmón atlántico se destaca entre todas las especies marinas cultivadas (como carpas, algas, tilapias, entre otros.) por presentar un bajo nivel de riesgo económico y un alto nivel de industrialización (Marin Harvest 2019, 2022). En la acuicultura moderna, la industrialización y el control de la producción son elementos clave. Estos factores facilitan la integración de nuevas tecnologías, generando un ciclo virtuoso: mayor eficiencia productiva, aumento de la producción, reducción de precios y, finalmente, incremento de la demanda¹¹ (Asche, 2008).

Figura 1 Datos de participación del salmón en toneladas/peso vivo y porcentaje respecto del total producido por medio de acuicultura.



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la colección *Global aquaculture*

⁹ Según *Salmon Farming Industry Handbook 2019 (2022)* el aporte total de salmónidos representa el 4.5% del suministro total de alimentos del mar.

¹⁰ A pesar de que la acuicultura en general es una práctica de producción de alimentos antigua, la verdadera revolución en este ámbito ocurre cuando comienzan a introducirse formas de cultivo semi-intensivas o intensivas que controlan las condiciones de crecimiento de los peces y moluscos (Asche, 2008).

¹¹ La relación entre incremento productivo y disminución del precio de los productos, no ocurre únicamente en la acuicultura, y puede observarse por ejemplo en algunas industrias agrícolas (Asche, 2008). Así mismo, la industria agrícola ha evidenciado una relación exponencial de crecimiento entre la tasa de innovaciones y el aumento productivo (Gardner, 2002).

*production Quantity (1950 - 2022) de la FAO*¹².

El desarrollo inicial de la acuicultura se vio facilitado por la transferencia y adaptación de conocimientos y tecnologías provenientes de la industria agrícola. En el caso de Noruega, país pionero en la salmonicultura, la Universidad de Agricultura jugó un papel fundamental al proporcionar las primeras investigaciones y conocimientos técnicos especializados (Gjedrem, 2007). Esta institución, junto con otros laboratorios de investigación, generó importantes avances tecnológicos en áreas clave como nutrición acuícola, sistemas de aireación, mejoramiento genético y control de enfermedades, contribuyendo significativamente al incremento de la productividad durante la etapa inicial de la industria (Engle, 1989).

Por ejemplo, el alimento mejorado en formato *pellet* fue un desarrollo tecnológico clave para el crecimiento de la industria¹³. Este a su vez brindó oportunidades para el desarrollo de comederos automáticos (Paspatis y Boujard, 1996). Los comederos automáticos, evolucionaron para poder detectar por medio de sistemas hidro acústicos el comportamiento de los peces en cautiverio. El beneficio de esta tecnología fue una alimentación con menos desperdicio y una mayor productividad. Sin embargo, el uso de tecnologías de este tipo aumento rápidamente la demanda por trabajadores más cualificados o certificados (Bjordal, Lindem, Juell, and Ferneo, 1993).

Tveterås (2002) sugiere que, desde la década de 1970 en adelante, la industria del salmón en Noruega ha pasado de una producción intensiva en mano de obra sin habilidades formales a una producción "intensiva en capital". La década de 1970 se caracterizó por el avance en las tecnologías de la alimentación, mientras que la década de 1980 estuvo marcada por la proliferación de enfermedades como la vibriosis, la vibriosis de agua fría y la furunculosis (Grave et al., 1996), lo que impulsó el desarrollo de tecnologías antibióticas¹⁴.

Por otra parte, la fase de alto crecimiento de la producción (1990 – 2012) se caracterizó por sistemas de alimentación infrarroja que compilaban información sobre el comportamiento alimenticio de los peces. La información recopilada, nutre los algoritmos para regular automáticamente el suministro de alimento (Kumar y Engle, 2016). Así mismo, la alimentación continuo mejorando, lo que permitió disminuir la dependencia que tenían sobre la harina de pescado, y crearon alimentos basados en conocimientos de bioquímica y fisiología, que aumentaron el tamaño y peso de los peces (Asche y Tveterås, 2004). Algunos alimentos

¹² <https://www.fao.org/fishery/en/fishstat>

¹³ La preocupación por la eutrofización, - definida como el proceso mediante el cual los cuerpos de agua reciben un exceso de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo (Eutrofización | UNDRR, 2023)- llevo a la disminución del fosforo en los alimentos para los salmones.

¹⁴ El uso de antibióticos tuvo un peak de 50 MT en 1987 (FAO, 2017). Incluso en la regulación actual, la Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria (traducción propia, NFSA), exige la vacunación de los salmones contra la vibriosis, la vibriosis de agua fría y la furunculosis (Udhwani et al., 2025)

incluyeron en su fórmula inmunoestimulantes que redujeron significativamente la infestación de piojos de mar y otros patógenos (NOAA/USD,2011).

También las vacunas fueron mejoradas en este periodo; se hicieron más eficaces y el control progresivo de las enfermedades permitió ir disminuyendo las dosis de antibióticos suministrada a partir de 1998 (Kumar et al., 2018). Los avances tecnológicos de Noruega, dieron lugar a cepas de salmón criadas de manera selectiva en piscifactoría, dando lugar al primer pez modificado genéticamente con fines comerciales (Smith et al., 2010).

Varios autores sugieren que el desbordamiento de conocimientos de la industria Noruega¹⁵, y las regulaciones más estrictas, pueden haber potenciado el derramamiento de conocimientos hacia economías externas. Algunos autores, que analizan el desarrollo de la industria en Noruega, proponen que este podría ser el caso de Chile y Escocia, que se vieron beneficiados por la globalización de las empresas salmoneras en este país (Pandey et al., 2023; Tveterås, 2002).

De esta forma, la industria salmonera chilena tuvo sus inicios con la crianza de salmón a partir de material genético importado, principalmente desde Estados Unidos. Este proceso fue impulsado por una alianza estratégica entre la firma japonesa Nichiro Chile, la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (Japan International Cooperation Agency - JICA), la Universidad de Washington y diversas instituciones del Estado de Chile. En esta etapa inicial, la tecnología utilizada era de carácter artesanal y poco eficiente¹⁶. La industria dependía en gran medida de la importación de insumos intermedios y material genético^{17,18} (Katz, 2006).

A partir de 1990, con la consolidación y tecnologización de la acuicultura a nivel mundial, muchas empresas familiares abandonaron la actividad o se fusionaron para formar consorcios más grandes. Chile no fue la excepción: entre 1994 y 1999, el número de empresas en el sector se redujo de 65 a 35 (Montero y CEPAL, 2004). Algunas de estas empresas fueron adquiridas por filiales noruegas (Montero y CEPAL, 2004).

El crecimiento de la industria del salmón en Chile se ha asociado a la expansión gradual de las empresas intermedias que producen insumos como vacunas, redes, material genético, material de

¹⁵ La principal herramienta regulatoria en Noruega es la licencia de acuícola para cultivo de peces (Fish Farming License). Si bien es un sistema único, por petición de la industria se han incorporado nuevas formas de licenciamiento (Hersoug, 2022).

¹⁶ En la década de 1990, el Factor de Conversión Alimenticia (FCR), que mide la cantidad de alimento requerida por kilogramo de salmón producido, era de aproximadamente 3,0 kg/smolt en la salmonicultura chilena. Durante la crisis del virus ISA (2007), cuando la productividad del sector se redujo significativamente, este valor descendió a un promedio de 2,2 kg/smolt. Actualmente, la industria ha optimizado su eficiencia, logrando factores de conversión que varían entre 1,5 y 1,2 kg/smolt, dependiendo de la especie cultivada (*Factor de conversión de alimento (FCR)*, s. f.; *La evolución del FCR en la industria del salmón de Chile*, 2015).

¹⁷ Huevos de salmón, maquinaria de procesamiento, tanques de cultivo, eran algunos de las tecnologías importadas.

¹⁸ En este periodo surgieron una serie de medianas y pequeñas empresas, que trabajaron de manera colaborativa para abaratar los costos de los insumos, o facilitar la venta y exportación de los productos (Barrientos, 2022; «Historia de la industria en Chile», s. f.)

embalaje, barcos, servicios de transporte, *software*, entre otros insumos. Solo las empresas más sofisticadas han desarrollado instalaciones experimentales para la creación de conocimiento, desarrollando las tres fases de la producción de salmón bajo una misma firma: fase de *hatchery* (cuidado y cultivo de alevines), fase de cultivo o engorda¹⁹ y fase de procesos (Katz, 2006). Esto indica que se han abierto espacios para que empresas locales suplan la alta demanda de insumos intermedios que tiene la industria.

Como se ha mencionado anteriormente, diversas tecnologías, como los tanques de cultivo extensivo, la alimentación automática y los sensores computacionales, se han generalizado rápidamente en la etapa de cultivo a nivel mundial. En este contexto, Chile ha ido implementando progresivamente algunas de estas tecnologías, enfocando sus esfuerzos de investigación principalmente en los sistemas de alimentación²⁰ y los tanques de cultivo (Carrera, 2020; institutodelaguaes, 2024).

En el ítem alimentos, por ejemplo, Chile presenta un menor costo proporcional respecto del total del costo de producción, en comparación a Canadá, Noruega, y Escocia. Sin embargo, en Chile los alimentos siguen siendo más caros (US/kg) que en la industria de Canadá, Noruega y Escocia. En otros ítems, como mantenimiento, *smolt* (alevines), proceso primario, también presenta mayores valores en dólares por kilogramo. Esto da cuenta de la evolución tecnológica de sus competidores (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2019). A continuación, se presentan los principales componentes del costo productivo del salmón, y su importancia relativa en los países con mayor producción salmonícola (Tabla 1).

¹⁹ En 1994, se importaron 114 millones de ovas de Salmon para suplir la demanda de la cría. Pero ya en 1995, con la intención de abaratar costos de producción, y evitar importar enfermedades a través de las ovas, se produjeron 74 millones de unidades de ovas de salmón. La Corfo, la universidad de Chile, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y el Servicio Nacional de Pesca, desempeñaron un papel importante en la inducción para la producción de ovas de salmón (Lizuka y Zanlungo, 2016).

²⁰ La disminución del FCA en estos años (véase nota al pie de página 14), es una representación de como los esfuerzos experimentales en la creación de dietas más avanzadas han evidenciado mejoras para la industria en la región.

Tabla 1: Estructura agregada de costos de la industria salmonera en Noruega, Canadá, Escocia y Chile

Ítem costos	Noruega (EUR)	%	Escocia (GBP)	%	Canadá (CAD)	%	Chile (USD)	%	Tipo de costos
Alimentos	1.70	43	1.50	33	2.53	36	1.64	32	Alimentación
Procesos primarios	0.33	18	0.24	22	0.51	20	0.50	28	Costos fuera en tierra
<i>Smolt*</i>	0.35		0.31		0.69		0.73		
Depreciación	0.13		0.20		0.31		0.17		
Costos administrativos	0.12		0.19		0.36		0.41		
Mantenimiento	0.16	39	0.15	45	0.28	44	0.21	40	Costos fase marina
Well boat**	0.15		0.21		0.18		0.23		
Mortalidad	0.06		0.14		0.07		0.06		
Salarios	0.24		0.22		0.59		0.21		
Otros	0.72		0.66		1.06		0.49		
Total	3.97		3.83		6.57		4.66		

*Denominación que se da al salmón juvenil al momento de iniciar su adaptación fisiológica para vivir en un medio marino.

** Se refiere a un "buque nodriza" o "barco cisterna" o "barco de transporte de peces vivos", dependiendo del contexto. En la industria salmonera, un well boat es un barco especializado que transporta peces vivos (como salmones) desde las jaulas de cultivo hasta las plantas de procesamiento, manteniéndolos en condiciones óptimas.

Fuente: Elaboración propia en base a Salmon Industry Handbook, 2018.

En el área de procesamiento, Fundación Chile²¹ ha tenido un rol clave, ayudando a las empresas a cumplir con los estándares de sanidad requerido en los diferentes mercados del mundo. Las empresas chilenas han tenido que sofisticar sus sistemas de tratamiento de residuos para cumplir con estas exigencias (Cordua y Klima, 2017; Figueroa, 2015).

En la actualidad, la acuicultura ha enfrentado crecientes cuestionamientos sobre su impacto ambiental y sostenibilidad, especialmente en los ecosistemas marinos. La extensión del sistema de producción por jaulas abiertas en la salmonicultura no ha estado exenta de este cuestionamiento, desafiando a la industria a mantener los niveles de producción minimizando los efectos negativos en el entorno. Al mismo tiempo, se ha elevado la demanda por soluciones tecnológicas más “verdes”.

El Estado de Noruega, ha tratado de impulsar una narrativa de reconversión ecológica de la industria por medio de los programas de tecnologías verdes (2014). El programa de tecnologías verdes ha puesto a disposición una serie de licencias, clasificadas en dos categorías de sustentabilidad, para impulsar o motivar a los productores a implementar estándares de sustentabilidad en la producción .

²¹ Otras organizaciones como APSTCH, SALMOCHILE, INTESAL, han contribuido guiando a las empresas, y haciendo investigación en los campos de salubridad y otros. En específico, Fundación Chile, se fusiona con el Instituto de Tecnología (INTEC), en agosto de 2002, generando un mayor impacto en el sistema de innovación de la industria.

En esa línea, Noruega está evaluando sistemas alternativos al sistema de producción tradicional de jaulas abiertas, como los sistemas de contención cerrada (CCS), que se enfocan en la fase post-*smolt* del salmón; y los sistemas de operación acuícola en alta mar (OAOS), una tecnología emergente que, aunque aún inmadura, busca desarrollar granjas capaces de operar en mar abierto (Fløysand y Jakobsen, 2016).

En el caso de Chile, a pesar de que ha ido introduciendo mejoras sistemáticas a su marco normativo, y la discusión sobre el giro sustentable está vigente, no se observa un recambio tecnológico revolucionario. En la prensa especializada, se pueden encontrar algunas iniciativas del sector sobre salidas tecnológicas al problema del impacto ambiental (Álvarez, 2024; Garcés, 2023). Sin embargo, Fløysand sugiere que debido a la racionalidad económica imperante del modelo, los mismos inversionistas son incapaces de controlar la sustentabilidad de sus inversiones (2015; p. 29).

En resumen, el cultivo de salmón en Chile ha impulsado la creación de una compleja y densa red de relaciones entre empresas salmoneras, empresas de insumos intermedios, organizaciones públicas, universidades y laboratorios. Sin embargo, a pesar de que la industria se ha especializado, la literatura revisada a lo largo de este apartado, indica que no existe una proliferación de las actividades científicas necesarias para cada proceso.

Fundamentos teóricos del problema de investigación

¿Qué es la innovación?: sistemas de innovación sectoriales y tecnológicos.

Varios estudios han reportado sobre la relación que existe entre los ciclos de vida de una industria y los patrones de innovación de esta misma (Utterback y Abernathy, 1975; Dosi, 1982; (Hassink et al., 2015)²²).

Desde la aparición del trabajo de Joseph Schumpeter (Schumpeter, 1961) la innovación se diferencia del elemento tecnológico para entenderse como un “proceso” en constante dinamismo. En la actualidad se refiere al momento en que una "tecnología" tiene una exitosa aceptación comercial o la primera aprobación del usuario. Puede estar referida a un nuevo producto, proceso, servicio o modelo empresarial (Akrich et al., 2002), pero también abarcar actividades que tradicionalmente no se han considerado I+D como tal.²³

Algunos investigadores han llegado al consenso de que la innovación puede surgir de la relación de diferentes tipos de conocimiento, o del proceso de producción y circulación de estos conocimientos en un determinado entorno (Amin y Cohendet, 2004; Kogut y Zander, 1992). Así mismo, sugieren que la innovación podría ser el resultado entre el conocimiento tácito de las personas y el conocimiento explícito o formal.

Para los fines de esta investigación, interesa la innovación en tanto ocurre en el ámbito de una industria o empresa como respuesta a las condiciones de su mercado. Esta premisa supone que la innovación no es una actividad individual, y que incluso es una actividad que puede variar sistemáticamente dependiendo del entorno de la empresa y sus estrategias de competencia y crecimiento, y por supuesto del estado de desarrollo tecnológico alcanzado por el entorno industrial²⁴.

Utterback y Abernathy (1975), proponen que las etapas de desarrollo de la innovación se dan de manera simultánea a las etapas de desarrollo del sistema productivo²⁵, pero que en muchos casos

²² Por ejemplo, algunos enfoques en la literatura de clúster han emparentado, su crecimiento y declive al surgimiento de nuevas tecnologías o el envejecimiento de las existentes. Sin embargo, Hassink, Fornahl y Menzel (2015), sugieren que esta relación puede no ser determinista. Así mismo lo demuestran los enfoques provenientes del giro evolutivo de la geografía económica, que relevan el papel de actores, las redes y las instituciones que en principio son altamente localizados y por ende dependen de elementos contextuales de cada industria.

²³ La innovación en una empresa puede surgir a través de diversos mecanismos: su capacidad de absorción de nuevos conocimientos (Cohen y Levinthal, 1990), sus relaciones comerciales y la interacción con usuarios (von Hippel, 2005), la identificación de oportunidades de comercialización, el seguimiento y aprendizaje de sus competidores (Zahra y George, 2002), o mediante el desarrollo de sus propias capacidades de diseño y desarrollo tecnológico.

²⁴ Según Utterback y Abernathy (1975), el entorno industrial puede encontrarse en tres etapas de desarrollo productivo: sin coordinación entre las empresas (etapa inicial), segmentada (etapa intermedia), o sistémica (etapa de desarrollo avanzado). Desde la etapa intermedia, pueden observarse desarrollos tecnológicos más coordinados y procesos productivos más organizados y rígidos

²⁵ La curva perfecta de esta interpretación de la innovación y los procesos de la empresa establece que a medida que un entorno industrial se vuelve más avanzado, es decir un sistema, la innovación tiende a ser más incremental, el

la progresión de ambos sistemas (producción e innovación) no necesariamente es exacta, pudiendo ser interrumpida o cambiar de dirección. Así mismo, un producto puede pasar por varios ciclos de vida²⁶ antes de alcanzar la estandarización tecnológica. Esta noción tiene la ventaja de que permite distinguir entre las pautas innovadoras de las empresas de un sector en un momento productivo dado de una industria. Por ejemplo, se puede identificar empresas pioneras que introducen y desarrollan ideas originales, empresas que adaptan innovaciones existentes, o empresas que ingresan en el último estado de una innovación con versiones tecnológicas optimizadas y menos costosas.

Desde la perspectiva de Eric Dahmén (1991) la innovación y el desarrollo industrial se refiere a un proceso basado en la evolución de sectores industriales. Dahmén, (1991) conceptualiza la innovación y el desarrollo industrial como un proceso fundamentado en la formación y evolución de sectores industriales. Estos sectores constituyen redes interconectadas de innovaciones, empresas y actividades económicas que se complementan y refuerzan mutuamente. Esta perspectiva introduce el concepto de "bloques de desarrollo", los cuales representan conjuntos de complementariedades que evolucionan secuencialmente a través del tiempo. El enfoque presta especial atención al análisis de los sectores industriales, su integración vertical y los límites que configuran tanto el sistema productivo como los procesos de innovación.

Otra aproximación relevante es la de los sistemas de innovación, que conciben la innovación como un proceso interactivo y dinámico en el que diversos actores establecen relaciones de colaboración y aprendizaje mutuo. En este marco, la innovación no ocurre de manera aislada, sino que surge de la interacción sistemática entre distintos agentes, como empresas, instituciones, gobiernos y universidades (Edquist, 2013; Lundvall, 2007).

Por otra parte, la teoría económica evolutiva ofrece un marco teórico más amplio para comprender el concepto de sistema sectorial de innovación y producción (Nelson y Winter, 1982; Dosi, 1997). Siguiendo esta perspectiva, Malerba (2002) desarrolla el concepto de sistema de innovación en dos elementos fundamentales: por un lado, es un conjunto de nuevos productos establecidos para usos específicos, y por otro, es una red de agentes que realizan interacciones tanto de mercado como no comerciales para la creación, producción y comercialización de

proceso productivo es más definidos y más rígido. El sistema de innovación disminuye su ocurrencia, o los tipos de innovación son menos "radicales", pasando a un estado de minimización de costes (Utterback y Abernathy, 1975, p. 645).

²⁶ Utterback y Abernathy, definen tres ciclos de vida de las tecnologías o productos: el ciclo inicial de maximización de ganancias, donde el producto cambia rápidamente y los márgenes son amplios; maximización de las ventas, donde se espera un mayor grado de competencia debido a la diferenciación de los productos en lugar de crear una aplicación totalmente nueva; y minimización de costes, donde comienza a desaparecer la variedad, y se da pie a la estandarización del producto. Estas etapas de la innovación tienen estricta relación con las etapas de la industria descrita anteriormente por los autores.

dichos productos. Una característica distintiva de estos sistemas sectoriales es que desarrollan su propia base de conocimientos, tecnologías, insumos y demanda. Además, los agentes que los conforman ya sean individuos u organizaciones, operan en diversos niveles de coordinación, caracterizándose por sus particulares procesos de aprendizaje, competencias, estructuras organizativas y objetivos específicos (Malerba, 2002).

La idea de que la innovación se organiza en forma de sistema se ha considerado la alternativa conceptual más adecuada para analizar los procesos de innovación de una industria (Bergek, Jacobsson, et al., 2008). Esta noción reúne una serie de enfoques sobre la innovación, diferenciados por la escala de la unidad de análisis: sistemas de innovación regionales, nacionales o sectoriales. Un nivel de observación más específico, y en algunos casos transversal a ambas unidades de análisis (región/sector) son los sistemas de innovación tecnológica (Bergek, Hekkert, et al., 2007).

El enfoque de los sistemas de innovación tecnológica (TIS²⁷) se utiliza para evaluar o describir el desempeño de una o más tecnologías específicas en un ecosistema de innovación. Fue descrito por Carlsson y Steankiewicz (1991) como una red de agentes interactuando en un área económica bajo una forma particular de infraestructura institucional, mientras se ven envueltos en procesos de creación, difusión y utilización de tecnologías.

Un concepto más simple fue propuesto por Bergek, Hekkert, y Jacobson (2007) señalando que los TIS se refieren a un sistema sociotécnico centrado en el desarrollo, difusión y el uso de una tecnología (en términos de producto o conocimiento) (p.408). Los TIS no solo contienen componentes dedicados a la tecnología, sino que contempla diferentes dimensiones del proceso de innovación de la tecnología. De esta manera, un TIS puede ser un subsistema de un sistema sectorial o puede abarcar varios sectores cuando el campo de conocimiento es más amplio (Bergek et al., 2008b). También pueden tener una dimensión regional (Audretsch y Feldman, 1996; Porter, 2000), pero normalmente son de carácter internacional²⁸.

Debido a esta cualidad de multidimensional, analizar un TIC no es una tarea fácil. Bergek et al. (2008b), sugieren que existen tres tipos de aproximaciones a un sistema de innovación tecnológico, y estas a su vez implican una elección por parte de los analistas: la elección del campo de conocimiento o producto tecnológico, la elección de amplitud y profundidad con que se quiere abordar el TIS, y la elección del dominio espacial en el que se encuentra inserto. Así mismo, un segundo paso es identificar los componentes estructurales del TIC: que actores, que

²⁷ Abreviatura del concepto en inglés Technological Innovation System.

²⁸ La dimensión geográfica de los procesos de innovación se abordará con mayor profundidad en el apartado sobre innovación y geografía.

redes y que instituciones.

El análisis de patentes puede ayudarnos a revelar el volumen y la orientación que ha seguido la actividad tecnológica, además de permitirnos definir los límites de un sistema de innovación tecnológica, sus actores y las relaciones que establecen entre ellos. A pesar de que el análisis de patentes tiene algunas limitaciones (Reeb y Zhao, 2020), puede ser un buen punto de partida para definir un sistema de innovación tecnológica en un sector industrial específico, o identificar a los actores e instituciones que tienen mayor relevancia en ese determinado sistema. Además, los datos contenidos en las patentes, como las direcciones de los inventores (Lissoni y Miguelez, 2014), ofrecen una valiosa herramienta para analizar la dimensión espacial de la innovación y comprender cómo la distribución geográfica influye en la generación y difusión del conocimiento tecnológico. Algunos de estos aspectos serán discutidos con mayor profundidad en el apartado sobre patentes científicas e innovación. Previo a esto revisaremos los fundamentos teóricos sobre la relevancia del contexto geográfico en los procesos de innovación.

Proximidad geográfica e innovación

La geografía de la innovación y los estudios de la innovación describen la importancia de la proximidad y la ubicación en los procesos de innovación, aun cuando la globalización y el desarrollo de las telecomunicaciones ha relativizado el valor de estar ahí (“being there”, (Gertler, 2003)).

En términos simples, la proximidad geográfica se refiere a la distancia física entre actores económicos (empresas, centros de investigación, universidades, entre otros). Sin embargo, en el contexto de la innovación, este concepto trasciende la mera distancia euclidiana, adquiriendo mayor complejidad en su relación con la producción de conocimiento.

La proximidad geográfica ha constituido un pilar fundamental en el estudio de la innovación durante más de un siglo. Alfred Marshall (1920) sentó precedente al acuñar el concepto de "atmósfera industrial", explicando cómo las aglomeraciones industriales catalizan la innovación y facilitan el intercambio de conocimientos. Este concepto pionero delineó las bases para entender que hay algo más allá de la simple distancia física que influye en los procesos innovadores (Giuliani et al., 2005). Los fenómenos de aglomeración serían producidos con el objeto de aprovechar externalidades positivas facilitadas por la proximidad, como compartir infraestructura, acceder a información que solo circula en un determinado perímetro o la especificidad del capital humano en una zona, entre otros.

Los estudios de Saxenian (1996) sobre Silicon Valley, y la Ruta 128, se adhieren a esta línea de investigación que busca identificar las externalidades positivas provenientes de los sistemas

industriales. Según esta autora, tres dimensiones garantizan la competitividad en este tipo de entornos: la presencia de instituciones locales que soportan la cultura local, la especificidad de la organización interna de la empresa y la existencia de una estructura industrial que facilita el contacto entre actores locales. En el entorno industrial los límites de la empresa se difuminan en post de las redes locales de organización (p.45).

Glasmeier (1988), previo a Saxenian, ya identificaba la importancia de la relación entre diferentes actores (relaciones de tipo informal o de mercado), como uno de los tres procesos que favorecen la formación de la aglomeración en industrias altamente tecnológicas. Los otros dos procesos cruciales son: la formación de nuevas empresas a partir de las ya existentes (spin-offs), donde empleados con experiencia y conocimientos técnicos establecen sus propias compañías cerca de sus "empresas madre"; y la especificidad de los procesos laborales dentro de las firmas de alta tecnología, que incluye prácticas organizativas distintivas, gestión del conocimiento especializado y la configuración de mercados laborales altamente cualificados que refuerzan la concentración geográfica de la innovación (p. 288). La facilidad y la frecuencia de las interacciones, y la circulación de profesionales entre firmas, originan la creación de una red local que beneficia los avances tecnológicos y difunde los nuevos descubrimientos²⁹ (Torre y Gilly, 2000b).

Otro marco de análisis es el de la geografía de la innovación, representado por el trabajo seminal de Audretsch y Feldman (1996). Esta noción pone el acento en la naturaleza del conocimiento, que para Feldman no es del todo apropiable, permitiendo que en determinadas circunstancias se produzcan derramamientos de este mismo de instituciones a empresas o de una empresa a otras. La aglomeración se explica por la diferencia entre conocimiento e información, mientras que la información puede ser transmitida a distancia, el conocimiento no tiene formas tan estandarizadas de transmitirse. Sobre todo, en las etapas iniciales de conformación de una industria la presencialidad suele ser crucial para establecer lenguajes comunes y códigos que traduzcan el conocimiento tácito en actividades operativas de funcionamiento de las empresas y la innovación. Además amplía la visión de las redes, al considerar no solo el vínculo entre las empresas sino que el vínculo de la industria con la ciencia u otras instituciones (Torre y Gilly, 2000).

Mas adelante, Boschma (2005) realiza una contribución fundamental al proponer analizar cuál es el rol de la proximidad geográfica en los procesos de aprendizaje interactivo y de innovación, asumiendo el hecho de que otras dimensiones de proximidad pueden ocupar este rol. En ese contexto la proximidad geográfica es una condición necesaria pero no suficiente para el aprendizaje. El autor supone que otras formas de proximidad se ven facilitadas por la proximidad geográfica, aumentando las posibilidades de innovación.

²⁹ Una idea similar se puede apreciar en los análisis de los sistemas nacionales y locales de innovación revisados en el apartado anterior.

La tarea de definir las distintas dimensiones o formas de proximidad había empezado con el trabajo de la escuela francesa que había logrado distinguir entre proximidad organizacional y geográfica (Torre y Gilly, 2000b, 2000). Para estos autores, la proximidad geográfica es definida como la distancia física entre dos actores mientras que la proximidad organizacional como la cercanía entre actores en términos de interrelaciones y coordinación de actores organizados.

Boschma (2005), reconoce la existencia de la proximidad geográfica y organizacional, pero además sugiere que también existe una proximidad cognitiva, social e institucional. Estas dimensiones, si bien pueden estar interrelacionadas, poseen mecanismos y efectos diferenciados.

La dimensión cognitiva se refiere al umbral mínimo de conocimientos compartidos que deben manejar las empresas para lograr adaptar nuevas tecnologías. Esto quiere decir que al menos la absorción de nuevos conocimientos requiere proximidad cognitiva. La base cognitiva de los actores debe ser lo suficientemente cercana para que puedan comunicar, comprender y procesar un nuevo conocimiento con éxito (Boschma y Lambooy, 1999)³⁰. Las empresas deben encontrar el equilibrio entre la distancia y la proximidad para evitar la superposición cognitiva, pero también una muerte endógena por falta de apertura, y lograr así un aprendizaje y comunicación eficaz³¹.

La proximidad organizacional, ha recibido más atención en la literatura (Dosi y Malerba, 1996; Kirat y Lung, 1999; Torre y Gilly, 2000b). Normalmente el concepto ha sido tratado de manera amplia, e incluye la dimensión cognitiva. Sin embargo, Boschma (2005) sugiere que para fines analíticos es más adecuado tratarla como una dimensión aparte. En ese sentido, la proximidad organizacional se refiere específicamente al grado en que las entidades comparten relaciones a partir de un arreglo organizacional, ya sea al interior de ellas o entre ellas. Al igual que en la proximidad cognitiva, una proximidad organizacional beneficiosa debe buscar un equilibrio entre una baja proximidad³² y una alta proximidad³³. La implementación de una nueva innovación requiere siempre un grado de flexibilidad. Un acoplamiento flexible entre dos entidades protege la autonomía al interior de las organizaciones y entre ellas (p. 65).

La proximidad social como dimensión es resultado de las discusiones polanyianas (Polanyi, 1957), que reconoce, en palabras simples, que las relaciones económicas se encuentran siempre insertas o

³⁰ El mismo autor sugiere que esta proximidad puede ser un arma de doble filo, ya que los hábitos y rutinas pueden oscurecer la visión respecto de nuevas tecnologías o mercados. Es posible que sea difícil aprender nuevas rutinas y hábitos si los actores u organizaciones han obtenido éxito en el pasado (Lambooy y Boschma, 2001).

³¹ Según Malmberg y Maskell (2002), en un inicio la proximidad espacial es suficiente para que las empresas puedan monitorearse unas con otras. Esto supone que no es necesario una proximidad organizacional, cuando existe proximidad cognitiva y física.

³² Hansen (1999) encontró que para el campo tecnológico de la electrónica y computadores una proximidad organizativa fuerte era mejor que una proximidad organizativa débil.

³³ Por otra parte, una fuerte proximidad organizacional presenta el riesgo de quedar atrapado en relaciones de intercambio demasiado específicas, lo que conduce a una falta de flexibilidad o imposibilidad para acceder a información novedosa. Así mismo puede conllevar una alta dependencia por alguna de las partes sobre determinados recursos y e inversiones (Boschma, 2005).

atravesadas por el contexto social. En el contexto de la innovación, la proximidad social para Boschma (2005), considera todas las relaciones a nivel micro que están socialmente arraigadas en la comunidad en que se inserta la empresa, como la amistad, el parentesco y la experiencia. De esta manera, la proximidad será medida en términos de integración: cuanto más integrada socialmente se encuentra una empresa, más interactivo será su aprendizaje³⁴. Otros autores sugieren, que la proximidad social, junto a la proximidad cognitiva³⁵, juegan un rol fundamental en la difusión de conocimientos, ya que la “similitud” entre los socios es un punto de partida para la creación de lazos de confianza y permitir que el conocimiento fluya (Cantner et al., 2017). La proximidad social al igual que las otras formas de proximidad, contrae sus amenazas: una excesiva proximidad social puede evitar el ingreso de empresas forasteras con nuevas ideas, o pueden llevar a una subestimación del riesgo de oportunismo.

Mientras que la proximidad social se refiere a las relaciones de parentesco, amistad y experiencia, la proximidad institucional está asociada al marco institucional que envuelve las actividades productivas e innovativas de las empresas. En esa línea, la proximidad institucional se entiende como un soporte de las actividades económicas, ya que provee condiciones de estabilidad para el aprendizaje y la interacción entre las empresas. También se contemplan algunas cuestiones culturales que median en las relaciones interempresariales, y que son constitutivas de la proximidad institucional. Sin embargo, también puede ser un factor de constricción³⁶. Un sistema institucional dañado o con un bajo nivel de eficacia, puede llevar a la inercia institucional o al bloqueo institucional, que a su vez conduce a la rigidez institucional, bloqueando las posibilidades de introducir cambios y nuevas tecnologías. Además, Gertler (2003) encontró que la proximidad organizacional y social, puede no ser un aliciente significativo para la colaboración y el aprendizaje interactivo, si las empresas dispuestas a hacerlos provienen de diferentes contextos institucionales. De esta manera, un sistema institucional saludable permite el ingreso de nuevos actores a la vez que mantiene la estabilidad institucional (Boschma, 2005).

Llegado a este punto cabe preguntarse: ¿es la proximidad geográfica esencial para los procesos de innovación o puede ser sustituida por otros tipos de proximidad? Los estudios empíricos han demostrado que las empresas que se encuentran más cercanas a fuentes de conocimientos presentan un mejor rendimiento que las empresas ubicadas en lugares alejados (Audretsch y Feldman, 1996; Jaffe et al., 1993). Por otra parte, responder esta pregunta también implica considerar los tipos de conocimiento, siendo el conocimiento tácito más dependiente de la dimensión de proximidad que el conocimiento codificado (Gertler, 2003). Sin embargo, la proximidad geográfica parece perder preponderancia en casos en que existe, por ejemplo, una clara división de tareas (proximidad organizativa) y los actores

³⁴³⁴ El mismo autor sugiere que la proximidad social fomenta una actitud de comunicación racional, y puede ayudar a prevenir el oportunismo, más no eliminarlo (Boschma, 2005).

³⁵ La proximidad social no se encuentra separada de las demás formas de proximidad. Por ejemplo, una proximidad social adecuada, puede ayudar o estimular la proximidad cognitiva. Así mismo la proximidad geográfica puede apoyar la proximidad social, ya que una distancia acotada favorece la interacción constante.

³⁶ Soskice y Hall (2001), establecen que las instituciones funcionan de manera interrelacionadas o en forma de sistema: por lo que la eficiencia de una institución puede afectar negativamente la eficiencia de otra.

comparten una experiencia cognitiva similar (proximidad cognitiva) (Rallet y Torre, 2009).

Una investigación realizada por Breschi y Lissoni (2003) basada en patentes italianas demostró que existía una conexión social entre inventores, incluso entre aquellos que no estaban geográficamente ubicados de forma cercana. Su investigación reveló que las redes sociales entre inventores pueden trascender las limitaciones geográficas, lo que sugiere que la colaboración y el intercambio de conocimientos no dependen exclusivamente de la proximidad física (Breschi y Lissoni, 2003). Lo que no significa, por el contrario, que no puedan existir redes que sean específicas de una ubicación, y sostenidas y reproducidas a partir de esta.

En ese sentido, la proximidad espacial no es el único elemento que determina la *performance* innovativa. Otro tipo de proximidades pueden ser igual de importantes en el proceso de aprendizaje interactivo, pero, es evidente que el contacto cara a cara puede facilitar las relaciones interpersonales y la confianza requerida para crear conocimiento y formar alianzas con ese objetivo. La alta concentración espacial del conocimiento no puede considerarse un factor aleatorio. Así mismo las disparidades de niveles educativos y tecnológicos en las distintas regiones tampoco. Por lo demás, a veces no solo es suficiente estar ahí, sino que los lugares son los que atraen a cierto tipo de actores y conocimientos. En algunos casos existen políticas que fomentan el desarrollo económico y tecnológico en ciertas zonas, y en otras no. Esto último ha sido conocido como distritos tecnológicos o clusterización del conocimiento, y será abordado en detalle en el siguiente apartado.

Distritos y clúster tecnológicos

La distribución espacial de las actividades innovadoras no ocurre de manera aleatoria, sino que tiende a concentrarse en ciertos territorios donde la interacción entre actores genera dinámicas virtuosas de creación y difusión del conocimiento. Los distritos y clústeres tecnológicos representan la manifestación más clara de este fenómeno, ya que materializan en el espacio las distintas dimensiones de proximidad previamente analizadas.

Estas aglomeraciones especializadas han sido objeto de estudio desde diversas perspectivas teóricas. El concepto de distrito industrial, precursor de los modernos clústeres tecnológicos, fue inicialmente propuesto por Alfred Marshall a principios del siglo XX. Marshall (1920) identificó las ventajas que obtenían las pequeñas empresas al ubicarse próximas entre sí, destacando tres externalidades positivas fundamentales: la disponibilidad de mano de obra especializada, el acceso a proveedores e insumos específicos, y la difusión de conocimientos y habilidades técnicas.

Estas ideas fueron posteriormente recuperadas y reinterpretadas en el concepto de clúster³⁷, que en palabras de Porter (1998), se refiere a “concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas o vinculadas entre ellas de un sector económico específico” (p.3). Los clústeres abarcan también una serie de empresas productoras de insumos especializados, o empresas de otros sectores relacionados por similitud tecnológica. Así mismo, a veces se extienden hasta organismos gubernamentales o de formación, investigación y asistencia técnica (Porter, 1998). A diferencia del distrito industrial, el concepto de clúster pone mayor énfasis en las interrelaciones entre empresas, instituciones de investigación, universidades y organismos gubernamentales, así como en la competitividad derivada de estas interacciones. De esta manera los límites del clúster serán definidos por los vínculos y complementariedades entre empresas e instituciones.

Porter (1998) argumentó que los clústeres afectan la competitividad de tres maneras principales: aumentando la productividad de las empresas del clúster³⁸, impulsando la innovación³⁹ y estimulando la formación de nuevas empresas⁴⁰. Sin embargo, para algunos el concepto porteriano no es capaz de captar el dinamismo de la actividad y dar una explicación contundente sobre cómo se forman los clústeres. La teoría porteriana tampoco se hace cargo del problema de la escala pasando elásticamente de escalas locales a nacionales y viceversa (Martin et al., 2006). Además, y debido a su tradición neoclásica la definición de Porter esta atravesada por el mercado, la competencia y las ventajas comparativas, mientras que en la actualidad existen formas de agrupación donde la ciencia ha sido el principal impulsor de la agrupación en detrimento del mercado (Cooke, 2004).

Dado que la innovación dentro de los clústeres no es un fenómeno homogéneo, diferentes estudios han buscado formas de sistematizar los factores que impulsan este proceso. En este marco, Iannmarino y McCann (2006), sintetizan cuatro principales enfoques que explican el vínculo entre aglomeración industrial e innovación.

El primer enfoque (enfoque sectorial) sostiene que ciertos sectores, principalmente industriales, son innovadores por naturaleza. Estos se agrupan en función de distintos factores, como la cualidad de los

³⁷ Según Martín, Cooke y Asheim (2006), el concepto de Clúster fue introducido por Czamanski y Ablas en 1979 en el contexto de las ciencias regionales como resultado del estudio del vínculo de actores económicos en agrupaciones industriales. (Martin et al., 2006)

³⁸ Para Porter (1998), ser parte de un clúster les permite a las empresas acceder a una reserva de trabajadores especializados, a una base sólida de proveedores de insumos y servicios auxiliares, acceso a información técnica y competitiva del mercado y acceso a bienes públicos provenientes de inversiones estatales u de otras instituciones públicas.

³⁹ Las relaciones continuas con otras entidades del clúster también ayudan a las empresas a conocer con antelación la evolución de la tecnología, la disponibilidad de componentes y maquinaria, los conceptos de servicio y marketing, entre otros. Por otra parte, las empresas que son parte de un clúster se encuentran más conectadas con las necesidades de los clientes (Porter, 1998, p.13). Los proveedores y socios locales pueden colaborar para implementar mejoras innovativas, abaratando costos de investigación.

⁴⁰ Muchas empresas proliferan dentro de un clúster. Un ejemplo de esto pueden ser empresas de insumos que aparecen con el objetivo de suplir la demanda de un campo técnico en específico, y además una nueva empresa puede beneficiarse de un mercado ya establecido.

productos tecnológicos, el mercado o la producción. En este enfoque, la dimensión espacial se reduce a un simple factor de localización industrial.

La segunda corriente (enfoque evolutivo), en cambio, explica la relación entre innovación y geografía como un resultado de la etapa de desarrollo de la industria. Según esta perspectiva, las empresas tienden a concentrarse en las primeras fases de su desarrollo (cuando son más dependientes del conocimiento tácito) y a dispersarse a medida que maduran, con el objetivo de optimizar costos. El espacio al igual que en la primera propuesta es más bien un soporte del proceso evolutivo de la industria.

En contraste, la tercera corriente argumenta que las empresas se aglomeran para aprovechar las características diferenciadas del espacio, las cuales impulsan la innovación. Los entornos geográficos contienen conocimientos económicos que pueden ser aprovechados por nuevas empresas. Esta visión incluye la perspectiva porteriana, que añade que la competencia entre empresas fomenta la innovación. A diferencia de los enfoques anteriores, el espacio sería un determinante de la actividad innovadora o al menos un impulsor de esta.

Finalmente, la última corriente se ha preocupado por los resultados innovativos que han presentado las pequeñas y medianas empresas, que se benefician de las externalidades de la localización como han sostenido algunos teóricos (Audretsch y Feldman, 1996; Jaffe et al., 1993; Saxenian, 1996). En esta corriente se reconoce la presencia de estructuradas redes de conocimiento y desarrollo, donde la proximidad geográfica es necesaria para fortalecer la confianza entre los socios empresariales. Audretsch, sostiene que las empresas e industrias que dependen en mayor medida del conocimiento tienden a concentrarse en distritos donde las universidades e instituciones de investigación desempeñan un rol central. La presencia de laboratorios académicos y universidades ha permitido explicar el desarrollo de actividad innovadora en pequeñas empresas que no invierten grandes recursos en I+D. De este modo, mientras que las grandes corporaciones suelen generar innovaciones a partir de su inversión privada en investigación, las pequeñas empresas tienden a beneficiarse de la investigación producida en las universidades (Audretsch, 1998).

Al momento de observar el fenómeno de innovación, resulta fundamental diferenciar entre procesos de aglomeración impulsados por la productividad y aquellos que emergen como consecuencia del conocimiento y sus externalidades. Además de los factores productivos, las empresas tienden a agruparse por efectos indirectos derivados de la generación de conocimiento y la inversión en I+D.

Los clústeres tecnológicos presentan una notable diversidad en cuanto a sus orígenes, características y funcionamientos. Tanto la literatura proveniente de la tradición marshaliana como la literatura sobre modelos de aglomeración han definido índices tecnológicos y considerado variables endógenas del clúster para poder medir esta diversidad. Algunos de estos indicadores han sido el recuento de patentes, el gasto local en I+D y el empleo local en I+D. Sin embargo, estas interpretaciones neoclásicas se han

centrado en los efectos indirectos localizados como marco de interpretación para explicar la existencia y el crecimiento de las agrupaciones, ignorando en gran medida otros mecanismos aglomerantes (Breschi y Lissoni, 2001).

La literatura especializada ha propuesto diversas clasificaciones que permiten comprender mejor esta heterogeneidad. Ianmarino y McCann (2006), en lectura de las aproximaciones teóricas del enfoque sobre transacción de costos, reconocen la presencia de tres tipologías ideales de clústers: aglomeración pura, complejo industrial y red social⁴¹.

En el modelo de aglomeración pura las relaciones entre las empresas son transitorias sin poder de mercado colectivo⁴². El costo de pertenencia al clúster es solamente el pago de la renta en el mercado inmobiliario del sector. La noción de espacio es esencialmente el espacio urbano. En este contexto, y debido al importante número de empresas, la protección del conocimiento no es esencial: las empresas tienen menos que perder con una fuga de conocimiento y más que ganar con el derrame de estos. De aquí que el conocimiento este a disposición de cualquier actor y organización, y se genera normalmente fuera de las empresas, proviniendo principalmente de instituciones públicas. Como el nivel de acumulación de conocimientos es bajo, la respuesta innovativa de las empresas suele ser más impredecible (Ianmarino y McCann, 2006).

Por su parte, el complejo industrial, se caracteriza por relaciones estables y predecibles a largo plazo entre las empresas del clúster⁴³. Para formar parte del clúster, las empresas deben realizar importantes inversiones a largo plazo, sobre todo en capital físico e inmobiliario. El acceso al grupo a diferencia del modelo anterior se encuentra muy restringido. La proximidad física es necesaria en este contexto para minimizar los costos de transporte entre empresas. Su visión del espacio es de escala local y regional. Sin embargo, en este modelo las empresas tienden a valorar la cualidad de bien privado del conocimiento⁴⁴, lo que llevará a las empresas a localizarse un poco más retiradas de la zona de aglomeración con el objeto de evitar una eventual salida de conocimiento involuntaria. A diferencia del modelo anterior, la innovación proviene de fuentes internas de I+D de la propia empresa, y los conocimientos suelen ser específicos de sus propias aplicaciones. Las grandes empresas tradicionales representan la mayor parte de la actividad innovadora del sector (Cooke, 2004).

En el modelo de red social, sostiene que las relaciones de confianza mutua son el principal motivo para agruparse. Estas relaciones de confianza se manifiestan por medio de grupos de presión conjuntos,

⁴¹ Traducción propia.

⁴² Se considera a las empresas como principalmente atomísticas, ya que modificarán sus relaciones de mercado en post de las oportunidades que van emergiendo.

⁴³ Es el tipo de industrias que suelen analizar los modelos neoclásicos en el sentido estricto de localización-producción que se ha venido discutiendo.

⁴⁴ La premisa es que cualquier fuga de conocimiento es más costosa que los beneficios que pueden obtener de un ingreso de conocimientos.

alianzas informales y acuerdos recíprocos en el contexto de relaciones comerciales. Por medio de la confianza, se evitan los costes asociados al oportunismo económico. Estas relaciones de confianza son el resultado de una cultura común, cuyo desarrollo depende en gran medida de una historia y una experiencia compartidas. Por ende, la apertura a nuevos integrantes en este modelo es relativa (Iammarino y McCann, 2006). El conocimiento también proviene de fuentes externas de conocimiento, por lo que las empresas se benefician del conocimiento académico que no es necesariamente especializado a su campo de desarrollo económico.

En realidad, si pensamos en términos dinámicos, todos los clústeres espaciales o aglomeraciones industriales propuestas en esta clasificación, contendrán características de uno o varios de estos tipos ideales al mismo tiempo. Los clústeres y distritos tecnológicos representan ecosistemas donde la proximidad facilita la transferencia de conocimiento, especialmente del tipo tácito, generando círculos virtuosos de innovación. Sin embargo, su desarrollo no es lineal ni automático, sino que depende de condiciones históricas, institucionales y económicas particulares.

En el caso particular de los salmones, por ejemplo, la agrupación industrial se condice con la localización de las actividades productivas. Como la producción de salmón depende altamente de las condiciones del ambiente (agua salada, temperatura específica, zonas costeras de asentamiento, entre otros.) para su éxito, la producción industrial se aglomera en la zona donde estas condiciones existían. En el caso de Chile, esta aglomeración se produce específicamente en la X región⁴⁵⁴⁶. A partir de fines de la década de 1990, a medida que la industria se quedaba sin espacio en la región de Los Lagos, las concesiones comenzaron a desplazarse hacia el sur, primero a Aysén (XI región) y gradualmente a Magallanes (XII región) (Lizuka y Zanlungo, 2016).

A diferencia de otras agrupaciones industriales, la innovación o el acceso a conocimientos y sus derramamientos no es el motivo principal de concentración de la industria salmonera en Chile. El clúster del salmón a diferencia de otro clúster no obtiene su ventaja competitiva de la capacidad de innovar, sino que de la maximización productiva⁴⁷, y su innovación está dirigida por ese objetivo (Barton et al., 2023). Las industrias basadas en recursos naturales como los salmones usualmente han sido tratadas a nivel de clúster, ya que la aglomeración se produce en áreas que tienen dotaciones de recursos y ventajas naturales (Bas et al., 2008).

Sin embargo, la industria salmonícola ha mostrado algunas características distintivas que han llevado a

⁴⁵ Actualmente, el 72 % de las concesiones de cultivo de salmón en Chile se ubican en un pequeño territorio que no supera los 300 km (Hosono et al., 2016)

⁴⁶ Debido a las controversias ambientales de la industria y a la concentración geográfica de la actividad esta ha ido migrando hacia las zonas más australes (Perlman y Juárez-Rubio, 2010).

⁴⁷ El gasto en I+D en la industria salmonera es bajo en comparación a otros países de la región o del grupo OCDE. Así mismo el sector pesquero es bajo en comparación a otros sectores económicos del país. Así mismo la mayor parte de la política de innovación en Chile se ha centrado en reforzar las ventajas comparativas para la economía global, en lugar de la diversificación (Barton et al., 2023).

entender el fenómeno como un fenómeno de clusterización industrial. Por una parte, existe una red integrada de empresas que incluye productores de salmón, proveedores de insumos (alimentos, medicamentos, equipos), servicios de transporte, procesadoras y exportadoras, laboratorios, instituciones públicas y universidades (Katz, 2006). Las empresas del clúster han desarrollado una alta especialización en diferentes etapas de la cadena productiva, desde la producción de ovas hasta el procesamiento final y comercialización, lo que les ha significado una integración vertical compleja, y por tanto la creación de una economía de escala. También existe evidencia de coordinación interempresarial⁴⁸, dando cuenta de la dimensión horizontal de los clústeres.

Antes de cerrar este apartado, es importante hacer una breve referencia a la evolución del concepto de clúster en un contexto actual cada vez más globalizado y menos dependiente de la distancia espacial. Una parte importante de la literatura sobre clústeres se ha centrado en el componente regional del aprendizaje en entornos industriales. Sin embargo, en la actualidad diferentes casos de clústeres presentan características globales (Gertler y Levitte, 2005). Aunque se reconoce el papel fundamental de la localización en el desarrollo de innovaciones, ha cobrado fuerza la idea de que el aprendizaje local es más efectivo cuando los actores del entorno están abiertos a los flujos de conocimiento globales. Desde la perspectiva evolutiva, los flujos de conocimiento sirven para aumentar la diversidad de ideas dentro en la base de conocimiento local, lo que conduce a dinámicas de innovación potencialmente mejores (Malmberg y Maskell, 2002).

Por su parte, Bathelt, Malmberg y Maskell, (2004) que las conexiones no locales no se encuentran distribuidas aleatoriamente alrededor del mundo, sino que pueden considerarse como canales globales que se extienden entre centros de aprendizaje localizados y se ven reforzados por los vínculos corporativos establecidos por los grandes actores globales. Además, en el contexto de la globalización, el conocimiento codificado y tácito enfrentan cada vez menos barreras para su transferencia, gracias a regímenes comerciales más flexibles, la existencia de mercados especializados en la protección de los derechos de propiedad intelectual y el desarrollo de las telecomunicaciones (Bathelt et al., 2002).

Esto no quiere decir, por ejemplo, en el caso del conocimiento codificado, que este se transfiera de manera automática. En la realidad suelen haber costos asociados o incluso prohibitivos que dificultan esta transferencia. Esto hace que, para obtener conocimientos provenientes de otros lugares, las empresas deban invertir insumos para evaluar que conocimiento serán una contribución y en qué términos. No hay que olvidar que esta inversión solo será realizada en la medida que el conocimiento externo pueda crear un nuevo valor o mejores rentas.

A menudo las empresas participan de ambientes locales, pero también de estratégicas redes de alcance

⁴⁸ Según Vera (2009), el clúster del salmón en Chile se caracteriza por un afán de aprendizaje colectivo, y cooperación entre empresas (Vera Garnica, 2009). Algunas de ellas incluso se encuentran agrupadas en organizaciones como SalmonChile y el Consejo del Salmón.

interregional o internacional. Esto implica que las empresas integren redes sociales que no están definidas geográficamente. Un resultado posible de este fenómeno es que cuantas más empresas de un clúster participen en la creación de canales translócales, más información sobre mercados y tecnologías se «inyectan» a las redes internas y más dinámico será el interés del que se benefician los actores locales (Bathelt et al., 2002). El caso de la salmonicultura en Chile es más radical ya que parte del éxito de la industria deviene del ingreso de actores con características globales al escenario local (Montero, 2004).

El concepto de periferia y su vínculo con la innovación

El concepto de centro-periferia ha sido objeto de un profundo debate desde aproximadamente la década de los 50', con la aparición de la teoría estructuralista latinoamericana⁴⁹ de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), la teoría del sistema mundo de Immanuel Wallerstein y la teoría de la dependencia y sus dos variantes (estructuralista y marxista), desarrollada por autores como Gunder Frank, Theotonio dos Santos, entre otros. Todas estas teorías reconocían una configuración mundial de carácter económico en que los países centrales mantenían una relación de dominación con los países de las periferias, y las periferias una relación de dependencia económica, política y cultural con los centros.

Tras la globalización de la economía, y el desdibujamiento de las fronteras estatales, la noción de periferia se vuelve cada vez más líquida o difusa, siendo imposible de definir en una sola escala norte/sur⁵⁰. En términos simples se refiere a zonas que están distantes de los núcleos económicos o centrales en conocimiento. Estas zonas se caracterizan por no contar con la interfaz apropiada para el desarrollo de conocimientos (Virkkala, 2007).

En el ámbito de la innovación, los desarrollos académicos provenientes de estas corrientes han sostenido una visión negativa de las periferias, en las que estas aparecen como carentes de infraestructura, y de organización, que permitan llevar a cabo procesos de innovación exitosos. Las regiones periféricas se consideran menos innovadoras, ya que normalmente han presentado menores niveles de inversión y desarrollo de I+D y una menor proporción de innovaciones tecnológicas (Tödtling y Trippel, 2005). Gluckler, Shearmur y Martinus (2023), han definido esta falta de interés académico en las zonas remota como una narrativa de “no innovation in the periphery” (p. 234).

Las adaptaciones de conocimientos y tecnologías son vistas como algo trivial o resultado de prácticas poco ideales en la industria. Virkkala (2023) sostiene que, en una visión más amplia de las innovaciones, la adaptación y la adopción de tecnologías, son secuencias importantes del proceso innovativo y un posible punto de inflexión en el éxito de una industria (p.513).

⁴⁹ Aunque no es claro su origen, algunos sugieren que el concepto fue acuñado por Raúl Prébisch para el desarrollo de la propuesta o teoría económica de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

⁵⁰ Los estudios urbanos incluso reconocen la existencia de periferias locales al interior de las grandes ciudades.

Normalmente la periferia ha sido definida aquello que se encuentra “en la franja” o afuera, determinadas por su distancia a un centro: mientras mayor es la distancia al centro, más periférico puede ser un entorno. En la investigación espacial, esta comprensión tradicional de las periferias, basada en las distancias al centro, se ha complementado con una nueva perspectiva centrada en los procesos, expresada en el término *periferización*. Kühn (2015) sugiere que la *periferización* puede aplicarse a cualquier escala espacial, así que las periferias deben considerarse no solo en relación al centro sino que en relación con su escala (Kühn, 2015).

Así mismo el rol de una periferia en un sistema socioespacial específico no tiene obligación de mantenerse en ese mismo rol para siempre. En ese sentido, las narrativas que reconocen la innovación a pesar de la condición de periferia, sugiere que la capacidad de absorción de conocimientos, los vínculos con actores relevantes no locales (Eder y Trippel, 2019) y los tipos específicos de innovación juegan un rol clave en el éxito que puede alcanzar un clúster en una zona remota. Por ejemplo, las “innovaciones lentas” pueden ocurrir tanto en contextos geográficos centrales como remotos, pero se dan de mejor manera en contextos alejados, ya que a diferencia de las innovaciones rápidas, no requieren de un soporte céntrico (Shearmur, 2015).

Investigaciones anteriores han encontrado que la búsqueda de estrategias de innovación regional puede ser una vía prometedora para las regiones periféricas (North y Smallbone 2006; Virkkala 2007; Doloreux y Dionne 2008; Isaksen y Trippel 2016). La flexibilidad de esta postura abre a los estudiosos de la geografía económica la posibilidad incluir variables adicionales al proceso que no están estrictamente relacionadas con la posición geográfica de las empresas.

La perspectiva de las redes de interacción agrega una dimensión adicional a la comprensión de la producción del conocimiento en términos geográficos. Esto abre la puerta a que podamos considerar la existencia de innovaciones en espacios territoriales que no necesariamente ocupen un lugar central en la economía, como por ejemplo las periferias.

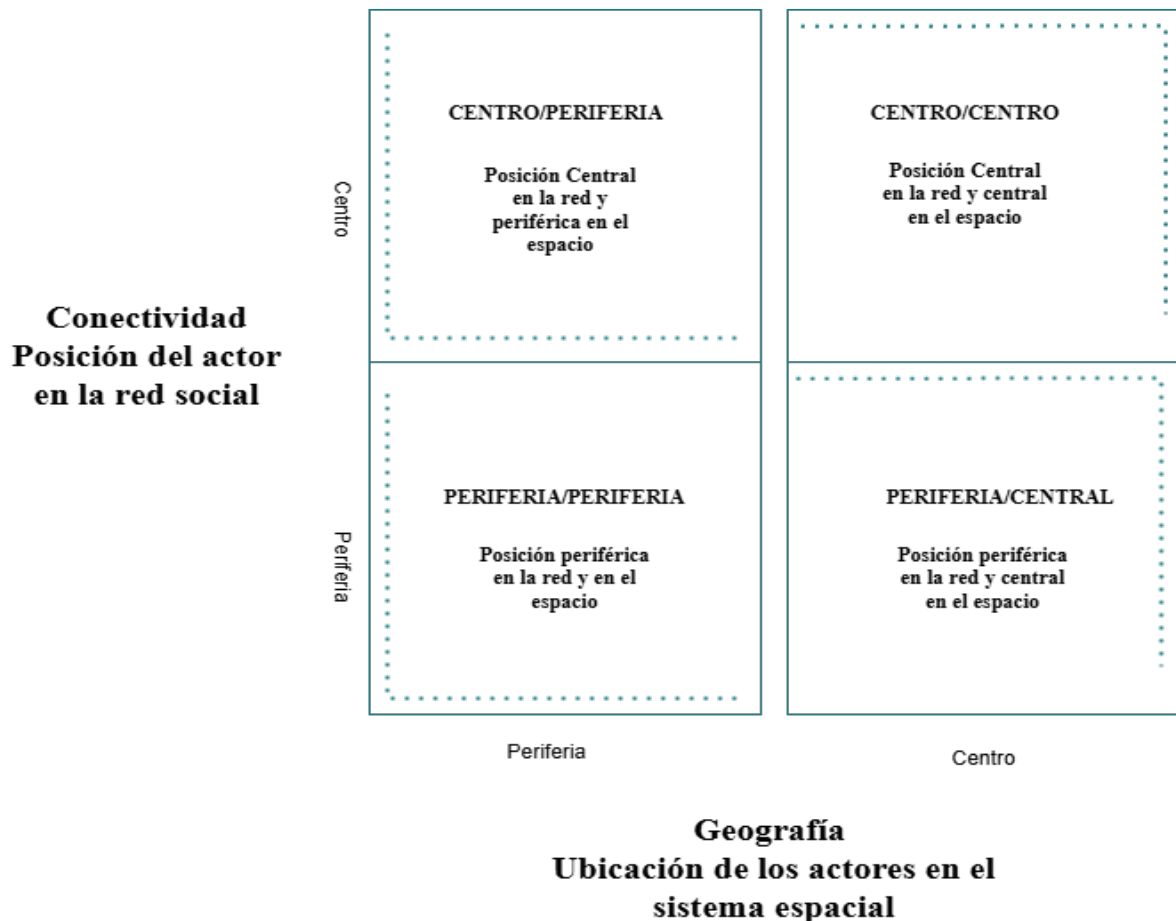
Esta perspectiva ha ido ganando adeptos, hasta el punto de que algunos autores sugieren que la geografía económica ha dado un giro relacional que presta más atención a los vínculos que a la geografía *per se* (Giuliani, 2010, p. 261). Según Bathelt y Gluckler (2003) este giro relacional implica un enfoque centrado las empresas y sus interrelaciones, y la capacidad de esta mismas de producir sus propios entornos regionales (p. 261).

En este punto hay dos cuestiones que deben ser consideradas. Primero las empresas son heterogéneas respecto de sus capacidades internas (Dosi, 1988, citado en Giuliani, 2010, p.261), y que su comportamiento relacional puede determinar el desarrollo económico de un territorio. Y, por otra parte, la naturaleza de las redes puede influir de manera decisiva en el desarrollo económico exitoso de un sector. Tanto la naturaleza de las redes como la relación de

las empresas con la red son temas poco teorizados en la geografía económica.

A grandes rasgos, y volviendo al concepto de periferia, diremos que entender esta última de una manera relacional, se puede rescatar la heterogeneidad de los actores considerando de manera simultánea tanto su posición en la red como su posición en la red de interrelaciones empresariales. Para lograr esta distribución, nos serviremos del modelo de Gluckler et al (2023).

Figura 2 Modelo dual centro-periferia



Fuente: Elaboración y traducción propia en base a Gluckler et al, 2023, p.241

Con este modelo se puede ubicar a las innovaciones en términos de sus tipos de innovación de una manera continua y no jerarquizada. Esta reevaluación permite reconocer formas de innovación que tradicionalmente han sido subestimadas.

Por otra parte, existen industrias, que se aglomeran por necesidades productivas donde la búsqueda de conocimientos no es el motor principal de su desarrollo. De esta manera la proximidad espacial es una de las dimensiones que facilita la innovación, pero no una condición única para que esta exista. Este es el caso de la industria salmonícola, ya que su aglomeración en una zona remota se debe que este lugar presenta las condiciones necesarias para la producción de la especie. Debido a sus excelentes resultados productivos, han empezado a emerger de esta configuración estrategias

para vincularse, y una red de organización vertical compleja entre las empresas de la zona. Así mismo la bullente actividad productiva del salmón ha ocasionado el despliegue de una densa red instituciones públicas y privadas (como el caso de Sercotec o Fundación Chile), que han implementado estrategias para vincularse a nivel global con otros mercados u otros centros productivos como Noruega.

Esto abre nuevas posibilidades para entender y promover la innovación en contextos tradicionalmente considerados periféricos, reconociendo que la periferia no es solo una condición geográfica sino también relacional, y por tanto, modificable mediante estrategias adecuadas de vinculación y desarrollo de capacidades específicas.

Patentes e innovación

La generación y aplicación del conocimiento resulta decisiva en los procesos de innovación y producción⁵¹. Los estudios desde la perspectiva evolutiva (Nelson y Winter, 2004) y los enfoques basados en el conocimiento (Lundvall y Johnson, 1994) coinciden en señalar que su transferencia no ocurre de forma automática ni libre entre las organizaciones, sino que requiere ser asimilado mediante las capacidades distintivas de cada empresa.

El conocimiento en los sectores industriales se caracteriza por tres dimensiones fundamentales que determinan su dinámica y evolución: la accesibilidad⁵², que se refiere a la facilidad con que las empresas pueden obtener conocimiento externo (Orsenigo y Malerba, 2000), las oportunidades tecnológicas disponibles en el sector⁵³, y la acumulación⁵⁴, que describe cómo el nuevo conocimiento se construye sobre el conocimiento existente. Las dimensiones del conocimiento determinan los tipos y posibilidades de innovación, y las condiciones para su apropiabilidad.

La apropiabilidad del conocimiento emerge como un factor determinante en este ecosistema de innovación industrial. Para que las empresas inviertan en investigación y desarrollo, deben poder capturar un valor suficiente de sus innovaciones que justifique el riesgo y los recursos invertidos. Sin embargo, esta necesidad de apropiabilidad contrasta con el beneficio social que se obtiene

⁵¹ O viceversa. Nelson y Rosenberg (1993), en su análisis sobre sistemas nacionales de innovación, documentan diversos casos donde los avances técnicos o 'invenciones' precedieron al conocimiento científico, actuando como catalizadores para el desarrollo de nuevas áreas de investigación. Esto evidencia la estrecha y compleja interrelación entre tecnología y ciencia a lo largo del tiempo.

⁵² El conocimiento puede provenir de fuentes externas como universidades o centros de investigación (Orsenigo y Malerba, 2000). En el caso de la acuicultura, por ejemplo, se cree que los primeros incentivos o conocimientos científicos fueron estimulados por los desarrollos técnicos en el ámbito de la agricultura.

⁵³ Las oportunidades tecnológicas pueden provenir de avances científicos en universidades, desarrollos en I+D, o de la interacción con proveedores y usuarios; estas oportunidades varían significativamente entre sectores y afectan la capacidad de innovación de las empresas (Cohen y Levinthal, 1989)

⁵⁴ Esta dimensión puede manifestarse a través de los procesos de aprendizaje y retornos dinámicos a nivel tecnológico, el desarrollo gradual de capacidades organizacionales específicas de cada empresa, y la retroalimentación del mercado donde el éxito genera más oportunidades de éxito futuro.

cuando el conocimiento se difunde ampliamente, permitiendo mejoras incrementales y aplicaciones diversas. El mecanismo mediante el cual se resuelve la tensión entre proporcionar incentivos a los innovadores y facilitar la difusión generalizada de los beneficios de la innovación es el sistema de patentes⁵⁵. Este instrumento legal otorga un monopolio temporal sobre la invención, equilibrando así los intereses privados del innovador con el bienestar colectivo que podría traer consigo una innovación (Levin et al., 1987).

La producción de las patentes está estrechamente relacionada con otros indicadores de la actividad innovadora, como el gasto en I+D, el número de investigadores activos o incluso las relaciones de colaboración entre ellos. El desempeño tecnológico en este caso, puede definirse como el logro combinado del aporte en I+D y las capacidades de investigación de las empresas que resultan en patentes (Hagedoorn y Cloudt, 2003). Debido a la falta de datos disponibles el número de invenciones patentadas se ha utilizado como un proxy de la actividad innovadora (Acs y Audretsch, 1989). Así mismo las condiciones de apropiabilidad difieren entre los tipos de industria y tecnología.

Por ejemplo, en un sector accesible con altas oportunidades tecnológicas, los procesos de innovación se facilitan, la concentración del mercado tiende a ser baja, y la innovación tiende a proceder de pequeñas empresas. En esos contextos, donde la actividad es más dispersa, las innovaciones no suelen documentarse en forma de patentes, ya que la apropiabilidad del conocimiento no suele ser tan llamativa para las empresas.

En contraste, en mercados altamente concentrados y con elevados niveles de acumulación de conocimientos, las empresas suelen mostrar mayor interés en proteger sus innovaciones y conocimientos, ya que esto les permite continuar generando nuevos desarrollos. En esta etapa, la tasa de innovación es más baja, ya que los procesos y tecnologías de la industria se encuentran más definidos.

Las patentes, aunque no capturan todas las formas de innovación, ofrecen una medida tangible de la actividad inventiva y la apropiación del conocimiento tecnológico en una industria. Sin embargo, como ocurre con la mayoría de los indicadores, la medición basada en patentes, especialmente el recuento bruto de las mismas ha sido objeto de un extenso debate (Archibugi, 1992; Dosi, 2000).

Uno de los reparos planteados al uso de las patentes como indicador de la innovación se refiere a la disparidad de condiciones para la apropiación entre industrias o sectores económicos; en

⁵⁵ Existen otros mecanismos de apropiación de la innovación como el secretismo, los plazos de entrega, el costo y el tiempo de aplicación, y el efecto de la curva de aprendizaje. Algunas de estas demuestran ser más eficientes para proteger la innovación que las patentes (Dosi, 2000).

algunos sectores la apropiabilidad del conocimiento por medio de una patente carece de sentido, o en otros (donde existen buenas condiciones para que la apropiabilidad ocurra), las empresas no presentan las capacidades técnicas para llevar a cabo el proceso (Dosi, 2000). En ese sentido no todas las invenciones han sido patentadas. Además, no todas las innovaciones son técnicamente patentables (por ejemplo, algunas empresas introducen innovaciones de procesos que por lo general no desembocan en una patente).

Otra limitación significativa en el análisis de patentes radica en la complejidad para establecer una escala de observación apropiada, ya sea a nivel sectorial o internacional. Existe una tendencia marcada entre las empresas a priorizar el registro de patentes en sus mercados nacionales, lo que puede generar una distorsión estadística que sobrestima la influencia o el desarrollo tecnológico nacional en determinados sectores. Esta preferencia por el patentamiento doméstico crea sesgos interpretativos que deben considerarse cuidadosamente al momento de elegir el set de datos. El atractivo de patentar una invención en una oficina de patentes extranjera dependerá de los costos y beneficios que se pueden obtener en una legislación determinada y de la tecnología en particular⁵⁶.

Por otra parte, el valor e importancia de las patentes no es homogéneo, tampoco lo son las empresas (empresas pequeñas/grandes), lo que complica su comparabilidad. Por último, persiste el problema recurrente de que las patentes solo cubren una fracción del proceso de innovación, por lo que algunos autores han buscado la forma de crear indicadores que contemplen el uso de las patentes, pero que incluyan otros indicadores adicionales como el gasto en I+D o las citas de patentes (Hagedoorn y Cloudt, 2003).

Adicional a esto, los países de bajos ingresos o economías menos desarrolladas enfrentan obstáculos significativos para integrarse efectivamente al sistema de patentes: sus marcos regulatorios de propiedad intelectual son más débiles, y sus oficinas de patentes resultan menos atractivas tanto para solicitantes extranjeros como para sus propios ciudadanos⁵⁷. Además, la suposición de que el sistema de patentes fomenta la innovación no es del todo clara en estos casos (Hall, 2024).

¿Contribuye una mayor protección de las patentes a aumentar la capacidad innovadora del propio país? Por ejemplo, Kim (2009) sugiere que en industrias de etapa inicial, un sistema fuerte de patentes puede desincentivar el aprendizaje vía imitación. En el caso de Chile, por ejemplo, según un estudio realizado por Fink, Hall y Helmers (2021), la mayoría de las aplicaciones de patentes

⁵⁶ El proceso para patentar una innovación a menudo consume tiempo y recursos económicos, por lo que una empresa debe evaluar seriamente los beneficios que traerá llevar a cabo esa tarea.

⁵⁷ Las oficinas de patentes Latinoamericanas, reciben menos solicitudes de sus residentes que otros continentes (Hall, 2024).

son de no residentes, lo que significa es que, al alinear un sistema de patentes a los estándares internacionales, se facilita la protección de tecnologías de empresas multinacionales en lugar de inducir la innovación local (p.334).

Como señala Archibugi (1992), las patentes representan no tanto la innovación en sí misma, sino más bien la protección legal del conocimiento técnico y su potencial comercialización. En ese sentido, es correcto decir que las patentes, reflejan actividades tecnológicas más que actividades científicas. Las patentes constituyen una fuente invaluable de información, ya que ofrecen datos detallados sobre la evolución temporal, distribución geográfica y desarrollo sectorial de las invenciones. Gracias a su clasificación sistemática por campos técnicos, las patentes no solo revelan el nivel de actividad inventiva, sino que también permiten identificar tendencias y direcciones de la innovación tecnológica⁵⁸ (p.358).

Acs (2003) encontró que las bases de datos de patentes representan de una manera adecuada la geografía de la innovación en ambientes comerciales. En esa misma línea, Jaffe et al. (1993), usa la citación de patentes⁵⁹ para determinar la formación de clúster y derramamiento de conocimientos local en Estados Unidos. La información sobre las direcciones de los inventores y los cesionarios de patentes individuales ofrece oportunidades únicas para el análisis geográfico.

Por lo tanto, aunque sigue habiendo cierta imprecisión, las patentes pueden considerarse un indicador conservador de los flujos de conocimiento locales y de la distribución de la innovación para determinados sistemas tecnológicos.

A modo de síntesis, a lo largo del marco teórico se ha abordado la compleja interrelación entre innovación, sistemas sectoriales y tecnológicos, proximidad geográfica, clústeres industriales y la dinámica centro-periferia. La innovación es un proceso sociotécnico que trasciende la mera invención, manifestándose a través de sistemas que operan en múltiples dimensiones (organizacionales, cognitivas, institucionales y espaciales). Así mismo la proximidad, en sus diversas formas, facilita la transferencia de conocimiento tácito y explícito, aunque su relevancia varía según la etapa de desarrollo industrial y el tipo de conocimiento involucrado, siendo una dimensión de los procesos de innovación. Los clústeres industriales, como el caso de la salmonicultura chilena, demuestran que la aglomeración puede obedecer a factores productivos primarios y posteriormente evolucionar hacia sistemas más complejos de conocimiento e innovación. Superando la narrativa tradicional de "no innovation in the periphery", se puede reconceptualizar la periferia desde una perspectiva relacional que permite identificar potenciales

⁵⁸ Por otra parte, son una importante fuente de datos secundarios ya que existen grandes volúmenes de datos disponibles sobre ella y en largas series temporales.

⁵⁹ Existe cierto escepticismo sobre si la citación de patentes es una medida válida de flujos de conocimientos entre innovadores, ya que la citación podría haber sido agregada por los examinadores al considerar que una determinada aplicación no contemplo las citas necesarias (Breschi y Lissoni, 2003, p.4).

innovadores en territorios geográficamente remotos, pero relacionalmente conectados. Esta visión integradora, complementada con el análisis de patentes como indicador imperfecto pero valioso de la actividad innovadora, permite comprender que los procesos de innovación son dinámicos, heterogéneos y dependientes tanto del contexto espacial como de las capacidades organizacionales y las redes sociales que se construyen dentro y más allá de los límites geográficos tradicionales

Estrategia metodológica

Este proyecto de investigación se basa metodológicamente en el análisis textual y cuantitativo de bases de datos sobre patentes tecnológicas. Además, se realiza un análisis espacial de los inventores o autores de las tecnologías descritas en las patentes para explorar si las áreas periféricas participan significativamente en la creación de tecnologías en la industria acuícola.

Fuente y manejo de datos

Como se comentó en los apartados anteriores, las bases de datos de patentes son un valioso indicador sobre la actividad inventiva de empresas y países, sobre todo para identificar la distribución del desarrollo tecnológico. Para esta investigación se utilizó la información contenida en la base de datos PASTAT (Global Autumn 2024), creada por la Oficina Europea de Patentes (EPO), específicamente los datos recopilados hasta otoño del año 2024 (European Patent Office, 2024). Se trabajó sobre la tabla TLS_203, que contiene los abstract de las aplicaciones de patentes. Esta tabla tiene un total de 96.000.000 de observaciones.

Los sectores industriales suelen incorporar múltiples tecnologías (Breschi y Malerba, 1997) y, por lo tanto, la actividad inventiva de la industria puede cartografiarse basándose en una selección de patentes que cubran un campo tecnológico determinado. La base de datos PASTAT Global incluye una columna que clasifica cada aplicación tecnológica según su industria o dominio industrial, utilizando la clasificación NACE2 (*Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, versión 2*). Sin embargo, esta clasificación no contempla específicamente el sector acuícola. Para identificar datos y tecnologías relevantes para esta industria, se ha aplicado un análisis textual (*text mining*)⁶⁰ a los resúmenes (*abstracts*) de las patentes, permitiendo así una clasificación más precisa de las innovaciones en este ámbito. Se construyó una primera función personalizada en R (`search_aquaculture_patents`, Anexo 3. script función de búsqueda y filtro) que utiliza como marco de referencia la taxonomía y sintaxis para selección de patentes acuícolas propuesta por Oh y Kim (2014)⁶¹, y una categoría de base adicional para evitar la selección de falsos positivos (`aqua_context_terms`, Tabla 2).

⁶⁰ Utilizando este enfoque, Lybbert y Zolas el año 2014, crearon un algoritmo llamado Vínculo Algorítmico con probabilidades, para identificar la categoría industrial de una patente al reconocer palabras claves en los títulos y abstract. Sin embargo, los términos de búsqueda provinieron principalmente de SITC (Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional) y del ISIC (Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas) de las Naciones Unidas. Para extraer las palabras se utilizó el paquete para Python `topia.termextract` 1.1.0 (Lybbert y Zolas, 2014).

⁶¹ Algunos términos fueron reemplazados o eliminados para adecuar la sintaxis al contexto del lenguaje R. En el Anexo 1 se adjunta tabla de comparación cuantitativa sobre cantidad de términos de Oh y Kim, y los de la función de búsqueda.

Tabla 2: Expresión de búsqueda categoría base de Search_Function

Categoría Base	Expresión de búsqueda
Aqua_context_terms	"\baquacultur\w*", "\baquafarming\b", "\bmaricultur\w*", "\bfish\b", "\bfishes\b", "\bshrimp\b", "\bseafood\b", "\bsalmon\b", "\btrout\b", "\bsalmonid\w*\b", "\bcarp\b", "\bcatfish\b", "\btlapia\b", "\bmarine\ s+\ w*\ s*culture\b", "\bfish\ s+\ w*\ s*farm\ w*\b", "\bmarine\ s+fish\ w*\b", "\baqua\ s+farm\ w*\b", "\bfish\ s+breed\ w*\b", "\bspawn\ w*\b", "\bhatcher\ w*\b", "\bcultiv\ w*\b", "\baquarium\b", "\bpond\ s+farm\b", "\bmarine\ s+pond\b", "\btank\ s+system\b", "\bseaweed\b", "\bmarine\ s+algae\b", "\bbrown\ s+algae\b", "\bred\ s+algae\b", "\bgreen\ s+algae\b", "\boyster\b", "\bmussel\b", "\bclam\b", "\bsea\ s+squirt\b", "\bmollus\ w*\b", "\bcrustac\ w*\b", "\bbivalv\ w*\b", "\bspawn\ w*\b", "\bfingerling\b", "\bjjuvenil\ w*\ s+fish\b")

Elaboración propia en base a términos de búsqueda para patentes acuícolas de Oh y Kim, 2014

Esta función permite clasificar las patentes en seis categorías principales o subcampos tecnológicos de la industria (En el Anexo 2 pueden observarse las expresiones de búsqueda por categoría).

A partir de la función de búsqueda, se identificaron inicialmente 550.564 solicitudes de patentes. Este conjunto de datos se enriqueció mediante su integración con tres tablas complementarias: TLS211_PAT_PUBLN para identificar las patentes publicadas hasta el otoño de 2024; TLS207_PERS_APPLN para obtener los identificadores de personas (PERSON_ID); y TLS206_PERSON para extraer la información de direcciones de los inventores. Este proceso de integración resultó en un conjunto de 313.131⁶² patentes publicadas⁶³.

No obstante, al avanzar en el análisis, se detectó una baja representatividad de patentes vinculadas a Chile —uno de los países de interés— así como una notable desproporción entre categorías, atribuible a diferencias en la forma en que fueron seleccionados los términos de búsqueda⁶⁴. En particular, tres categorías no contaban con operadores booleanos, lo que ocasiona un desbalance entre la sintaxis de Oh y Kim y nuestra primera función de búsqueda. Debido a restricciones en los recursos computacionales que impedían repetir todo el proceso para la base de datos completa, se optó por realizar una segunda búsqueda dirigida. Esta se enfocó exclusivamente en cuatro países salmoneeros (Noruega, Chile, Canadá, Australia y Reino Unido) y empleó una estructura de términos más homogénea y depurada (En el anexo 2 pueden observarse las expresiones de búsqueda que fueron modificadas en la nueva función). Las aplicaciones de patentes obtenidas mediante esta búsqueda complementaria (26.000 observaciones) fueron enlazadas con las mismas tablas de PASTAT de la primera búsqueda para obtener información geográfica de los inventores

⁶² De este total, solo 24.904 patentes contenían información geográfica válida. En este punto podríamos haber rescatado direcciones adicionales de las bases de datos de la oficina de patentes USTPO, JPO y EPO, como se ha hecho con la base de datos resultantes que contiene información de la primera instancia de búsqueda search_aquaculture_patents) y la segunda (search_aquaculture_patents_new).

⁶³ El número total de patentes analizadas excluye las publicaciones duplicadas de una misma tecnología. Para asegurar la integridad del análisis, solo se consideró la primera publicación de cada invención, eliminando así las publicaciones subsecuentes del mismo desarrollo tecnológico. Esta metodología evita el conteo múltiple de una misma innovación y garantiza que cada tecnología sea representada una única vez en el conjunto de datos analizado.

⁶⁴ En el Anexo 1, se puede revisar la diferencia cuantitativa y cualitativa entre la función de búsqueda 1 y la función de búsqueda 2.

y los id de patentes publicadas: TLS211_PAT_PUBLN, TLS207_PERS_APPLN y TLS206_PERSON. Una vez realizado este proceso los resultados de la primera búsqueda fueron integrados a la segunda búsqueda dando un total de 1.186.347 observaciones que incluyen inventores y aplicantes. De este total 1.104.524 observaciones no contaban con direcciones. Con el objetivo de incrementar la cantidad de registros con datos geográficos, se procedió a una revisión de las fuentes originales. Para ello, se consultaron las tablas primarias de las principales oficinas de patentes que alimentan PASTAT: PCT (OMPI – en base a REGPAT de la OECD, EPO (Oficina Europea de Patentes), USPTO (Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos) y JPO (Oficina Japonesa de Patentes). Esta estrategia permitió recuperar direcciones adicionales que no habían sido capturadas en la integración inicial, mejorando así la cobertura geográfica del conjunto de datos. Una vez descartados los aplicantes, y rescatadas las observaciones de inventores, la tabla final queda compuesta por 239.831 observaciones de inventores que corresponden a 137.249 patentes publicadas.

La manipulación de los datos se realizó con R, y en los anexos se puede encontrar parte del script de limpieza de los datos y las funciones personalizadas de R y sus librerías.

Técnicas de análisis espacial: centro/periferia

Los datos sobre patentes ofrecen la oportunidad de superar las limitaciones que normalmente tienen los datos estadísticos, ya que son de carácter global, contemplan periodos de tiempo amplios y suelen contener información geográfica como la dirección de los inventores. Las patentes han sido consideradas una fuente de datos adecuada para mapear la actividad innovadora global, ya que por medio de las direcciones de los inventores se puede obtener información sobre los lugares donde se “materializa” la I+D, y permiten trabajar a escala subnacional y local (Alcácer y Zhao, 2016).

Para identificar áreas de actividad innovativa concentrada, la información de la dirección del inventor se ha codificado utilizando la función *geocode* del paquete *tidygeocoder*⁶⁵ en R, por medio de OpenStreetMap (OSM)⁶⁶ (ver script en Anexo 5). Dado que este servicio puede tener limitaciones en precisión y cobertura, especialmente en zonas rurales o con formatos de dirección no estandarizados, aquellas direcciones que no pudieron ser geocodificadas correctamente con OSM fueron procesadas posteriormente mediante *geocode* del paquete de R *ggmap*⁶⁷ y la API de Google Maps (ver script en Anexo 6), que ofrece mayor precisión y cobertura global. La

⁶⁵ Jesse Sadler and Kyle Walker (2021). *tidygeocoder: Geocoding Made Easy with R*. *The Journal of Open-Source Software*, 6(63), 3367. <https://doi.org/10.21105/joss.03367>

⁶⁶ OpenStreetMap es un proyecto colaborativo y de código abierto que busca crear un mapa mundial libre y editable por cualquier persona. Fue lanzado en 2004 y actualmente es mantenido por una comunidad global de voluntarios, instituciones y organizaciones. Se le conoce como el "Wikipedia de los mapas".

⁶⁷ Kahle, D., y Wickham, H. (2013). *ggmap: Spatial Visualization with ggplot2*. *The R Journal*, 5(1), 144-161. <https://journal.r-proj.org/archive/2013-1/kahle-wickham.pdf>

implementación incluyó un procesamiento por lotes para manejar eficientemente grandes volúmenes de datos mientras se respetaban los límites de la API en el último caso.

Este proceso transformó las direcciones textuales en coordenadas geográficas (latitud y longitud), permitiendo la visualización espacial y el análisis de patrones geográficos de innovación.

Tras geolocalizar a los inventores, cada ubicación i identificada recibe una ponderación (PTW_i) basada en el número de inventores con dirección en una ubicación (INV_{ij}) dividido por el número de inventores de la patente ($INVT_j$), que luego se suma para todas las patentes k en la ubicación i . De la siguiente forma:

Figura 3 Fórmula de ponderación PTW_i

$$PTW_i = \sum_{k=0} INV_{ij} / INVT_j$$

Fuente: Stek, (2021).

Una vez obtenidas las ubicaciones, se aplica la técnica de estimación de densidad de Kernel (KDE) (Parzen, 1962; Rosenblatt, 1956). Esta técnica permite obtener lo que coloquialmente se conoce como mapa de calor. Los mapas de calor corresponden a técnica de interpolación espacial que identifica áreas donde un fenómeno se despliega frecuentemente. Las zonas con mayor frecuencia son denominadas “Hot spot”. Para esta investigación el mapa de calor se aplica sobre un ráster global en celdas o cuadrículas de 5 km por 5 km⁶⁸.

Para aplicar el KDE deben ajustarse dos parámetros según la naturaleza de los datos, estos son: el rango de interpolación (R), y el umbral de transformación (T). En esta oportunidad, se utilizarán los parámetros propuestos por Stek (2021), para reconocer zonas de «alta concentración» e identificar celdas con alta aglomeración (hot spots) para cada categoría tecnológica.

El rango de interpolación quedo definido en 25 km y el umbral de transformación en 97,5%⁶⁹

⁶⁸ La grilla mundial se filtra mediante la aplicación de un buffer de 50 km – que es la distancia máxima de interpolación que utiliza Stek (2021), para el análisis de sensibilidad- alrededor de cada punto de ubicación identificado de inventores relacionados con patentes de acuicultura. Este enfoque metodológico permite retener solo las áreas geográficas que se encuentran dentro del radio de influencia de las ubicaciones de inventores, en lugar de conservar países completos. De esta manera, se optimiza el peso computacional del análisis, concentrándose específicamente en las zonas con presencia directa o proximidad inmediata a los centros de innovación, y eliminando las regiones distantes sin relevancia para el estudio.

⁶⁹ Para determinar los parámetros del rango de interpolación y el umbral de transformación, Stek (2021) llevó a cabo un análisis de sensibilidad sistemático que consistió en la prueba de distintos valores para el rango de distancia (márgenes desde el centro de cada celda para estimar la densidad) y diferentes umbrales de concentración (T) para la reclasificación de las celdas de Kernel Density Estimation (KDE). Stek evaluó cómo los parámetros de distancia y umbral afectaban los patrones espaciales, seleccionando aquellos que ofrecían mayor estabilidad en la delimitación de

acorde a los resultados obtenidos en la prueba de sensibilidad realizada por Stek (2021). De esta manera las celdas con valores de KDE mayores al umbral de transformación (0,975) son reclasificadas como núcleos, mientras que las celdas con valores KDE menores al umbral de transformación se clasifican como periferias.

Técnicas de análisis de red: centro/periferia

Una red puede entenderse como una matriz de nodos y conexiones, donde los nodos representan un objeto y las conexiones una relación entre pares de objetos. Así mismo la teoría reconoce que existen a menudo nodos intensamente conectados, y estos son reconocidos como comunidades. Las comunidades se forman como resultado de nodos que comparten algún tipo de función y similitud. En ese contexto, las redes pueden ser objeto de análisis mesoscópicos para conocer la longitud, tamaño o propiedades de una determinada red. Uno de estos análisis o mediciones es el análisis de centro y periferia. Una estructura núcleo-periferia, en términos simples separa o parte una red en dos grupos de nodos; núcleo y periferia. El núcleo corresponde a un conjunto de nodos densamente conectados de manera adyacente, mientras que la periferia agrupa a nodos menos conectados con nodos centrales, pero no a otros nodos periféricos (Kojaku y Masuda, 2018).

Aunque la idea de la estructura centro/periferia es conceptualmente sencilla, su identificación en redes presenta múltiples dificultades, lo que ha llevado al desarrollo de diversas metodologías y algoritmos (y definiciones) para analizar centralidad y periferia en las redes (Yanchenko y Sengupta, 2023). Además, las redes no siempre presentan una única estructura de núcleo y periferia (Kojaku y Masuda, 2017). Por lo demás, el hecho de medir la centralidad por medio del grado de conexiones de un determinado nodo puede ser a veces engañoso, ya que una alta cantidad de enlaces no garantiza una posición estructural verdaderamente central, especialmente si esas conexiones se dan principalmente con nodos periféricos, poco influyentes o separados en varios componentes (Kojaku y Masuda, 2018).

Para este estudio se optó por un método simple, ampliamente utilizado y de bajo coste computacional, que permite identificar la estructura de núcleo y periferia: el algoritmo desarrollado por Borgatti y Everett (2000). Este modelo es de fácil interpretación, ya que divide los nodos en dos bloques o grupos principales⁷⁰. Con el objetivo de identificar las configuraciones más adecuadas de bloques que representen cada zona, el modelo prueba diferentes particiones

núcleos/periferias. El resultado fue un rango de interpolación de 25 km y un umbral de transformación del 97,5%, para identificar como núcleos solo áreas con altas concentraciones de evidencia, excluyendo las más dispersas o de concentración media.

⁷⁰ Uno de los bloques corresponde al núcleo, conformado por nodos con una alta densidad de conexiones entre sí. El otro bloque representa la periferia, integrado por nodos que tienden a conectarse con nodos del núcleo, pero que presentan pocas o ninguna conexión entre ellos, lo que refleja una estructura asimétrica típica de relaciones centralizadas.

entre núcleo y periferia.

La red fue construida utilizando inventores que comparten una patente. Cada inventor presenta un ID armonizado (PSN_ID), que permite ubicar al inventor a través de diferentes patentes. Con estos datos se construye un grafo, al que luego se le aplico el cálculo de Borgatti y Everett (2000), específicamente el modelo de grado de centralidad con 199 iteraciones. La construcción del grafo se realizó con el paquete igraph (Csardi y Nepusz, 2006) para la construcción y manipulación de grafos, y su manipulación fue realizada con tidygraph (Pedersen, 2020) del ecosistema de R.

Se utilizó el paquete netUtils para aplicar el modelo de análisis centro-periferia con el método rk1_dc, apropiado para redes grandes y con componentes múltiples. El algoritmo se aplicó a cada categoría tecnológica de manera individual. En cada categoría se han filtrado los componentes de la red que presentaba menos de 3 enlaces, a excepción de la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas, donde se han descartado los componentes de menos de 4 enlaces, para hacer el cómputo de centro/periferia viable computacionalmente. La red de Mejora genética y tecnología de semillas, por ser la más densa se presenta en dos mapas, ya que un solo componente presenta alrededor de 13303 conexiones. De esta manera se presenta un mapa visualizando este único componente o el componente más grande, y otro mapa que visualiza el resto de los componentes mayores a 4 y menores a 13303.

Resultados

La siguiente sección resume los hallazgos del análisis KDE, así como del análisis de núcleo y periferia aplicado a la red de coproducción de patentes científicas.

Objetivo específico N°1: Describir la industria acuícola por tipos de innovación en el contexto global acuícola con énfasis en la industria salmonícola

A continuación, se presentan los valores totales de patentes extraídas por la función de búsqueda, y el total de inventores por cada categoría tecnológica. Estos valores descuentan las patentes sin información geográfica válida como se expuso en el apartado metodológico.

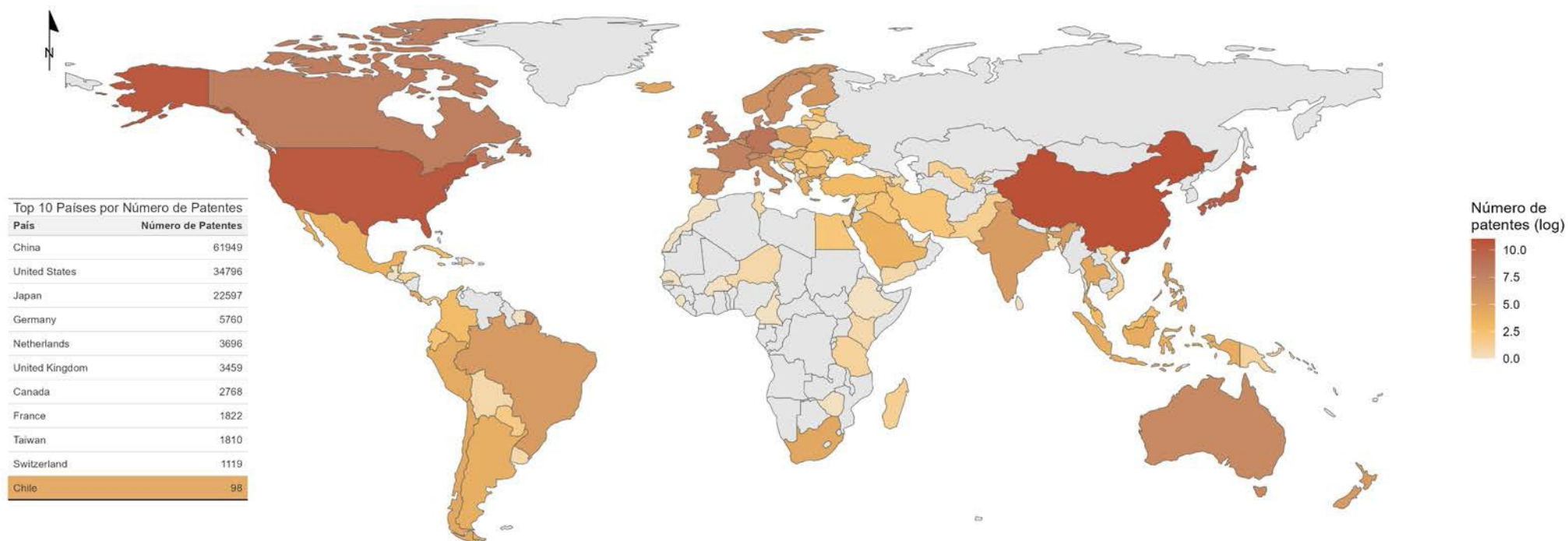
Tabla 3: Resumen de patentes e inventores por categoría tecnológica.

Categorías tecnológicas	N° patentes	N° inventores	N° empresas
Mejora genética y tecnología de semillas	112806	58806	123
Patología y prevención	9752	5218	12
Alimentos y organismos para alimentos	9264	9584	13
Gestión de crías	3428	4280	3
Composición de recursos	1229	1367	4
Equipamiento y mecanización	770	1027	2

Fuente: Elaboración propia en base a PASTAT 2024

La categoría con mayor número de patentes registradas es la de tecnologías de cría y semillas, seguida por tecnologías para el tratamiento de enfermedades.

Figura 4 Mapa de distribución global en base logaritmo natural de patentes de acuicultura y países con mayor N° de patentes acuícolas + Chile



Fuente: Elaboración propia en base a resultados PATSTAT.

Al igual que el estudio realizado por Oh y Kim (2014), se ha identificado una gran cantidad de patentes en la categoría de producción de semillas y cría. Según estos autores desde la década de los 90' en adelante las patentes de esta categoría, específicamente en las subcategorías de producción semillas natural (natural_seed_production), producción de semilla artificial (artificial_seed_production) y mejora en la calidad de las crías y las semillas (breeding_quality_improvement), aumentaron de forma continua. La mejora de semillas se observó principalmente en el mercado Japonés y Chino.

América del Norte, Europa Occidental y Asia oriental destacan como los principales focos de innovación acuícolas, revelando su dominio tecnológico en el área. Dado que la base PASTAT homologa información proveniente de distintas oficinas de patentes —como la USPTO, EPO y JPO—, es importante considerar el sesgo nacional que puede presentarse en los datos. Este sesgo implica que las patentes registradas en estas oficinas tienden a estar sobrerrepresentadas en las estadísticas globales, lo que puede generar una concentración aparente en determinados países (Stek, 2021). Por ello, los resultados deben interpretarse con cuidado, considerando que la distribución reflejada no solo responde a la capacidad innovadora, sino también a la elección estratégica de dónde se solicita la protección de la invención. No obstante, los datos se trabajan bajo la premisa de que tanto las empresas de países desarrollados como aquellas de países en desarrollo tienden a registrar sus invenciones en las grandes oficinas internacionales, como la USPTO y la EPO, debido a su mayor cobertura, reconocimiento jurídico y valor comercial (Park y Lippoldt, 2008; World Intellectual Property Organization., 2021). Por otra parte, al rescatar las direcciones no utilizamos la información proveniente China National Intellectual Property Administration (CNIPA), por lo que esta oficina no debiese estar sobre representada.

China y Japón destacan de manera notable en el ámbito de la innovación acuícola, lo cual se explica por una larga tradición en acuicultura. En China, el desarrollo a escala de la acuicultura comienza tempranamente con la fundación de la República Popular China, y termina de fortalecerse con la apertura del país en la década de los 80⁷¹. En la acuicultura China, los moluscos dominan la producción marina, seguidos por algas, crustáceos como el camarón *Penaeus vannamei* y peces marinos. Mientras tanto, en agua dulce, las carpas (plateada, cabezona, herbívora, común y cruciana) constituyen la base tradicional de la producción (Oficina de Pesca, Ministerio de Agricultura de China, 2024). El sistema de extensionismo acuícola en China,

⁷¹ De acuerdo con el último informe FAO (Food and Agriculture organizations of united nations, 2024), China representa el 36% de la producción total de animales acuáticos a nivel mundial (aproximadamente 66.7 millones de toneladas). En términos de producción de acuícola específicamente, China representaba el 57% de la producción acuícola mundial en 2020 (aproximadamente 91 millones de toneladas).

encabezado por el Centro Nacional de Extensión de Tecnología Pesquera y respaldado por miles de estaciones de extensión a nivel nacional, provincial y local, ha jugado un papel crucial en el avance tecnológico del sector acuícola chino. Este sistema ha evolucionado desde un modelo centralizado hacia un modelo de mercado con participación de entidades públicas y privadas. Además, cuentan con 210 institutos de investigación pesquera y universidades del país con departamentos dedicados exclusivamente a la investigación Pesquera y acuícola. El desarrollo científico y tecnológico ha sido particularmente notable en áreas como la reproducción controlada de especies comerciales, el desarrollo de variedades mejoradas, tecnologías de cultivo sostenible, nutrición y alimentación acuícola, y control de enfermedades (FAO, 2024).

En el caso de Japón, con especialización en algas (especialmente el Nori), moluscos (vieira yesso, ostras), y peces (besugo rojo, pez limón japonés y en menor medida trucha arcoíris) (FAO, 2015) . Su alta cantidad de patentes refleja una cultura de innovación tecnológica aplicada principalmente a la maricultura intensiva⁷² en espacios limitados, sistemas de recirculación y alimentación automatizada. Así mismo la oficina de patentes JPO ofrece adecuadas condiciones para el patentamiento.

Dentro de esta distribución global de patentes acuícolas, resulta particularmente relevante destacar la posición que ocupa Canadá y Reino Unido (que incluye a Escocia) en el top 10 de países que lideran en términos absolutos el registro de patentes con 3.459 y 2.768 respectivamente. Estos países representan una especialización significativa en innovaciones relacionadas con la acuicultura, que presumiblemente se debe a la captura salmonícola.

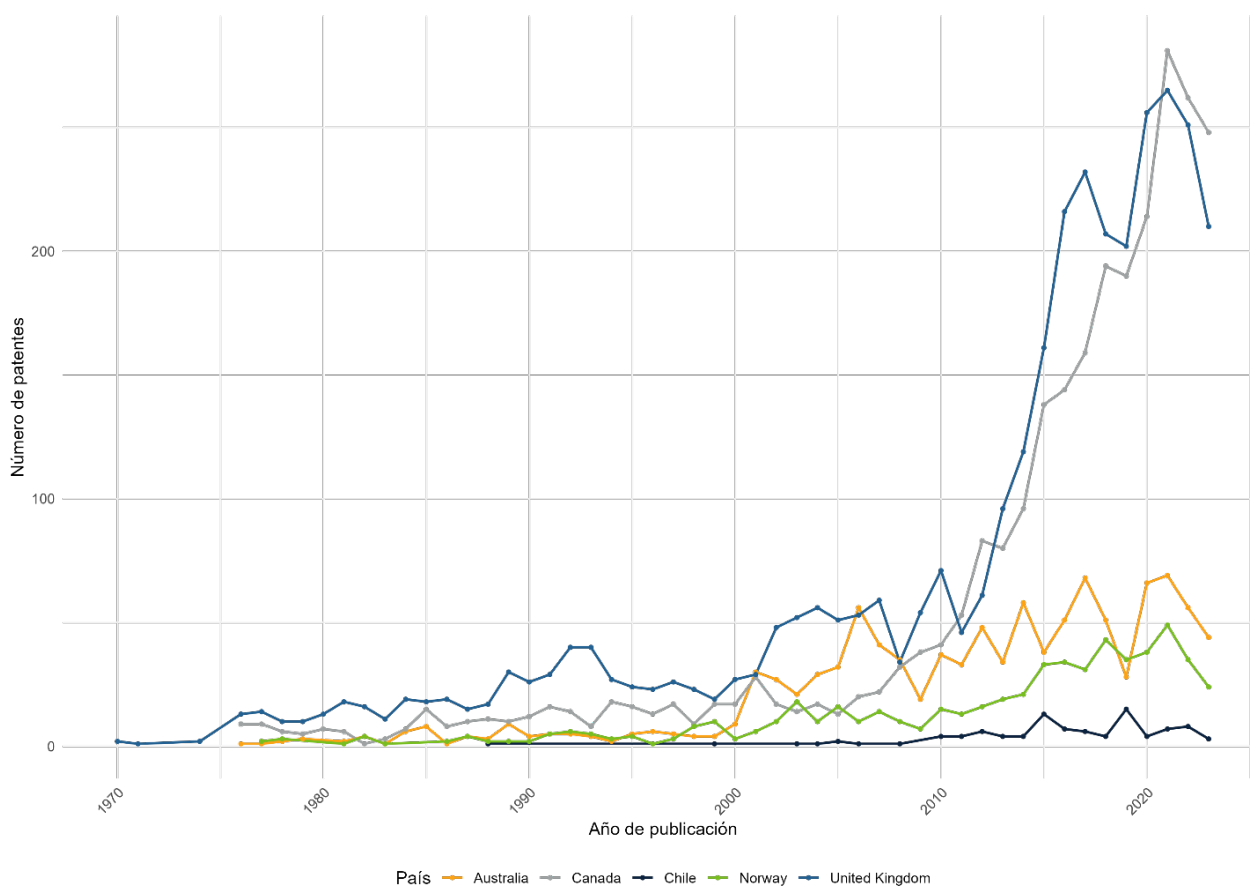
Si bien Noruega y Chile no ocupan un lugar entre los 10 países con mayor número total de patentes publicadas de carácter acuícola, se posiciona en el lugar 15 y 30 de un total de 176 países, con 606 y 98 patentes identificadas por la función de búsqueda. Junto a los otros países mencionados, conforma el grupo de principales productores mundiales de salmón cultivado, lo que sugiere una relación entre su actividad productiva especializada y sus esfuerzos en innovación tecnológica en este segmento. Esta especialización técnica en salmonicultura, aun cuando las cifras totales de patentes acuícolas sean moderadas en comparación con potencias como Estados Unidos, Japón o China, refleja una estrategia de innovación focalizada en un sector de alto valor comercial donde estos países han desarrollado ventajas competitivas significativas a nivel mundial.

⁷² La acuicultura marina en Japón representa aproximadamente el 95% de la producción acuícola total (Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, 2022)

Chile comienza a presentar desarrollos tecnológicos para acuicultura partir de los años 1990, con una muy baja presencia de patentes en estas fechas. A diferencia de los demás países se incorpora tardíamente al desarrollo de tecnologías. Así mismo su aparición en el patrón de patentamiento se debe al fortalecimiento de la industria salmonícola en la década de los 90'. Como se observa en la figura 5, Noruega, Canadá y Reino Unido, comienzan su desarrollo previo a la década de 1980. Por otra parte, hay un notable aumento en el registro de patentes acuícolas desde aproximadamente el 2010, que puede haber sido impulsado por una combinación de factores regulatorios, ambientales y económicos.

Existe una aparente desconexión entre volumen de producción y capacidad innovadora. Noruega, siendo líder productor mundial, tiene relativamente pocas patentes comparadas con Reino Unido o Canadá. Este último y acorde a lo revisado en el apartado de introducción a la industria salmonera ha ido disminuyendo su producción salmonícola. Sin embargo, ha mantenido su producción tecnológica.

Figura 5 Distribución de patentes en el tiempo 1970 -2024, Reino Unido, Canadá, Noruega y Chile.



Fuente: elaboración propia en base a PASTAT 2024.

Para Chile, y en concordancia con lo propuesto por Andersen, Allan y Wicken, (2016) el foco se ha puesto en el desarrollo de tecnologías de semillas y cría y de prevención de enfermedades. Para esta última categoría, y tras filtrar las patentes que no contaban con dirección de los inventores, el número total de patentes encontradas asciende a cinco. Este número es insuficiente para establecer una conclusión sólida o una tendencia tecnológica clara. Sin embargo, se observa un desarrollo tecnológico mayor posterior a la crisis del virus isa en 2007, que se ha concentrado principalmente en el desarrollo tecnología de semilla y cría. La fuerte orientación tecnológica después de este evento en el desarrollo de tecnologías para la prevención de enfermedades no queda evidenciada en los resultados obtenidos por la función de búsqueda. Esto puede deberse a que una importante cantidad de patentes han quedado fuera del análisis por la falta de información geográfica. Así mismo se esperaba una mayor presencia de patentes en la tecnología de alimentos.

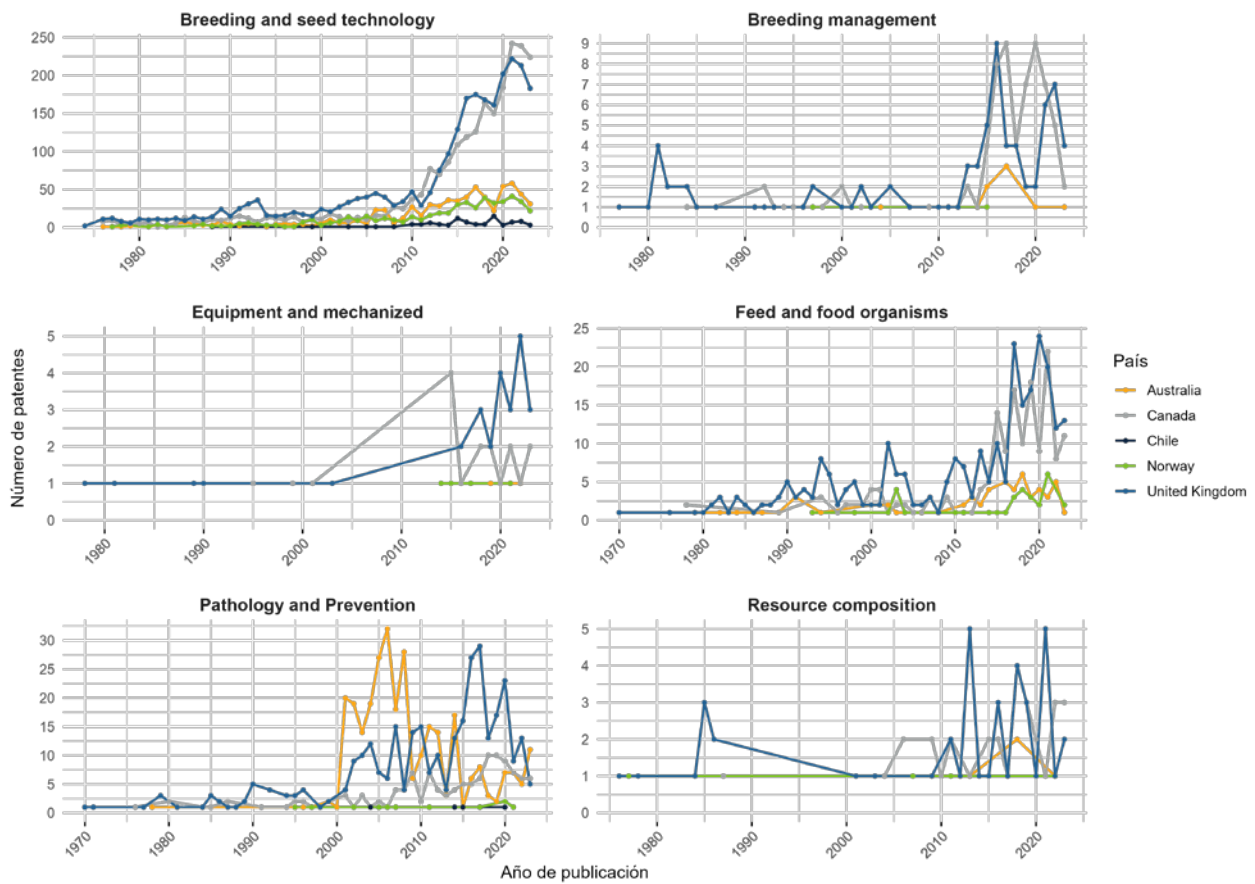
Por su parte, la industria salmonícola noruega ha experimentado una notable evolución tecnológica desde sus inicios en los años 70, cuando era intensiva en mano de obra y con bajo control. A pesar de numerosas innovaciones en genética, alimentación, vacunas, tecnologías de información y equipamiento, la tecnología dominante persistió siendo las jaulas abiertas en red, aunque con drásticos aumentos de tamaño. Estas mejoras incrementales permitieron a Noruega convertirse en líder mundial de producción de salmón atlántico. Sin embargo, este modelo eventualmente enfrentó limitaciones de sostenibilidad debido a problemas como piojos del salmón, escapes, enfermedades y descargas contaminantes. Ante estos desafíos, en 2015 las autoridades noruegas implementaron un punto de inflexión con las "licencias de desarrollo", impulsando una transformación radical hacia nuevas trayectorias tecnológicas como cultivo offshore y sistemas cerrados, renovando las redes de innovación del sector y marcando una reestructuración industrial orientada a la sostenibilidad (Afewerki et al., 2023). Este impulso institucional puede explicar de cierta forma la explosión de patentes desde el 2015 en adelante.

Australia, por su parte ha mostrado una marcada especialización en "Patología y prevención" (con un pico significativo alrededor de 2005-2010), lo que refleja su enfoque en controlar enfermedades, que podría ser una respuesta a la transición que sufre la industria desde el 2000 en adelante. La industria acuícola en Australia, comienza a operar con menos organizaciones pero más profesionales, y desde el 2010 hay un reconocimiento de la "licencia social"⁷³ (Leith et al.,

⁷³ La licencia social se define como un conjunto de demandas y expectativas de los stakeholders de la sociedad hacia

2014). Así mismo un hecho desencadenante del cuestionamiento a la industria, que puede estar ligado a este pico de actividad en la categoría de prevención y en la de Composición de recursos en el país fue el impacto Ambiental de la producción de salmón en Macquarie Harbor, que aumento sus toneladas productivas de 8.000 a 29.500 generando diversos cuestionamientos a la imagen pública de la industria (Lindfors, 2022).

Figura 6 Distribución de patentes en el tiempo 1970 -2024, Reino Unido, Canadá, Noruega y Chile por categoría de desarrollo tecnológico



Fuente: elaboración propia en base a PASTAT 2024.

Reino Unido y Canadá muestran un enfoque más diversificado en innovación, mientras que Noruega, a pesar de su liderazgo productivo, concentra sus esfuerzos innovadores en categorías específicas. Reino Unido y Canadá muestran fortalezas notables en múltiples categorías tecnológicas como se observa en los gráficos de la figura 6. Sus patrones de patentamiento revelan capacidades significativas tanto en 'Mejora genética y tecnología de semillas ' como en 'Patología y prevención', 'Alimentos y organismos para alimentos' y 'Composición de recursos'.

una empresa. El debate sobre la acuicultura experimentó un cambio drástico impulsado por factores como el liderazgo de la industria, la maduración del sector y el reconocimiento de la interdependencia entre empresas.

Esta diversificación tecnológica podría explicarse por sus estructuras de investigación más consolidadas y la presencia de centros académicos especializados en acuicultura con vínculos industriales.

Mientras tanto, Noruega, a pesar de su liderazgo productivo global con aproximadamente 1.5 millones de toneladas anuales, concentra sus esfuerzos innovadores en categorías específicas, principalmente relacionadas con tecnologías de cría y manejo. Esta especialización refleja su estrategia histórica de desarrollo incremental basada en jaulas abiertas, complementada con mejoras en genética y alimentación, que solo recientemente ha comenzado a diversificarse tras la implementación de las 'licencias de desarrollo' en 2015 (Afewerki et al., 2023).

Lo mismo sucede con Australia, que a pesar de ser menos productivo que Chile y Noruega en lo relativo a la explotación del Salmón del Atlántico, presenta una acuicultura más diversificada (perlas, ostras, camarón y atún rojo) que puede explicar de alguna manera la importante cantidad de patentes (1.089). Su clara especialización en patentes de 'Patología y prevención' mostrada en la figura 6 evidencia una respuesta tecnológica a desafíos ambientales y sanitarios específicos como fue comentado en el párrafo anterior.

Finalmente, al analizar la relación entre inventores y empresas los resultados no son concluyentes debido a que la variable que indica el sector al que pertenece el investigador/a de la PASTAT presenta una alta frecuencia de valores *NA* y sector desconocido (78.881 casos).

Objetivo específico N°2: Describir la distribución espacial de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia de Chile en el contexto global.

Si bien el presente trabajo se centra específicamente en el análisis de tecnologías vinculadas a la salmonicultura, se ha optado por realizar la búsqueda y clasificación de patentes en el ámbito más amplio de la acuicultura. Esta decisión responde a la dificultad de separar con precisión las tecnologías destinadas exclusivamente al cultivo de salmones de aquellas desarrolladas para la acuicultura en general. Además, muchas innovaciones, especialmente en áreas como sistemas de alimentación, monitoreo ambiental, bioseguridad y manejo de enfermedades, son aplicables transversalmente a diversas especies acuícolas, lo que justifica una aproximación más inclusiva en la recopilación de información tecnológica⁷⁴.

⁷⁴ En el caso de Noruega, el sistema de licencias ha incentivado el desarrollo e implementación de tecnologías offshore en la industria salmonera. Para ello, el sector ha comenzado a adoptar soluciones provenientes de la industria petrolera, particularmente en lo relativo a estructuras e infraestructuras diseñadas para operar en condiciones marítimas extremas (Afewerki et al., 2023)

Escala Global

A nivel global, los resultados del análisis de Kernel Density Estimation (KDE) revelan configuraciones espaciales de patentes con patrones de distribución geográfica similares (presencia de centros y periferias en Asia oriental, Norteamérica y Europa Occidental), aunque con variaciones significativas en sus niveles de densidad e intensidad de concentración según la categoría tecnológica analizada. Las categorías con menos intensidad de núcleos y periferias son Equipamiento y mecanización y Composición de recursos. Así mismo estas categorías presentan menor número de patentes y de investigadores. Las categorías con mayor densidad y presencia de núcleos tecnológicos son Mejora genética y tecnología de semillas, Alimentos y organismos para alimentos, Patología y prevención y Gestión de crías.

En el caso de Equipamiento y mecanización (Ver Anexo 8, Figura 11) se identifican polos tecnológicos distribuidos estratégicamente en tres grandes regiones: En Asia Oriental, donde destacan las metrópolis tecnológicas japonesas (Tokio, Kioto y Osaka). En el territorio chino, la actividad se concentra principalmente en el eje económico oriental, representado por Shanghai (centro financiero y puerto internacional), Beijing (capital política y centro de investigación) y Shenzhen (polo de manufactura avanzada y electrónica) y Hong Kong. Europa presenta núcleos de innovación en equipamiento acuícola, concentrados en Zúrich (Suiza); Múnich (Alemania); y los Países Bajos. En Norteamérica, los focos de desarrollo tecnológico se ubican principalmente en dos regiones: la costa oeste estadounidense, en la ciudad de Los Ángeles y San Diego (California); y la franja noreste, en la ciudad de Chicago⁷⁵, Nueva York y Boston⁷⁶ (polo de investigación académica avanzada).

La categoría de Composición de recursos (Ver Anexo 8, Figura 12) muestra una distribución similar en cuanto a baja intensidad de patentamiento, pero con mayor diversificación geográfica en China. Además de mantener presencia en los centros primarios (Shanghai, Beijing y Shenzhen), incorpora polos secundarios como Qingdao y la provincia de Shandong, ambas regiones costeras con importante tradición pesquera y maricultura comercial.

En Japón, la innovación en Composición de recursos (Anexo 8, Figura 12) se concentra fundamentalmente en dos ciudades: Tokio y Osaka. La presencia de estos núcleos refleja la

⁷⁵ Centro Industrial de la zona oeste.

⁷⁶ Polo de investigación académica avanzada.

importancia de los recursos marinos en la economía japonesa como se ha comentado anteriormente. Europa Occidental presenta una distribución más diversificada, con núcleos en Zúrich (Suiza), las ciudades alemanas de Múnich y Frankfurt, los Países Bajos (pioneros en acuicultura sostenible (Martins et al., 2010)). Norteamérica mantiene un patrón similar al observado en Equipamiento, con concentraciones en California (Los Ángeles y San Diego) y Chicago.

La distribución espacial de ambas categorías tecnológicas (Equipamiento y mecanización y Composición de recursos), refleja la naturaleza altamente especializada de estos desarrollos, vinculadas principalmente a centros urbanos con ecosistemas de innovación consolidados, infraestructura de investigación avanzada y proximidad a mercados comerciales significativos, más que a las regiones de mayor producción acuícola tradicional.

En términos cuantitativos, analizando tanto el volumen absoluto de patentes como la cantidad de investigadores involucrados, la categoría de Gestión de crías (Anexo 8, Figura 7) ocupa el tercer lugar en orden ascendente después de Equipamiento y mecanización y Composición de recursos. Esta posición intermedia refleja un nivel moderado de actividad inventiva e inversión en investigación dentro del espectro tecnológico acuícola global. La distribución geográfica mantiene la triada de innovación entre Norteamérica, Europa y Asia Oriental, con una mayor presencia de núcleos tecnológicos, particularmente en el continente asiático.

Gestión de crías (Anexo 8, Figura 7) mantiene el patrón de concentración en ambas costas que se ha venido repitiendo en las categorías anteriores, con núcleos tecnológicos claramente definidos en los núcleos urbanos (corredor académico-industrial de Boston-Nueva York, actividad moderada en la región de los grandes Lagos, particularmente entorno a Chicago, y en la Costa Oeste, nuevamente en el eje de Los Ángeles y San Diego).

La región asiática presenta la mayor dinámica y diversificación en esta categoría tecnológica (Gestión de crías): Japón exhibe una densa distribución longitudinal a lo largo del archipiélago, con múltiples núcleos de alta intensidad, particularmente en Tokio (principal centro de investigación del país) y en el eje Osaka-Kioto. China experimenta una notable expansión y diversificación a los núcleos de Beijing y Shangai, se suma el eje Shenzhen-Guangzhou en el delta del Río de las Perlas y la ciudad costera de Qingdao. La ciudad de Pekín también aparece como un núcleo de concentración tecnológica en manejo de semillas. Así mismo, aparecen como núcleos de actividad Corea del Sur y Taiwán, especialmente en Seúl y Taipéi, donde las granjas acuícolas inteligentes y la investigación en biotecnología marina avanzan con rapidez (Vo et al., 2021). Esta categoría muestra una mayor diversidad de núcleos tecnológicos que las categorías

anteriores principalmente en Asia oriental, identificando centros de actividad inventiva en zonas no urbanas para el caso de Taiwan y China.

La categoría de Alimentos y organismos para alimentos (Ver Anexo 8, Figura 9) es la cuarta categoría con mayor volumen de patentes e investigadores dentro del sector acuícola, presentando una distribución espacial más compleja que las categorías anteriormente analizadas. El patrón de distribución evidencia una expansión significativa de núcleos tecnológicos en las tres grandes regiones innovadoras (Norteamérica, Europa y Asia Oriental), con la incorporación de nuevos centros de actividad y una mayor densidad de periferias investigativas.

Esta categoría muestra una mayor intensidad en la costa este estadounidense (Anexo 8, Figura 9) y aparece un nuevo núcleo significativo en la región fronteriza con Canadá, posiblemente en el área de los Grandes Lagos o la región noreste. Se observa una dispersión más amplia de puntos a través del territorio continental, con presencia en estados interiores y zonas tradicionalmente no vinculadas a la acuicultura, además de una presencia de actividad tecnológica, aunque periférica, en el Estado de Florida.

Al utilizar el enfoque de KDE, para identificar núcleo y periferia, se puede observar la actividad inventiva más allá del sesgo urbano, por ejemplo, en la categoría de Alimentos y organismos para alimentos, emerge un clúster transfronterizo de alta actividad en Países Bajos y Bélgica. También comienza a aparecer actividad en Noruega y Dinamarca, que, aunque mantiene su condición de periferia, muestra mayor complejidad de distribución.

Por su parte, la región asiática sostiene su posición como epicentro de innovación en esta categoría. Japón presenta la mayor densidad de concentración con especial intensidad en Tokio, la región de Kansai y el extremo norte Kyushu (matizando las concentraciones urbanas vistas en otras categorías para el país). China mantiene la distribución de la categoría anterior, pero presenta centros emergentes en la costa este e interior, con algunos núcleos. Tanto Taiwán (Taipei) como Corea del Sur (Seúl y Busan) presentan núcleos de innovación en esta categoría. En el caso de Corea del Sur refuerza esta red con el núcleo de Seúl y áreas costeras como Busan, reconocidas por su enfoque en la nutrición marina sostenible y automatización del procesamiento alimentario⁷⁷.

La categoría de Patología y prevención (Anexo 8, Figura 11) destaca como una de las categorías tecnológicas más intensivas en actividad patentadora, con alta densidad en el corredor Boston-

⁷⁷ Según el Korea Maritime Institute (KMI) Busan destaca como centro clave para el desarrollo de nutrición marina sostenible, sistemas de alimentación acuícola, y tecnologías de procesamiento post-cosecha. <https://www.kmi.re.kr>

Nueva York- Washington, y con núcleos en Massachusetts, posiblemente asociados a los importantes centros de investigación de la zona. En la costa oeste se mantiene la prevalencia de San Francisco, San Diego y Los Ángeles. Así mismo Florida presenta un núcleo de Desarrollo tecnológico posiblemente vinculado a especies tropicales. Adicionalmente se observa en esta categoría un patrón de distribución interior en el área de Chicago y Michigan.

En Europa la distribución muestra mayor concentración en el noreste europeo. Alta densidad, particularmente en Inglaterra, con concentraciones significativas en Escocia, reflejando su importancia en acuicultura salmonera. Los Países Bajos, junto a Bélgica conforman un denso clúster con múltiples núcleos tecnológicos. La zona Nórdica de Europa muestra una presencia moderada en Dinamarca Y Noruega con algunos núcleos de actividad. La presencia de los países nórdicos en la configuración de la categoría tecnológica Pathology and prevention pone en relieve la idea de que la frontera entre el centro y la periferia no es estricta.

Finalmente, la categoría tecnológica Mejora genética y tecnología de semillas (Anexo 8, Figura 7) revela un patrón de distribución espacial que, si bien mantiene las mismas regiones principales de concentración observadas en categorías previas, muestra características distintivas en términos de densidad y configuración. Esta categoría rescato el mayor número de patentes⁷⁸ y de investigadores, por lo que no solo se identifican más núcleos a nivel global, sino que un patrón más complejo de las periferias.

La distribución de los núcleos de innovación tecnológica en Mejora genética y tecnología de semillas para Estados Unidos revela una red concentrada en regiones costeras e institucionalmente fuertes. Nuevamente se observan los núcleos de la Costa Oeste (California, San Francisco–Davis⁷⁹, y el sur en San Diego). La región noreste, desde Boston hasta Nueva York y Filadelfia, agrupa centros de investigación avanzada en genómica aplicada, edición genética (CRISPR) y bancos de germoplasma, con universidades como Harvard, MIT y Cornell como actores clave. La zona de los Grandes Lagos, con énfasis en Chicago, Minneapolis y Milwaukee, se asocia al mejoramiento de especies dulciacuícolas (como tilapia y bagre) y laboratorios de genética aplicada a sistemas cerrados⁸⁰. También se observan núcleos en Texas, Florida y el noroeste del Pacífico (Seattle–Portland).

⁷⁸ Esta categoría presenta a su vez el mayor número de términos, en concordancia con lo propuesto por Oh y Kim (2014). Sin embargo, este desbalance terminológico en la categoría puede ocasionar esta distorsión en la cantidad de patentes extraídas.

⁷⁹ En Davis la Universidad UC Davis cuentan con un programa específico de acuicultura, y se enfocan principalmente en investigaciones en genética acuícola, reproducción selectiva y biología molecular de peces y mariscos. Véase <https://aquaculture.ucdavis.edu/>

⁸⁰ Véase el programa de Great Lakes Aquaculture Collaborative (GLAC) <https://greatlakesaquaculture.org/>

En Europa Occidental, destacan los Países Bajos- Bélgica con un denso clúster con núcleos visibles, probablemente centrados en Wageningen (centro mundial de referencia en tecnologías agroalimentarias) y el área de Gante-Amberes. En Francia Paris se mantiene como un núcleo productivo, y presenta una mayor dispersión hacia las periferias. Alemania reafirma su posición en el desarrollo tecnológico de semillas y cría, presentando múltiples núcleos particularmente en la cuenca del Rin, vinculados a centros de biotecnología en Baden-Württemberg y Renania. Se aprecian concentraciones menores en la zona Nórdica de Europa en Noruega, Dinamarca y Finlandia. Y se muestra un núcleo en Montenegro⁸¹.

Asia revela una concentración extraordinariamente alta en este tipo de tecnologías. Japón presenta la mayor densidad regional con distribución longitudinal a lo largo de todo el archipiélago. Las concentraciones se presentan particularmente en la de Kanto (Tokio-Yokohana) y en el eje Osaka-Kioto – Kobe, que son los ejes tradicionales de desarrollo tecnológico. Sin embargo, presenta un núcleo en la prefectura de Hokaido, y al sur en la prefectura de Fukoka. A diferencia de Japón China presenta un patrón más amplio y heterogéneo que integra centros tecnológicos modernos con las zonas tradicionales de acuicultura. En ese sentido se mantiene la concentración costera vista en otras categorías tecnológicas, pero con una mayor intensidad (Delta del Yangtze y Delta del Río Perla, centrado en Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong (sureste). Pero aparecen focos de innovación tecnológica en ciudades costeras intermedias. Además, presenta varios núcleos hacia el interior de las zonas costeras, como por ejemplo en la zona alta del delta del Yangtze en el área de Chongqing, y en la subcuenca del lago Dongting, con tradición histórica en sistemas integrados de cultivo arroz-peces (Región de Changsha-Hunan). Taiwan y Corea del Sur mantienen concentraciones en la ciudad de Taipéi y Seúl respectivamente.

En general los mapas mundiales revelan una alta concentración en las economías avanzadas del norte global, con escasa participación de los países ubicados en el hemisferio Sur. A si mismo se muestra una desconexión entre los países altamente productivos en acuicultura y los países que generalmente concentran el desarrollo tecnológico (a excepción de los países asiáticos y el caso de Gran Bretaña). Inclusive en los países intensivos en acuicultura como Japón, la actividad se concentra en las zonas urbanas. Solo China presenta una concordancia entre los núcleos de actividad productiva y de producción de conocimientos (Meng et al., 2024)⁸².

⁸¹ El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Montenegro apoya la investigación científica en acuicultura. Esto se lleva a cabo principalmente por el Instituto de Biología Marina en Kotor. Se dedican principalmente a la acuicultura de mejillón y carpas https://www.fao.org/fishery/en/countrysector/naso_montenegro

⁸² También el caso de Canadá que muestra desarrollo tecnológico en la categoría de Breeding and Seed Technology en las zonas donde se encuentran los centros productivos. Pero el caso de Canadá es bastante específico y será

El patrón de concentración global refleja ecosistemas de innovación preexistente, como clústeres biotecnológicos (Boston, Cambridge, San Francisco), o polos de transferencia tecnológica como (Shanghai, Shenzhen). Pero ¿cómo se comportan específicamente los países salmoneros en esta configuración?

Escala Global Países salmoneros

Gran Bretaña es el país con mayor presencia a lo largo de las distintas categorías. Presenta núcleos en la mayoría de las categorías tecnológicas, con excepción de Equipamiento y mecanización. En la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas evidencian alta concentración en Inglaterra, particularmente en torno a Londres y la región de East Anglia (Cambridge-Norwich). Esta configuración se mantiene para la categoría Gestión de crías y para la categoría de Alimentos y organismos para alimentos. Sin embargo, en esta última categoría se muestra una distribución más compleja de la periferia, presentando algunas distribuciones periféricas en la zona de Escocia evidenciando una relación entre actividad productiva y desarrollo tecnológico de alimentos o *pellets* para cultivo (Alimentos y organismos para alimentos). La categoría de Composición de recursos presenta un núcleo en el extremo este de Norwich (Reino Unido)⁸³ (Ver resultados KDE para Gran Bretaña, Anexo 8, Figura 13).

Australia por su parte es el segundo país con más presencia a través de la categoría. Presenta tres núcleos, dos de ellos en la zona costera, específicamente en la ciudad de Melbourne y en la costa Este (Nueva Gales del Sur (Sydney-Newcastle) y Queensland) para la categoría Mejora genética y tecnología de semillas. Y también presenta núcleos de desarrollo tecnológico en Melbourne y en la costa Este, particularmente en Nueva Gales del Sur (Sydney-Newcastle) y Queensland ⁸⁴ para la categoría de Patología y prevención (Ver resultados KDE para Australia, Anexo 8, Figura 14).

Canadá presenta núcleos tecnológicos en la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas específicamente en la zona de Vancouver (Wang et al., 2023) donde se concentra la mayor cantidad de actividad salmonera, y en la zona este del país de la bahía Thunder hacia el interior. (Ver resultados KDE para Canadá, Anexo 8, Figura 15). Finalmente, Noruega solo presenta un núcleo en la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas en la ciudad de Oslo (Ver resultados KDE para Noruega, Anexo 8, Figura 16).

Escala país: Chile.

discutido en la siguiente sección con mayor detalle.

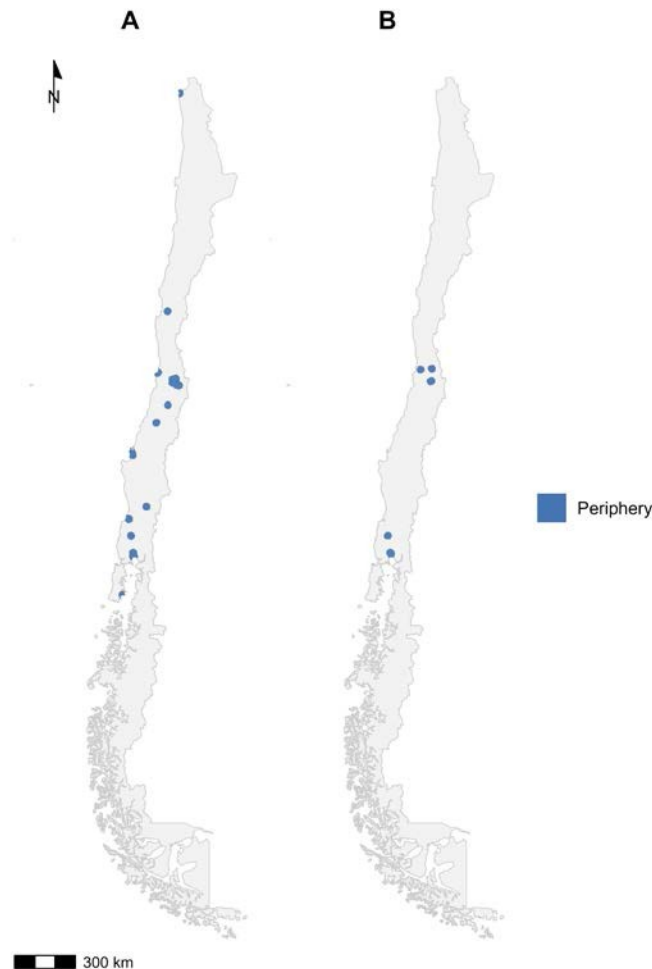
⁸³ Esta ciudad es sede del Centro John Innes, reconocido en investigación biológica avanzada.

⁸⁴ El mapa también revela un patrón de distribución localizado en Israel, con núcleo en Tel Aviv-Haifa.

Los resultados del KDE para Chile se presentan en torno a dos categorías, ya que la categoría de Composición de recursos presenta 3 observaciones. Chile se presenta tanto en la categoría tecnológica de Mejora genética y tecnología de semillas, como en la categoría de Patología y prevención

en términos de periferia. Estas periferias se concentran principalmente en Santiago, con presencia de desarrollo tecnológicos en el extremo Sur. A continuación, se presentan los resultados para ambas categorías.

Figura 7 Resultados KDE para-Chile categoría Mejora genética y tecnología de semillas y Patología y prevención



Descripción: Resultados KDE para figura A. Mejora genética y tecnología de semillas y figura B. Patología y prevención.

A pesar de que los resultados para el caso de Chile eran esperables, es decir Chile se configura como una periferia a nivel espacial, sus resultados muestran ciertos matices. La evidencia de actividad innovativa en el extremo sur refleja una relación entre actividades productivas e inversiones de desarrollo tecnológico, en polos que, a pesar de ser urbanos, no son considerados metrópolis.

Objetivo específico N°3: Describir la distribución en la red de las innovaciones tecnológicas en términos de centro y periferia en el contexto global

Los resultados del análisis de redes revelan diversas combinaciones de estructuras núcleo-periferia, lo que refleja la complejidad de definir estos entornos en las distintas tecnologías. A nivel cuantitativo, las categorías con más patentes presentan también más nodos y enlaces. Sin

embargo, la categoría Patología y prevención, que cuenta con menos inventores, da lugar a una red más pequeña, con menor cantidad de nodos y enlaces. La categoría con más nodos centrales y periféricos es Mejora genética y tecnología de semillas. Otros resultados pueden consultarse en la Tabla de resumen a continuación.

Tabla 4: Resumen de nodos y enlaces por categoría.

Categorías tecnológicas	Nº nodos	Nº enlaces	Nº de nodos centrales	Nº de nodos periféricos
Mejora genética y tecnología de semillas *	30215	171740	312	29903
Mejora genética y tecnología de semillas componente más grande	13303	-	309	12994
Patología y prevención	1805	5755	118	1687
Alimentos y organismos para alimentos	5489	20851	155	5334
Gestión de crías	2444	7355	157	2287
Recursos y componentes	404	1109	46	358
Equipamiento y mecanización	375	1277	14	361

Fuente: Elaboración propia en base a PASTAT 2024

* En esta categoría se filtran los componentes menores a 4, para permitir el cálculo computacional, debido a que la red es demasiado extensa.

La categoría de Breed and seed technology fue dividida en dos mapas para facilitar su interpretación, ya que el componente más grande presenta un gran número de relaciones. En el componente más grande (Anexo 10, Figura 17) los núcleos se concentran principalmente en el norte global siguiendo la tendencia observada a nivel espacial. Por ejemplo, las ciudades de San Francisco, San Diego, Chicago y New York son las ciudades con mayor cantidad de núcleos a nivel de red. Aunque es difícil apreciar las conexiones de cada región estas se dan principalmente con los países orientales Japón y China. Para esta misma categoría se presenta así mismo una zona de centralidad en las Islas Caimán⁸⁵, y en la zona costera del norte de Brasil (Anexo 10, Figura 17).

En el caso de Europa occidental, se pueden observar núcleos de red en las capitales que también presentan centralidad espacial. Por ejemplo, se mantiene el núcleo de Barcelona, que a su vez presenta relaciones con periferias en América Latina, y relaciones con núcleos de América del Norte y el continente oriental. Gran Bretaña también presenta zonas de centralidad, al igual que

⁸⁵ Islas Caimán se repite como núcleo de la red en diversas categorías, y siempre en relación con Gran Bretaña. Esto se explica principalmente por la dirección que declaran las empresas.

Alemania y Bélgica (Anexo 10, Figura 17).

En Asia Oriental, China aparece como la zona con mayor cantidad de centros en la red, distribuidos principalmente en la zona costera, y con una distribución menos concentrada en el sector interior del país. Japón a su vez presenta núcleos en la ciudad de Tokio. Estos se conectan con zonas de norte América y Europa Occidental, pero también presentan conexión con núcleos en Singapur y Taiwán (Anexo 10, Figura 17).

En el resto de los componentes de esta categoría, solo se pueden encontrar tres zonas centrales. Una se encuentra ubicada en la zona interior de Estados Unidos, en Europa Occidental (presumiblemente Alemania), y finalmente en la India, que no presentaba niveles de centralidad en esta categoría para los resultados espaciales (Anexo 10, Figura 18).

La presencia de Singapur y la India, o de Brasil y las Islas Caimanes, pone de relieve la porosidad de las relaciones núcleo-periferia, ya que estos flujos ilustran la complejidad de las redes de filiales extranjeras, donde las conexiones corporativas configuran geografías que desafían las categorizaciones binarias tradicionales, integrando tanto paraísos fiscales (Islas Caimanes) como economías emergentes en sus estructuras organizacionales globales (India, Brasil y Singapur).

A pesar de que Chile presenta actividad patentadora, no aparece como una periferia en la red de relaciones, presumiblemente porque participa en un componente con menos de 4 relaciones. Esto implica que no solo es una periferia a nivel espacial, sino que lo es a su vez en el nivel de red.

La categoría Patología y prevención (Anexo 10, figura 19), guardando las proporciones, presenta el mismo patrón que la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas, mostrando núcleos en el hemisferio norte, en los países antes descritos. En Estados Unidos, se puede observar un núcleo en San Diego, y en el eje Nueva York Boston. Por su parte, Canadá evidencia un núcleo en Vancouver y en la costa este del país. Vancouver presenta relaciones con Japón y Europa Occidental. Mientras que Estados Unidos presenta relaciones un número importante de relaciones con China, Japón y Europa Occidental.

A diferencia de la categoría anterior (Mejora genética y tecnología de semillas) no se presentan núcleos de red en el resto de América Central y América del Sur. Sin embargo, Chile, aunque periférico en su condición de red para esta categoría, muestra una conexión con Noruega, presumiblemente como resultado de la histórica relación de transferencia de tecnologías desde el país del norte europeo hacia Chile.

En Europa Occidental, se evidencian núcleos de relaciones en Gran Bretaña, España, Alemania, y

aparece Hungría con varios puntos centrales. Así mismo existe un punto en la zona central de Rusia. Este último se encuentra conectado con la costa oeste de la India, y mantiene conexiones con China. La presencia de Hungría como un núcleo de relaciones para la producción de tecnologías en la categoría de prevención de patología, indica que el desarrollo tecnológico no solo está compuesto por actores locales del núcleo urbano europeo, reflejando nuevamente los flujos transfronterizos del conocimiento y del capital multinacional.

La zona Oriental concentra la mayor cantidad de núcleos, evidenciando su potencia en este tipo de tecnologías. China presenta 3 núcleos importantes en la zona costera y un núcleo en el interior. Y Japón presenta núcleos de red en el eje Tokio, Osaka, con énfasis en Tokio. Ambos países presentan relaciones entre sí y con países de Europa Occidental y América del Norte.

En la categoría de Alimentos y organismos para alimentos (Anexo 10, Figura 20), los núcleos de la red se concentran principalmente en las ciudades costeras de Estados Unidos (San Francisco, San Diego, Nueva York), que mantienen conexiones directas con China y Europa Occidental. A diferencia de la distribución espacial, Europa presenta mayor actividad con polos de concentración en Gran Bretaña, norte de Alemania, Suiza y Países Bajos, destacando también Hungría como centro emergente. En Asia Oriental, además de los núcleos tradicionales en las zonas costeras de China y Tokio en Japón, emerge Singapur como articulador de conexiones con regiones periféricas, incluyendo provincias del interior chino y la costa este de Brasil.

Esta configuración revela cómo las redes de conocimiento en biotecnología alimentaria trascienden las geografías tradicionales de innovación. La emergencia de núcleos en zonas históricamente consideradas periféricas —como Hungría en Europa o Singapur como conector regional— sugiere una reconfiguración de las jerarquías científicas globales. Estas conexiones multidireccionales reflejan no solo la descentralización de la producción de conocimiento, sino también la creciente importancia de nodos intermediarios que facilitan la transferencia tecnológica entre centros establecidos y regiones emergentes, creando una geografía más compleja y policéntrica de la innovación biotecnológica.

En la categoría de Gestión de crías (Anexo 10, Figura 21), Estados Unidos revela un patrón de concentración diferente con un núcleo fuerte en el interior del país, y algunas concentraciones en la costa Este. Esta se enlaza directamente con Gran Bretaña en la mayoría de las categorías tecnológicas.

En Europa occidental se pueden apreciar dos importantes núcleos: el primero se encuentra ubicado en Países Bajos, y el segundo ubicado en Suiza. Gran Bretaña mantiene su

preponderancia en esta categoría con dos núcleos en la zona sur del país. En los resultados de esta categoría también se puede apreciar un núcleo en el norte sudafricano. Este último se encuentra conectado principalmente con Japón y China. En lo respectivo al continente asiático, China, Taiwán y Japón evidencian núcleos altamente concentrados. En China se repite el patrón observado para otras categorías, mientras que en Japón se extiende por eje Kioto- Nagoya- Osaka.

La configuración de esta red revela características particulares del conocimiento en gestión reproductiva animal. El desplazamiento hacia el interior de Estados Unidos sugiere la importancia de las regiones agrícolas tradicionales en esta categoría tecnológica, mientras que la aparición de Sudáfrica como núcleo conectado con Asia indica la relevancia de los contextos productivos locales en la generación de innovaciones. Las conexiones multilaterales entre Asia, Estados Unidos y Europa demuestran una red más integrada y menos jerárquica que en otras categorías, reflejando posiblemente la naturaleza más aplicada y contextual de estas tecnologías, donde el conocimiento tácito y las condiciones locales juegan un papel fundamental en el desarrollo de innovaciones

Para la categoría de Composición de recursos (Anexo 10, Figura 22), se aprecian dos núcleos en estados unidos en la zona de nueva York, y hacia el interior de Chicago, que se encuentran conectado con núcleos de China principalmente. En Europa Gran Bretaña presenta un núcleo al sur del país, y se puede apreciar otro núcleo en la frontera de Alemania- Países bajos y otro núcleo en Múnich. Asia presenta la mayor heterogeneidad de núcleos para esta categoría. China mantiene el patrón evidenciado en las otras categorías con núcleos en las zonas costeras y un núcleo importante hacia el interior. Japón presenta núcleo en la ciudad de Tokio, mientras que Corea del Sur también presenta un núcleo en Seúl. China destaca como conector global, enlazando todos los núcleos identificados y periferias en el sur de Japón, mientras que las conexiones de Japón se limitan a algunas periferias estadounidenses sin vínculos europeos. Alemania se conecta principalmente con China y marginalmente con Estados Unidos.

En contraste, la categoría Equipamiento y mecanización (Anexo 10, Figura 23) muestra una configuración notablemente diferente: un único núcleo en Chicago conectado directamente con India, que también presenta concentración en esta categoría. Sorprendentemente, Asia no evidencia otros núcleos en la red, a diferencia de su distribución espacial.

Esta divergencia entre categorías revela la especialización geográfica del conocimiento acuícola. Mientras Composición de recursos muestra una red densa y multipolar con China como articulador central, Equipamiento y mecanización presenta una estructura bipolar Chicago-India,

sugiriendo nichos tecnológicos específicos.

Discusión: Relación Espacio-Red, escala países salmoneros.

De los países principalmente salmoneros solo Gran Bretaña presenta una posición central tanto a nivel de red como a nivel espacial. Esta condición se presenta a través de todas las categorías tecnológicas evidenciando su liderazgo.

Por su parte, Canadá presenta centralidad espacial en una sola categoría, pero tiene una mejor respuesta a nivel de red. En este ámbito presenta centralidad en la categoría de Manejo de semillas, Patología y prevención y Alimentos y organismos para alimentos.

A diferencia de Canadá, Australia, que presenta un nivel de concentración espacial en el grupo tecnológico para las enfermedades, se encuentra aislado en la red de relaciones. Dicha configuración se repite para todas las tecnologías. Es decir, Australia ocupa una posición de centralidad espacial en categorías como Patología y prevención y Mejora genética y tecnología de semillas, pero mantiene una posición periférica a nivel de red.

Noruega y Chile presentan respuestas similares. Sin embargo, Noruega revela centralidad o concentración espacial en la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas. Además, presenta una mayor conexión con otros países, a pesar de estar en condición de periferia en la red. En la visualización de las redes, Chile no aparece como relevante en ninguna categoría, lo que indica que participa en redes de carácter internas, o redes con muy pocas conexiones que fueron excluidas del análisis debido a su relevancia (menos de tres enlaces). Solo en la categoría de Patologías y prevención, Chile presenta un vínculo con Noruega, ambos en condición de periferia.

Tabla 5: Resumen posición topológica en la relación espacio/red para países salmoneros.

Categorías tecnológicas	Chile	Noruega	Gran Bretaña	Canadá	Australia
Mejora genética y tecnología de semillas	PP	CP	CC	CC	CP
Patología y prevención	PP	PP	CC	PC	PP
Alimentos y organismos para alimentos	PP	PP	CC	PC	PP
Manejo de semillas	PP	PP	CC	PP	PP
Recursos y componentes	PP	PP	CC	PP	PP
Equipamiento y mecanización	PP	PP	PP	PP	PP

Fuente: Elaboración propia en base a PASTAT 2024

A pesar de que tenemos resultados heterogéneos, las tecnologías de acuicultura tienden a producirse en una combinación de red Centro-Centro. No hay evidencia concluyente de que algún tipo de tecnología acuícola pueda darse de mejor manera en una configuración periférica, ya sea espacial o de red. Sin embargo, la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas, Patología y prevención y Alimentos y organismos para alimentos, muestran patrones de red más complejos, con conexiones más heterogéneas y presencias de núcleos en áreas más remotas.

En el caso de la salmonicultura chilena, no se puede hablar de la existencia de un clúster en términos ideales. Si bien hay una agrupación de actividades en la zona, esta se da por motivos productivos y de organización. Sin embargo, la categoría de Mejora genética y tecnología de semillas presenta una distribución menos urbana, apareciendo con aglomeraciones bajas en la zona sur de Chile. Esta presencia puede deberse a que el éxito de una nueva semilla o cría depende altamente de su adaptación en el ambiente donde debe desarrollarse.

Por otra parte, se observa los límites de las patentes científicas como indicador de innovación en las zonas periféricas. La ausencia de patentes científicas, sobre todo en el caso chileno, no indica necesariamente ausencia de innovación. Es posible que existan formas de innovación que no se traducen en una patente científica, o que puedan tener otro carácter diferente del tecnológico (innovaciones de procedimiento, de marca, entre otros). Sin embargo, las patentes son un buen indicador de los nichos tecnológicos que tienen mayor oportunidad de desarrollo, en el caso de Chile (Mejora genética y tecnología de semillas y Patología y prevención).

Conclusión

Los resultados revelan diversas combinaciones de estructuras núcleo-periferia espaciales y basadas en redes, lo que refleja la complejidad de definir estos entornos a lo largo de las categorías tecnológicas definidas.

La estructura centro-periferia identificada en las redes revela no solo distribuciones geográficas de innovación, sino también relaciones de dependencia tecnológica en la industria acuícola global. Los países que ocupan posiciones centrales en las redes (Estados Unidos, China, Japón, Reino Unido) no solo desarrollan más tecnologías, sino que controlan el flujo de conocimiento hacia las periferias. Pero y como mencionábamos anteriormente, la presencia de tecnologías con relaciones más complejas núcleo periferia, sugiere ir más allá del sesgo urbano.

Por otra parte, al observar la dimensión espacial, si bien hay una concentración importante en las zonas desarrolladas, la producción de conocimiento no se realiza en zonas acuícolas altamente productivas (a excepción de algunos casos). Países como Chile, a pesar de su importancia productiva, dependen fundamentalmente de innovaciones externas, lo que podría limitar su capacidad para desarrollar soluciones adaptadas a sus contextos locales específicos.

Además, el análisis, exceptuando China, Japón y Gran Bretaña, evidencia una importante desconexión entre centros productivos y desarrollo de tecnologías. Esta brecha tiene implicaciones significativas para la transferencia tecnológica y la aplicabilidad de las innovaciones. Las tecnologías desarrolladas en entornos urbanos y académicos distantes de las zonas productivas podrían carecer de adaptabilidad a las condiciones reales de cultivo, generando un desajuste entre la dirección de la innovación y las necesidades prácticas de la industria. Esto es más relevante en el caso de Chile, ya que, en los sistemas de innovación basados en recursos naturales, la importancia del entorno puede ocasionar que cierto tipo de tecnologías que sea útil en un contexto no lo sea en otro.

Si bien a nivel espacial la concentración es principalmente urbana, y en países del norte global, en la red la distribución es presenta más matices. En ese sentido el enfoque no normativo de Gluckler (2023), que incluye la dimensión de red, muestra un avance en los modelos para comprender el rol de las periferias en la innovación, ya que como revisamos en el apartado literario varios debates estudian el rol de la periferia centrándose en los resultados espaciales.

Retomando el trabajo de Eder y Tripl, 2019, los tipos específicos de innovación juegan un rol clave en el éxito de un sector económico en una zona remota, y releva la importancia de otras aristas de la innovación como la capacidad de absorción de conocimientos, y los roles o vínculos

que se pueden mantener con otros actores no locales. Es un hecho que la salmonicultura chilena abastece mercados mundiales (Eder y Tripl, 2019).

Las conexiones específicas entre países salmoneros (como la identificada entre Chile y Noruega en Patología y prevención) revelan patrones históricos de transferencia tecnológica y colaboración. Estas conexiones no son meramente científicas, sino que reflejan trayectorias de desarrollo industrial y relaciones económicas establecidas. El papel periférico de Chile en estas redes, pese a ser el segundo productor mundial de salmón, sugiere que su modelo de desarrollo se ha basado principalmente en la adopción de tecnologías externas más que en la generación endógena de innovaciones, configurando una dependencia tecnológica estructural.

La baja presencia de patentes evidencia una industria con características jóvenes en donde la apropiabilidad del conocimiento no suele ser tan llamativa, o las empresas no cuentan con las capacidades técnicas para realizarla. De esta manera, sería útil incluir otros indicadores sobre I+D que puedan explicar la falta de interés de las empresas en la creación de estos conocimientos.

Otro hallazgo relevante, es la definición de clúster que en sentido estricto no puede aplicarse al caso chileno. Esto se debe al rol que ocupa el conocimiento en las teorías de concentración espacial para los clústeres, que no se ve reflejado en la industria chilena, o al menos no en su forma ideal. Sin embargo, se puede desmitificar la idea de que las periferias son un lugar yermo para la innovación, a pesar de que no existe una alta concentración, si existe producción de conocimientos. Otras aproximaciones de carácter cualitativo pueden revelar resultados más interesantes de adopción o adecuación tecnológica.

Comprender los mecanismos específicos que originan diversas configuraciones espaciales y de red, especialmente en relación con los diferentes tipos tecnológicos, representa un avance importante para entender cómo se desplaza la tecnología a lo largo de los lugares y las relaciones entre países, a pesar de que no existan pruebas concluyentes de que las periferias sean especialmente relevantes en todos los tipos tecnológicos.

Lista de siglas

APSTCH - Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile

CEPAL - Comisión Económica para América Latina

CNIPA - China National Intellectual Property Administration

CORFO - Corporación de Fomento de la Producción

CRISPR - Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

CTCI - Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

EPO - European Patent Office / Oficina Europea de Patentes

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FCR - Factor de Conversión de Alimento

GLAC - Great Lakes Aquaculture Collaborative

I+D - Investigación y Desarrollo

IFOP - Instituto de Fomento Pesquero

INE - Instituto Nacional de Estadísticas

INTEC - Instituto de Tecnología

INTESAL - Instituto Tecnológico del Salmón

ISA - Anemia Infecciosa del Salmón

ISIC - Clasificación Industrial Internacional Uniforme

JICA - Japan International Cooperation Agency / Agencia de Cooperación Internacional de Japón

JPO - Japan Patent Office / Oficina Japonesa de Patentes

KDE - Kernel Density Estimation

KMI - Korea Maritime Institute

NACE2 - Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, versión 2

NFSA - Norwegian Food Safety Authority / Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria

OAOS - Operación Acuícola en Alta Mar

OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OMPI - Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

OSM - OpenStreetMap

PASTAT - Global Patent Statistical Database

PCT - Patent Cooperation Treaty **PIB** -

Producto Interno Bruto **REGPAT** -

Regional Patent Database

SALMOCHILE - Asociación de la Industria del Salmón de Chile

SITC - Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional

TIS - Technological Innovation System / Sistema de Innovación Tecnológica

USPTO - United States Patent and Trademark Office / Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos

Bibliografía

Acs, Z., y Audretsch, D. (1989). Patents' Innovative Activity. *Eastern Economic Journal*, 15 (4), 373-376.

Acs, Z. J. (2003). *Innovation and the growth of cities*. Edward Elgar.

Afewerki, S., Osmundsen, T., Olsen, M. S., Størkersen, K. V., Misund, A., y Thorvaldsen, T. (2023). Innovation policy in the Norwegian aquaculture industry: Reshaping aquaculture production innovation networks. *Marine Policy*, 152, 105624. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105624>

Alcácer, J., y Zhao, M. (2016). Zooming in: A practical manual for identifying geographic clusters. *Strategic Management Journal*, 37(1), 10-21. <https://doi.org/10.1002/smj.2451>

Alvarez, R. (2024, agosto 29). *Hidrógeno verde y electromovilidad: Netzero Salmon Summit impulsa la sostenibilidad en la acuicultura*. AQUA. <https://www.aqua.cl/hidrogeno-verde-y-electromovilidad-netzero-salmon-summit-impulsa-la-sostenibilidad-en-la-acuicultura/>

Amin, A., y Cohendet, P. (2004). *Architecture of Knowledge. Firms, Capabilities, and Communities*. Oxford University Press.

Andersen, Allan, y Wicken, O. (2016). Natural resource knowledge idiosyncrasy, innovation, industry dynamics, and sustainability. *Centre for technology, innovation and culture*. <http://ideas.repec.org/s/tik/inowpp.html>

Archibugi, D. (1992). Patenting as an indicator of technological innovation: A review. *Science and Public Policy*, 19. <https://doi.org/10.1093/spp/19.6.357>

Asche, F. (2008). Farming the sea. *Marine Resource Economics*, 23(4). <https://www.jstor.org/stable/42629678>

Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., y Zhang, D. (2013). Salmon Aquaculture: Larger Companies and Increased Production. *Aquaculture Economics y Management*, 17(3), 322-339. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812156>

Asche, F., y Tveterås, S. (2004). On the Relationship Between Aquaculture and Reduction Fisheries. *Journal of Agricultural Economics*, 55(2), 245-265. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00095.x>

Audretsch, B. (1998). Agglomeration and the location of innovative activity. *Oxford Review of Economic Policy*, 14(2), 18-29. <https://doi.org/10.1093/oxrep/14.2.18>

Audretsch, D. B., y Feldman, M. P. (1996). RyD Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *The American Economic Review*, 86(3), 630-640.

Barrientos, C. (2022, marzo 9). *40 años de salmonicultura chilena: Una historia en constante evolución*. AQUA. <https://www.aqua.cl/salmonicultura-chilena-una-historia-en-constante-evolucion/>

Barton, J. R., Baeza-González, S., Hopp, J. Z., y Román, Á. (2023). Neostructural innovation and directionality in Chilean salmon aquaculture. *Marine Policy*, 150, 105518. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105518>

Bas, T., Amorós, J., y Kunk, M. (2008). Innovation, Entrepreneurship and Clusters in Latin America Natural Resource – Implication and Future Challenges. *Journal of Technology Management y Innovation*, 3(4), 52-65. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242008000200005>

Bathelt, H., Malmberg, A., y Maskell, P. (2002). Clusters and Knowledge: Local Buzz, Global Pipelines and the Process of Knowledge Creation. *Progress in Human Geography*, 28. <https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa>

Bergek, A., Hekkert, M. P., y Jacobsson, S. (2007). Functions in Innovation Systems: A framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system building activities by entrepreneurs and policy makers. *Innovation for a Low Carbon Economy: Economic, Institutional and Management Approaches*, 79-111.

Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., y Rickne, A. (2008a). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>

Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., y Rickne, A. (2008b). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>

Bjørndal, T. (2002). The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquaculture Economics y Management*, 6(1-2), 97-116. <https://doi.org/10.1080/13657300209380306>

Borgatti, S., y Everett, M. (2000). Models of Core/Periphery Structures. *Social Networks*, 21, 375-395. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(99\)00019-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(99)00019-2)

Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61-74. <https://doi.org/10.1080/0034340052000320887>

Boschma, R., y Lambooy, J. (1999). Evolutionary Economics and Economic Geography. *Journal of Evolutionary Economics*, 9, 411-429. <https://doi.org/10.1007/s001910050089>

Breschi, S., y Lissoni, F. (2001). Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey. *Industrial and Corporate Change*, 10, 975-1005. <https://doi.org/10.1093/icc/10.4.975>

Breschi, S., y Lissoni, F. (2003). *Mobility and Social Networks: Localised Knowledge Spillovers Revisited*.

Breschi, S., y Malerba, F. (1997). Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes. Schumpeterian Dynamics. And Spatial Boundaries. En *Systems of innovation: Technologies, institutions, and organizations (1ed., 130-152)*. Pinter.

Bustos, B. (2015). Moving on? Neoliberal continuities through crisis: the case of the Chilean salmon industry and the ISA virus. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 33(6), 1361-1375. <https://doi.org/10.1068/c1316>

Cantner, U., Hinzmann, S., y Wolf, T. (Eds.). (2017). *Knowledge and Networks* (Vol. 11). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45023-0>

Carrera, N. Í. (2020). Breve historia de la acuicultura y salmonicultura en el sur de Chile(1856-2000). *RTR. Revista Territorios y Regionalismos*, 3(3), 36-49. <https://doi.org/10.29393/RTR3-3NCBH10003>

Chavez, C., Dresdner, J., Figueroa, Y., y Quiroga, M. (2019). Main issues and challenges for sustainable development of salmon farming in Chile: A socio-economic perspective. *Reviews in Aquaculture*, 11. <https://doi.org/10.1111/raq.12338>

Cohen, W., y Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: Two faces of RyD. *Economic Journal*, 99, 569-596. <https://doi.org/10.2307/2233763>

Cooke, P. (2004). Regional knowledge capabilities, embeddedness of firms and industry organisation: Bioscience megacentres and economic geography. *European Planning Studies - EUR PLAN STUD*, 12, 625-641. <https://doi.org/10.1080/0965431042000219987>

Cordua, J., y Klima, F. (2017). *La fundación Chile en el tiempo: Historia, trayectoria e impacto*. Fundación Chile (956-8200). https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/09/fundacion_chile-en_el_tiempo.pdf

Csardi, G., y Nepusz, T. (2006). *The igraph software package for complex network research*. InterJournal, Complex Systems, 1695. Disponible en: <https://igraph.org>

Dahmén, E. (1991). *Development blocks and industrial transformation: The Dahménian approach to economic development*. Industrial Institute for Economic and Social Research.

Dosi, G. (2000). *Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781782541851>

Dosi, G., y Malerba, F. (1996). Organizational Learning and Institutional Embeddedness. En G.

Dosi y F. Malerba (Eds.), *Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise* (pp. 1-24). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-13389-5_1

Eder, J. (2018). Innovation in the Periphery: A Critical Survey and Research Agenda. *International Regional Science Review*, 42(2), 119-146. <https://doi.org/10.1177/0160017618764279>

Eder, J., y Tripl, M. (2019). Innovation in the periphery: Compensation and exploitation strategies. *Growth and Change*, 50(4), 1511-1531. <https://doi.org/10.1111/grow.12328>

Edquist, C. (2013). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203357620>

Factor de conversión de alimento (FCR). (s. f.). Salmones Camanchaca. Recuperado 29 de enero de 2025, de <https://salmonescamanchaca.cl/>

Figuroa, C. (2015). *Auge y Crisis de la industria salmonera en la Región de los Lagos entre los años 1973 y 2010* [Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fff475a/doc/fff475a.pdf>

Fløysand, A. (2015). Salmonicultura en Chile e inversiones noruegas: ¿beneficios a corto plazo o desarrollo sustentable? En *Revolución salmonera: Paradojas y transformaciones territoriales en Chiloé*. Colección Estudios Urbanos UC. <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp->

content/uploads/2020/01/9789560102560-Roman-2015-Revoluci%C3%B3n-salmonera.pdf

Fløysand, A., y Jakobsen, S.-E. (2016). Industrial renewal: Narratives in play in the development of green technologies in the Norwegian salmon farming industry. *The Geographical Journal*, 183. <https://doi.org/10.1111/geoj.12194>

FAO. (2022). *GLOBEFISH Trade Statistics—Salmon Q2 2022*.

FAO. (2024). *Salmon industry projected to be the most profitable aquaculture sector in the first half of 2024*. 10.

FAO (s. f.). *Fisheries and aquaculture statistics*. Recuperado 21 de abril de 2025, de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11737cb2-da41-4ee6-8805-de5ca084a823/content>

FAO. 2017. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015 (FishstatJ). [“http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en”](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en) <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>

FAO. (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>

Garcés, J. (2023, septiembre 8). *Las nuevas tecnologías en las que avanza Mowi Chile*. <https://www.salmonexpert.cl/mowi/las-nuevas-tecnologias-en-las-que-avanza-mowi-Chile/1565916>

Gertler, M. S. (2003). Tacit knowledge and the economic geography of context, or The undefinable tacitness of being (there). *Journal of Economic Geography*, 3(1), 75-99. <https://doi.org/10.1093/jeg/3.1.75>

Gertler, M. S., y Levitte, Y. M. (2005). Local Nodes in Global Networks: The Geography of Knowledge Flows in Biotechnology Innovation. *Industry y Innovation*, 12(4), 487-507. <https://doi.org/10.1080/13662710500361981>

Glasmeier, A. (1988). Factors Governing the Development of High Tech Industry Agglomerations: A Tale of Three Cities. *Regional Studies*, 22(4), 287-301. <https://doi.org/10.1080/00343408812331344980>

Hagedoorn, J., y Cloudt, M. (2003). Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? *Research Policy*, 32(8), 1365-1379. <https://doi.org/10.1016/S0048->

7333(02)00137-3

Hall, B. H. (2024). Patents, innovation, and development. *International Review of Applied Economics*, 38(1-2), 17-42. <https://doi.org/10.1080/02692171.2021.2022295>

Hansen, M. (1999). The search-transfer problem: The role of weak ties in sharing knowledge across organization studies. *Thousand Oaks*, 44(1). <https://www.proquest.com/docview/203987871/fulltextPDF/B2056D111AF54584PQ/1?accountid=15690sourcetype=Scholarly%20Journals>

Hassink, R., Fornahl, D., y Menzel, M.-P. (2015). Broadening Our Knowledge on Cluster Evolution. *European Planning Studies*, 23. <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1016654>

Hersoug, B. (2022). “One country, ten systems” – The use of different licensing systems in Norwegian aquaculture. *Marine Policy*, 137, 104902. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104902>

Historia de la industria en Chile. (s. f.). *Consejo del Salmón*. Recuperado 29 de enero de 2025, de <https://www.consejodelsalmon.cl/historia-de-la-industria-en-chile/>

Hosono, A., Iizuka, M., y Katz, J. (Eds.). (2016). *Chile's Salmon Industry*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55766-1>

Iammarino, S., y McCann, P. (2006). The structure and evolution of industrial clusters: Transactions, technology and knowledge spillovers. *Research Policy*, 35(7), 1018-1036. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.05.004>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2019). *Estudio de Caracterización de la industria salmonera*. https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-x/estadisticas/estructura-de-la-industria-del-salmon/publicaciones/estudios/caracterizaci%C3%B3n-industria-salm%C3%B3n.pdf?sfvrsn=8bc70bf5_4

Institutodelaguaes. (2024, enero 12). Tanques de Acuicultura Tipo Mesa: La Innovación Revolucionando la Industria Acuícola. *Instituto del Agua*. <https://institutodelagua.es/acuicultura/tanques-de-acuicultura-tipo-mesaacuicultura/>

Jaffe, A., Henderson, R., y Trajtenberg, M. (1993). Geographic Localization of Knowledge Spillovers As Evidenced By Patent Citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 108, 577-598. <https://doi.org/10.2307/2118401>

Katz, J. (2006). Salmon Farming in Chile. En *Technology, adaptation, and Exports*. Vandana Chandra.

Kim, L. (2009). Intellectual Property Rights and Sustainable Development. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1507456>

Kirat, T., y Lung, Y. (1999). Innovation and Proximity Territories as Loci of Collective Learning Processes. *European Urban and Regional Studies*, 6, 27-38. <https://doi.org/10.1177/096977649900600103>

Kogut, B., y Zander, U. (1992). Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. *Organization Science*, 3(3), 383-397. <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.383>

Kojaku, S., y Masuda, N. (2017). Finding multiple core-periphery pairs in networks. *Physical Review E*, 96. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.052313>

Kojaku, S., y Masuda, N. (2018). Core-periphery structure requires something else in the network. *New Journal of Physics*, 20(4), 043012. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aab547>

Kühn, M. (2015). Peripheralization: Theoretical Concepts Explaining Socio-Spatial Inequalities. *European Planning Studies*, 23(2), 367-378. <https://doi.org/10.1080/09654313.2013.862518>

Kumar, G., y Engle, C. R. (2016). Technological Advances that Led to Growth of Shrimp, Salmon, and Tilapia Farming. *Reviews in Fisheries Science y Aquaculture*, 24(2), 136-152. <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1112357>

Kumar, G., Engle, C., y Tucker, C. (2018). Factors Driving Aquaculture Technology Adoption. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49. <https://doi.org/10.1111/jwas.12514>

La evolución del FCR en la industria del salmón de Chile. (2015, enero 12). AQUA. <https://www.aqua.cl/salmonicultura-los-valores-actuales-de-factor-de-conversion-de-alimentos/>

Lambooy, J., y Boschma, R. (2001). Evolutionary economics and regional policy. *The Annals of Regional Science*, 35. <https://doi.org/10.1007/s001680000033>

Leith, P., Ogier, E., y Haward, M. (2014). Science and Social License: Defining Environmental Sustainability of Atlantic Salmon Aquaculture in South-Eastern Tasmania, Australia. *Social Epistemology*, 28(3-4), 277-296. <https://doi.org/10.1080/02691728.2014.922641>

Levin, R., Klevorick, K., Nelson, R., Winter, S., Gilbert, R., y Griliches, Z. (1987). Appropriating

the Returns from Industrial Research and Development. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1987(3), 783. <https://doi.org/10.2307/2534454>

Lindfors, E. (2022). Radical path transformation of the Norwegian and Tasmanian salmon farming industries. *Regional Studies, Regional Science*, 9(1), 757-775. <https://doi.org/10.1080/21681376.2022.2148555>

Lissoni, F., y Miguelez, E. (2014). Patents, Innovation and Economic Geography Forthcoming in “The WIPO Journal” Special Issue on Intellectual Property and Economic Geography. *Cahiers du GREThA*, 16. <https://cahiersdugretha.u-bordeaux.fr/2014/2014-16.pdf>

Lizuka, M., y Zanlungo, J. P. (Eds.). (2016). Environmental Collapse and Institutional Restructuring: The Sanitary Crisis in the Chilean Salmon Industry. En *Chile's Salmon Industry*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55766-1>

Lundvall, B. (2007). National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. *Industry y Innovation*, 14(1), 95-119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>

Lybbert, T. J., y Zolas, N. J. (2014). Getting patents and economic data to speak to each other: An ‘Algorithmic Links with Probabilities’ approach for joint analyses of patenting and economic activity. *Research Policy*, 43(3), 530-542. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.09.001>

Malmberg, A., y Maskell, P. (2002). The Elusive Concept of Localization Economies: Towards a Knowledge-Based Theory of Spatial Clustering. *Environment and Planning A*, 34, 429-449. <https://doi.org/10.1068/a3457>

Martin, R., Cooke, P., & Asheim, B. (2006). Problems and Prospects for clusters in theory and Practice. En B. Asheim, P. Cooke, & R. Martin (Eds.), *Clusters & Regional Development*. Routledge.

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., d’Orbcastel, E. R., y Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>

Mathis, M. L., y Baker, P. B. (2002). Assurance bonds: A tool for managing environmental costs in aquaculture. *Aquaculture Economics y Management*, 6(1-2), 1-17. <https://doi.org/10.1080/13657300209380300>

Marshall, A. 1920. *Industry and Trade*. London: Macmillan

Meng, D., Yang, X., Wang, Z., Liu, Y., Zhang, J., Liu, X., y Liu, B. (2024). Spatial Distribution and Differentiation Analysis of Coastal Aquaculture in China Based on Remote Sensing Monitoring. *Remote Sensing*, 16(9), 1585. <https://doi.org/10.3390/rs16091585>

Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. (2022). *The 98th statistical yearbook of ministry of agriculture, forestry and fisheries*. <https://www.maff.go.jp/e/data/stat/98th/index.html>

Montero, C. y CEPAL. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. (2004). *Formación y desarrollo de un cluster globalizado: El caso de la industria del salmón en Chile*. CEPAL. Oficina de Pesca, Ministerio de agricultura. (2023). Anuarios de Estadísticas Pesqueras de China, 1979-2023.

<https://data.oversea.cnki.net/yearBook/single?nav=%E7%BB%9F%E8%AE%A1%E5%B9%B4%E9%89%B4&id=N2024110295ypinyinCode=YINFN>

Orsenigo, L., y Malerba, F. (2000). Knowledge, Innovative Activities and Industrial Evolution. *Industrial and Corporate Change*, 9, 289-313. <https://doi.org/10.1093/icc/9.2.289>

Pandey, R., Asche, F., Misund, B., Nygaard, R., Adewun, O. M., Straume, H.-M., y Zhang, D. (2023). *Production growth, company size, and concentration: The case of salmon*.

Park, W., y Lippoldt, D. (2008). *Technology Transfer and the Economic Implications of the Strengthening of Intellectual Property Rights in Developing Countries* (OECD Trade Policy Papers No. 62; OECD Trade Policy Papers, Vol. 62). <https://doi.org/10.1787/244764462745>

Parzen, E. (1962). On Estimation of a Probability Density Function and Mode. *Annals of Mathematical Statistics*, 33, 1065-1076.

Paspatis, M., y Boujard, T. (1996). A comparative study of automatic feeding and self-feeding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets of different energy levels. *Aquaculture*, 145, 245-257.

Pedersen, T. L. (2020). *tidygraph: A tidy API for graph manipulation*. R package version 1.2.0. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=tidygraph>

Perlman, H., y Juárez-Rubio, F. (2010). Industrial Agglomerations: The Case of the Salmon Industry in Chile. *Aquaculture Economics y Management*, 14(2), 164-184. <https://doi.org/10.1080/13657301003776714>

Perlman, H., y Juárez-Rubio, F. (2010). INDUSTRIAL AGGLOMERATIONS: THE CASE OF THE SALMON INDUSTRY IN CHILE. *Aquaculture Economics y Management*, 14(2), 164-184. <https://doi.org/10.1080/13657301003776714>

Polanyi, K. (1957). *The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Time*. Boston: Beacon Press.

Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1998/11/clusters-and-the-new-economics-of-competition?language=es>

Porter, M. E. (2000). Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy. *Economic Development Quarterly*, 14(1), 15. <https://doi.org/10.1177/089124240001400105>

Rallet, A., y Torre, A. (2009). Temporary Geographical Proximity for Business and Work Coordination: When, How and Where? *SPACES*.

Reeb, D., y Zhao, W. (2020). Patents Do Not Measure Innovation Success. *Critical Finance Review*, 9, 157-199. <https://doi.org/10.1561/104.00000087>

Rosenblatt, M. (1956). Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Annals of Mathematical Statistics*, 27(3), 832-837.

Marine Harvest. (2022). Salmon Farming Industry Handbook 2019.

Saxenian, A. (1996). Inside-Out: Regional Networks and Industrial Adaptation in Silicon Valley and Route 128. *Cityscape*, 2(2), 41-60.

Schumpeter, J. A. (1961). *Capitalismo, socialismo y democraci*. Fondo de Cultura. <https://docs.google.com/file/d/0B7Kmav1S0xnaNkR5dlpKeFExMzA/edit?resourcekey=0-mjdV0FtQMxm9OARcuExAOA>

Shearmur, R. (2015). Far from the Madding Crowd: Slow Innovators, Information Value, and the Geography of Innovation. *Growth and Change*, 46. <https://doi.org/10.1111/grow.12097>

Signorelli, M. (2021). *netUtils: Core-periphery and other network partitioning methods*. R package version 0.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=netUtils>

Smith, M., Asche, F., Guttormsen, A., y Wiener, J. (2010). Genetically Modified Salmon and Full Impact Assessment. *Science (New York, N.Y.)*, 330, 1052-1053.

<https://doi.org/10.1126/science.1197769>

Soskice, D., y Hall, P. (2001). Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage. En *In Peter Hall and David Soskice (eds)* (Vol. 28).

Stek, P. E. (2021). Identifying spatial technology clusters from patenting concentrations using heat map kernel density estimation. *Scientometrics*, 126(2), 911-930. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03751-8>

Taranger, G. L., Boxaspen, K. K., Madhun, A. S., y Svåsand, T. (2011a). Risk assessment - environmental impacts of Norwegian aquaculture. Institute of Marine Research, Norway.

Taranger, G. L., Svåsand, T., Kvamme, B. O., Kristiansen, T., y Boxaspen, K. K. (2011b). Risk assessment of Norwegian aquaculture [Risikovurdering norsk fiskeoppdrett]. *Fisken og havet* (Special Issue 3-2011).

Taranger, G. L., Svåsand, T., Kvamme, B. O., Kristiansen, T., y Boxaspen, K. K. (2012a). Risk assessment of Norwegian aquaculture 2012. Institute of Marine Research, Norway.

Tödtling, F., y Tripl, M. (2005). One Size Fits All? Towards a Differentiated Regional Innovation Policy Approach. *Research Policy*, 34, 1203-1219. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.018>

Torre, A., y Gilly, J.-P. (2000a). *1 Proximity Relations: Elements for an Analytical Framework*.

Torre, A., y Gilly, J.-P. (2000b). On the Analytical Dimension of Proximity Dynamics. *Regional Studies*, 34, 169-180. <https://doi.org/10.1080/00343400050006087>

Tveterås, R. (2002). Industrial Agglomeration and Production Costs in Norwegian Salmon Aquaculture. *Marine Resource Economics*, 17. <https://doi.org/10.1086/mre.17.1.42629345>

Udhwani, T., Dean, K., Sommerset, I., y Helgesen, K. (2025). Quality assessment of fish vaccine data in the Norwegian Veterinary Prescription Register (VetReg). *BMC Veterinary Research*, 21. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04460-7>

Utterback, J. M., y Abernathy, W. J. (1975). *A Dynamic Model of Process and Product Innovation*. 3(6), 639-656.

Vera Garnica, J. (2009). Cluster del Salmón en Chile: Análisis de los factores de competitividad a escala internacional. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(47), 343-370.

Virkkala, S. (2007). Innovation and Networking in Peripheral Areas—A Case Study of Emergence and Change in Rural Manufacturing. *European Planning Studies - EUR PLAN STUD*, *15*, 511-529. <https://doi.org/10.1080/09654310601133948>

Vo, T. T. E., Ko, H., Huh, J.-H., y Kim, Y. (2021). Overview of Smart Aquaculture System: Focusing on Applications of Machine Learning and Computer Vision. *Electronics*, *10*(22), 2882. <https://doi.org/10.3390/electronics10222882>

Wang, Y., Bass, A., Hinch, S., Li, S., Di Cicco, E., Kaukinen, K., Ferguson, H., Ming, T., Patterson, D., y Miller, K. (2023). Infectious agents and their physiological correlates in early marine Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Conservation Physiology*, *11*. <https://doi.org/10.1093/conphys/coad031>

World Intellectual Property Organization. (s. f.). *World Intellectual Property Indicators 2021*. Unknown. <https://doi.org/10.34667/TIND.44461> Yanchenko, E., y Sengupta, S. (2023). Core-periphery structure in networks: A statistical exposition. *Statistics Surveys*, *17*. <https://doi.org/10.1214/23-SS141>

Anexos

Anexo 1. Tabla 7 Comparación cuantitativa de los términos de la función de búsqueda y la sintaxis de Oh y Kim (2014).

Categorías	Primera función de búsqueda: Search_aquaculture_patents	% de	Segunda función de búsqueda: Search_aquaculture_patents_new	% de	Expresión de búsqueda de Oh v Kim (2014)	% de	Operadores booleanos F1 y F2	
Mejora genética y tecnología de semillas	67	21.6	67	30.7	65	23.5	Si	Si
Gestión de crías	38	12.3	38	17.4	45	16.2	Si	Si
Alimentos y organismos para alimentos	29	9.4	30	13.8	30	10.8	No	Si
Equipamiento y mecanización	36	11.6	33	15.1	35	12.6	Si	Si
Patología y prevención	127	41.0	36	16.5	90	32.5	No	Si
Composición de recursos	13	4.2	14	6.4	12	4.3	No	Si
TOTAL	310		218		277			
Tipo de patrón				Uso aproximado en Search_aquiculture_patents				
Límites de palabra (\b)				33% de los términos				
Comodines (\w*)				37% de los términos				
Patrones de frases (\s+)				13% de los términos				

Fuente: Elaboración propia en base a términos de búsqueda para patentes acuícolas de Oh y kim (2014) y términos de las funciones de búsqueda.

Anexo 2. Tabla 8 Expresiones de búsqueda de Search_aquaculture_patents y Search_aquaculture_patents_new

Categorías	Subcategorías	Search_aquaculture_patents_new ⁸⁶	Search_aquaculture_patents
Mejora genética y tecnología de semillas ⁸⁷	Natural seed production	Sin modificaciones	"seed", "larva", "sperm", "collect.* harvest.*", "oosperm", "egg", "fish", "aquar"
	Artificial Seed Production	Sin modificaciones	\\bartifi\\w*, "\\bseed\\w*", "\\bproduc\\w*", "\\bnatural\\w*", "\\bmaturat\\w*", "\\binduc\\w*", "\\bfertiliz\\w*", "\\bcollect\\w*", "\\bharvest\\w*", "\\begg\\w*", "\\bblood\\w*", "\\bmanag\\w*", "\\bsexual\\w*", "artifi\\w* s+seed", "seed\\s+produc", "sexual\\s+maturat", "maturat\\s+induc", "artifi\\w* s+fertiliz", "collect\\w* s+egg", "harvest\\w* s+egg", "blood\\w* s+manag", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w* s+artificial", "\\banimal\\w* s+aquarium", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w* s+squirt", "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w* s+algae", "\\bbrown\\w* s+algae", "\\bred\\w* s+algae", "\\bgreen\\w* s+algae"
	Breeding and quality improvement	Sin modificaciones	\\bbreed\\w*, "\\bGMO\\b", "\\bgenetic\\w*", "\\bsex\\w*", "\\breversal\\w*", "\\bhybrid\\w*", "\\bcross\\w*", "\\bvariety\\w*", "\\btrait\\w*", "\\bimprov\\w*", "\\btransform\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "sex\\w* s+reversal", "improv\\w* s+transform", "transform\\w* s+manage", "improv\\w* s+manage", "\\baquarium\\w*", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w* s+squirt", "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w* s+algae", "\\bbrown\\w* s+algae", "\\bred\\w* s+algae", "\\bgreen\\w* s+algae")

⁸⁶ Aplicada solo a patentes de Chile, Noruega, Canadá, Reino Unido y Australia.

⁸⁷ Incluye términos relacionados con genética, selección, hibridación y mejora de líneas.

Categorías	Subcategorías	Search_aquaculture_patents_new ⁸⁶	Search_aquaculture_patents
Gestión de crías ⁸⁸	Standardized Gestión de crías	Sin modificaciones	\\baquaculture\\w*, "\\bbreeding\\w*" "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*" "\\baquarium\\b", "\\bproduct\\w*\\s+cost\\w*" "\\bheating\\w*\\s+cost\\w*" "\\bmainten\\w*\\s+cost\\w*" "\\bcost\\w*\\s+reduc\\w*" "\\bcost\\w*\\s+retrench\\w*" "\\bautomat\\w*" "\\bintensive\\w*" "\\bstandardiz\\w*"
	Development of new training methods	Sin modificaciones	\\baquaculture\\w*, "\\bbreeding\\w*" "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*" "\\baquarium\\b", "\\bcircular\\w*\\s+filt\\w*" "\\brecirculat\\w*\\s+system\\w*" "\\bactive\\w*\\s+sludge\\w*" "\\benergy\\w*\\s+expense" "\\benergy\\w*\\s+cost\\w*" "\\bexpense\\w*\\s+reduc\\w*" "\\bcost\\w*\\s+retrench\\w*" "\\bcost\\w*\\s+reduc\\w*" "\\bfiltrat\\w*", "bpercolat\\w*" "\\bfiller\\w*" "\\bmicroorganism\\w*" "\\bmicrobe\\w*", "bbacteria\\w*"
	Development of conservation-type breeding techniques	Sin modificaciones	\\bopensea\\w*\\s+cage\\w*\\s+culture\\w*, "bpolyculture\\w*" "\\brecycl\\w*\\s+rear\\w*\\s+water\\w*" "\\brecirculat\\w*\\s+system\\w*" "\\baquaculture\\w*" "\\bbreeding\\w*" "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*", "brecycl\\w*\\s+rear\\w*\\s+water\\w*"
Alimentos y organismos para alimentos ⁸⁹	Fodder development and alternative feed	"\\bformula\\w*" "\\bartific\\w*" "\\bmethod\\w*" "\\bfeed\\w*" "\\bdiet\\w*" "\\bfodder\\w*" "\\baquaculture\\w*" "\\banimal\\w*" "\\bnutrition\\w*" "\\bsupplement\\w*"	formula, "artific", "method", "feed", "diet", "fodder", "aquaculture", "animal"
	Development of bio-feed	"\\brotifer\\w*" "\\bartemia\\w*" "\\bchlorella\\w*" "\\bcopepod\\w*" "\\bdaphnia\\w*" "\\bwater\\w*\\s+flea\\w*" "	"rotifer", "artemia", "chlorella", "copepod", "daphnia", "water", "flea", "tintinn", "brachionu", "moina", "scripps", "fuclarvia", "phite", "food", "shrimp", "biolog", "diet", "feed", "fodder", "aquaculture", "breed"

⁸⁸ Abarca producción de semillas, desove inducido, fertilización artificial y tecnologías de incubación.

⁸⁹ Incluye formulaciones de alimentos artificiales, dietas y alimentación natural.

Categorías	Subcategorías	Search_aquaculture_patents_new ⁸⁶	Search_aquaculture_patents
		"\btintinn\w*", "\bbrachionu\w*", "\bmoina\w*", "\bscripps\w*", "\bfuclarvia\w*", "\bphite\w*", "\bfood\w*", "\bshrimp\w*", "\bbiolog\w*", "\bdiet\w*", "\bfodder\w*", "\baquaculture\w*", "\bbreed\w"	
Equipamiento y mecanización ⁹⁰	Materials development	Sin modificaciones	\\baquaculture\w*, \\bbreeding\w*, \\baqua\w*\s+animal\w*", "\\bheat\w*\s+pump\w*", \\bdrum\w*\s+screen\w*", \\bskimmer\w*, \\bozone\w*\s+sterilizer", \\bair\w*\s+stone\w*", \\bair\w*\s+pump\w*", \\bfeeder\w*", "\\bcleaner\w*", \\bsterilizer\w"
	Modernization and facilities	Sin modificaciones	\\baquaculture\w*, \\bbreeding\w*, \\baqua\w*\s+animal\w*", \\bauto\w*\s+feeder\w*", \\bartific\w*\s+feeder\w*", \\bincubat\w*", \\bfish\w*\s+finder\w*", \\bunderwater\w*\s+camera\w*", \\bconveyor\w*", "\\bbrim\w*", \\brim\w*", "\\bhem\w*"),
	Environmental improvement and control	Sin modificaciones	\\baquaculture\w*, \\bbreeding\w*, \\baqua\w*\s+animal\w*", \\bultraviolet\w*", "\\bozone\w*", \\benvironment\w*\s+improv\w*", \\bmonitor\w*", \\bwater\w*\s+quality\w*", \\bmeasure\w*", "\\bmonitor\w"
Patología y prevención ⁹¹	Rapid diagnosis of infectious diseases of major varieties	\b(Pasteurella Pasteurellosis Vibrio Flexibacter Streptococcus Aeromonas Edwardsiella)\b, \b(VWD Viral whirl viruses IPN IHN VHS SVC RSIV adenovirus VNN)\b, \b(Trematod fluke Gymnophalloides Entobdella Marteilioides Dactylogyrus Gyrodactylus Microcotyle)\b,	"Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl", "diseas", "Trematod", "fluke", "Gymnophalloides", "Entobdella", "Marteilioides", "septicemia", "Sepsis", "Snout", "ulcer", "liver", "syndrome", "Flexibacter", "gliding", "bacteria", "Streptococcus", "Edward", "Aeromonas", "Edwardsiella", "spot", "scutica", "Dactylogyrus", "Gyrodactylus", "Microcotyle",

⁹⁰ Abarca infraestructura, tanques, jaulas, sistemas de recirculación y monitoreo.

⁹¹ Comprende patógenos, tratamientos, prevención, vacunas y diagnóstico.

Categorías	Subcategorías	Search_aquaculture_patents_new ⁸⁶	Search_aquaculture_patents
		\bdiseas\w*,septicemia, Sepsis,\bulcer\w*, \blive\w*\s+syndrome, \bspot\w*, scutica, \bdiagno\w*, \bprognos\w*	"virus", "IPN", "IHN", "VHS", "SVC", "RSIV", "adenovirus", "VNN", "diagno", "prognos", "fish", "aquaculture", "shellfish", "shrimp"
	Treatment and prevention of infectious diseases, the main varieties	"\byellow\w*" "\bgilding\w*" "\s+bacteria\w*" "\b(carp catfish eel tilapia) \b" ,\bSea\w*" "\s+pineapple\w*" "\bHalocynthia\b" "\btreat\w*" "\bcur\w*" "\bred\w*" "\bprophylaxis\w*" "\bprevent\w*"	"Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl", "diseas", "Trematod", "fluke", "Gymnophalloides", "Entobdella", "Marteilioides", "septicemia", "Sepsis", "Snout", "ulcer", "liver", "syndrome", "yellow", "Flexibacter", "gliding", "bacteria", "Streptococcus", "Edward", "Aeromonas", "Edwardsiella", "scutica", "Dactylogyrus", "Gyrodactylus", "Microcotyle", "virus", "IPN", "IHN", "VHS", "SVC", "RSIV", "adenovirus", "VNN", "Sea", "pineapple", "Halocynthia", "carp", "catfish", "eel", "tilapia", "treat", "cur", "remed", "prophylaxis", "prevent"
	Pharmaceutical Development and Fisheries	"\bvaccine\w*" "\bantibody\w*" "\bOTC\b", "\bantibioti c\w*" "\bprobiotic\w*" "\bimmun\w*"	"Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl", "diseas", "vaccine", "antibody", "OTC", "antibiotic", "probiotic", "immun", "fish", "aquaculture", "shellfish", "shrimp"
	Fisheries research and utilization of microbial	c("\bmicroalga\w*" "\bplankton\w*" "\b(filtrat percolat filter) \w*" "\b(nitri nitrat)\w*" "\b(microorganism micr obe bacteria)\w*" "\bWater\w*\s+quality \w*" "\b(disease illness)\w*" "\b(prophylaxis prevent)\w*"	"microalgae", "plankton", "filtrat", "percolat", "filter", "nitri", "nitrat", "microorganism", "microbe", "bacteria", "Water", "quality", "disease", "illness", "prophylaxis", "prevent", "fish", "aquaculture"
Composición de recursos ⁹²	Composition of marine biological resources	"\bsea\w*" "\bforest\w*" "\bfarm\w*", "\bfisher\w*" "\bfishing\w*\s+ground \w*" "\baquaculture\w*" "\bmarine\w*\s+resour ce\w*"	"sea", "forest", "farm", "fishery", "fishing", "ground", "aquaculture"),
	Pasture composition and management of coastal	"\bsea\w*" "\bforest\w*" "\bfarm\w*"	"sea", "forest", "farm", "artificial", "reef", "coastal"

⁹² Contempla parámetros de calidad del agua y medio ambiente.

Categorías	Subcategorías	Search_aquaculture_pat ents_new ⁸⁶	Search_aquaculture_patents
		"\\bartificial\\w*\\s+reef\\ w*", "\\breef\\w*", "\\bcoastal\\w*", "\\bmana gement\\w*\\s+plan\\w* "	

Fuente: Elaboración propia en base a términos de búsqueda para patentes acuícolas de Oh y kim (2014) y términos de la función de búsqueda.

Anexo 3. Script primera función de búsqueda y filtro: search_aquaculture_patents

A continuación, se presenta la primera función de búsqueda. Cargar librerías y definir la función.

```
library(dplyr)
library(arrow)
library(stringr)
library(purrr)
library(readr)
library(tibble)

search_aquaculture_patents <- function(x, output_base_name) {

  cat("-----\n")
  cat("Processing:", output_base_name, "\n")
```

Recolectar los datos por medio de arrow, de forma segura. Muestra mensajes de progreso Si hay algún error (memoria insuficiente, datos corruptos, etc.), captura el error y retorna NULL.

```
patent_data <- tryCatch({
  cat("Collecting data...\n")
  df <- x |> dplyr::collect()
  cat("Data collected. Rows:", nrow(df), "\n")
  df
}, error = function(e) {
  cat("ERROR collecting data for", output_base_name, ":", conditionMessage(e), "\n")
  return(NULL)

  if (is.null(patent_data)) {
    cat("Skipping further processing for", output_base_name, "due to data collection error.\n")
    return(invisible(NULL))
  }
  if (nrow(patent_data) == 0) {
    cat("Skipping further processing for", output_base_name, "because collected data is empty.\n")
    return(invisible(NULL)) # Exit function for this item
  }
}
```

Verifica que exista la columna appln_abstrac. Asegurarse que esta columna sea de tipo caracter.

```
if ("appln_abstrac" %in% names(patent_data) && !"APPLN_ABSTRACT" %in% names(patent_data)) {
  patent_data <- patent_data |>
  dplyr::rename(APPLN_ID = appln_id, APPLN_ABSTRACT = appln_abstrac)
}

if (!"APPLN_ABSTRACT" %in% names(patent_data)) {
  cat("ERROR: Patent data must contain 'APPLN_ABSTRACT' column for:", output_base_name, "\n")
  return(invisible(NULL))
}
```

```
patent_data <- patent_data |>
  dplyr::mutate(APPLN_ABSTRACT = as.character(APPLN_ABSTRACT))
```

Validar y definir categorías de búsqueda.

```
categories <- "all"
valid_categories <- c("all", "breeding", "breeding_management", "feed_organisms",
  "equipment", "pathology", "resource_composition")
if (!all(categories %in% valid_categories)) {
  cat("Warning: Invalid category specified. Using 'all'.\n")
  categories <- "all"
}

patterns <- list(
  breeding = list(
    natural_seed_production = c("seed", "larva", "sperm", "collect.*harvest.*", "oosperm", "egg", "fish", "aquar"),
    artificial_seed_production = c("\\bartifi\\w*", "\\bseed\\w*", "\\bproduc\\w*", "\\bnatural\\w*", "\\bmaturat\\w*",
      "\\binduc\\w*", "\\bfertiliz\\w*", "\\bcollect\\w*", "\\bharvest\\w*", "\\begg\\w*", "\\bblood\\w*", "\\bmanag\\w*",
      "\\bsexual\\w*", "artifi\\w*|s+seed", "seed|s+produc", "sexual|s+maturat", "maturat|s+induc",
      "artifi\\w*|s+fertiliz", "collect\\w*|s+egg", "harvest\\w*|s+egg", "blood\\w*|s+manag", "\\baquaculture\\w*",
      "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+artificial", "\\banimal\\w*|s+aquarium", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w*|s+squirt",
      "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w*|s+algae", "\\bbrown\\w*|s+algae", "\\bred\\w*|s+algae",
      "\\bgreen\\w*|s+algae"),
    breeding_quality_improvement = c("\\bbreed\\w*", "\\bGMO\\b", "\\bgenetic\\w*", "\\bsex\\w*",
      "\\breversal\\w*", "\\bhybrid\\w*", "\\bcross\\w*", "\\bvariety\\w*", "\\btrait\\w*", "\\bimprov\\w*",
      "\\btransform\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "sex\\w*|s+reversal", "improv\\w*|s+transform",
      "transform\\w*|s+manage", "improv\\w*|s+manage", "\\baquarium\\w*", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w*|s+squirt",
      "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w*|s+algae", "\\bbrown\\w*|s+algae", "\\bred\\w*|s+algae",
      "\\bgreen\\w*|s+algae")
  ),
  breeding_management = list(
    standardized_breeding_management = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
      "\\baquarium\\b", "\\bproduct\\w*|s+cost\\w*", "\\bheating\\w*|s+cost\\w*", "\\bmainten\\w*|s+cost\\w*",
      "\\bcost\\w*|s+reduc\\w*", "\\bcost\\w*|s+retrench\\w*", "\\bautomat\\w*", "\\bintensive\\w*", "\\bstandardiz\\w*"),
    development_new_training_methods = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
      "\\baquarium\\b", "\\bcircular\\w*|s+filt\\w*", "\\brecirculat\\w*|s+system\\w*", "\\bactive\\w*|s+sludge\\w*",
      "\\benergy\\w*|s+expense", "\\benergy\\w*|s+cost\\w*", "\\bexpense\\w*|s+reduc\\w*",
      "\\bcost\\w*|s+retrench\\w*", "\\bcost\\w*|s+reduc\\w*", "\\bfiltrat\\w*", "\\bpercolat\\w*", "\\bfiller\\w*",
      "\\bmicroorganism\\w*", "\\bmicrobe\\w*", "\\bbacteria\\w*"),
    development_conservation_breeding = c("\\bopensea\\w*|s+cage\\w*|s+culture\\w*", "\\bpolyculture\\w*",
      "\\brecycl\\w*|s+rear\\w*|s+water\\w*", "\\brecirculat\\w*|s+system\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*",
      "\\baqua\\w*|s+animal\\w*", "\\brecycl\\w*|s+rear\\w*|s+water\\w*")
  ),
  feed_organisms = list(
    fodder_development_alternative_feed = c("formula", "artific", "method", "feed", "diet", "fodder", "aquaculture",
      "animal"),
    development_bio_feed = c("rotifer", "artemia", "chlorella", "copepod", "daphnia", "water", "flea", "tintinn",
      "brachionu", "moina", "scripps", "fuclarvia", "phite", "food", "shrimp", "biolog", "diet", "feed", "fodder",
      "aquaculture", "breed")
  ),
  equipment = list(
    materials_development = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
      "\\bheat\\w*|s+pump\\w*", "\\bdrum\\w*|s+screen\\w*", "\\bskimmer\\w*", "\\bozone\\w*|s+sterilizer",
      "\\bair\\w*|s+stone\\w*", "\\bair\\w*|s+pump\\w*", "\\bfeeder\\w*", "\\bcleaner\\w*", "\\bsterilizer\\w*"),
    modernization_and_facilities = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
      "\\bauto\\w*|s+feeder\\w*", "\\bartific\\w*|s+feeder\\w*", "\\bincubat\\w*", "\\bfish\\w*|s+finder\\w*",
      "\\bunderwater\\w*|s+camera\\w*", "\\bconveyor\\w*", "\\bbrim\\w*", "\\brim\\w*", "\\bhem\\w*"),
    environmental_improvement_control = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
      "\\bultraviolet\\w*", "\\bozone\\w*", "\\benvironment\\w*|s+improv\\w*", "\\bmonitor\\w*",
      "\\bwater\\w*|s+quality\\w*", "\\bmeasure\\w*", "\\bmonitor\\w*")
  )
)
```

```

),
pathology = list(
  rapid_diagnosis_infectious_diseases = c("Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl",
"diseas", "Trematod", "fluke", "Gymnophalloides", "Entobdella", "Marteilioides", "septicemia", "Sepsis", "Snout",
"ulcer", "liver", "syndrome", "Flexibacter", "gliding", "bacteria", "Streptococcus", "Edward", "Aeromonas",
"Edwardsiella", "spot", "scutica", "Dactylogyrus", "Gyrodactylus", "Microcotyle", "virus", "IPN", "IHN", "VHS",
"SVC", "RSIV", "adenovirus", "VNN", "diagno", "prognos", "fish", "aquaculture", "shellfish", "shrimp"),
  treatment_prevention_infectious_diseases = c("Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl",
"diseas", "Trematod", "fluke", "Gymnophalloides", "Entobdella", "Marteilioides", "septicemia", "Sepsis", "Snout",
"ulcer", "liver", "syndrome", "yellow", "Flexibacter", "gliding", "bacteria", "Streptococcus", "Edward", "Aeromonas",
"Edwardsiella", "scutica", "Dactylogyrus", "Gyrodactylus", "Microcotyle", "virus", "IPN", "IHN", "VHS", "SVC",
"RSIV", "adenovirus", "VNN", "Sea", "pineapple", "Halocynthia", "carp", "catfish", "eel", "tilapia", "treat", "cur",
"remed", "prophylaxis", "prevent"),
  pharmaceutical_development_fisheries = c("Pasteurella", "Pasteurellosis", "Vibrio", "VWD", "Viral", "whirl",
"diseas", "vaccine", "antibody", "OTC", "antibiotic", "probiotic", "immun", "fish", "aquaculture", "shellfish",
"shrimp"),
  fisheries_research_microbial = c("microalgae", "plankton", "filtrat", "percolat", "filter", "nitri", "nitrat",
"microorganism", "microbe", "bacteria", "Water", "quality", "disease", "illness", "prophylaxis", "prevent", "fish",
"aquaculture")
),

resource_composition = list(
  composition_marine_biological_resources = c("sea", "forest", "farm", "fishery", "fishing", "ground",
"aquaculture"),
  pasture_composition_management_coastal = c("sea", "forest", "farm", "artificial", "reef", "coastal")
)
)

aqua_context_terms <- c("\\baquacultur\\w*", "\\baquafarming\\b", "\\bmaricultur\\w*", "\\bfish\\b", "\\bfishes\\b",
"\\bshrimp\\b", "\\bseafood\\b", "\\bsalmon\\b", "\\btrout\\b", "\\bsalmonid\\w*\\b", "\\bcarp\\b", "\\bcatfish\\b",
"\\btilapia\\b", "\\bmarine\\s+\\w*\\s*culture\\b", "\\bfish\\s+\\w*\\s*farm\\w*\\b", "\\bmarine\\s+fish\\w*\\b",
"\\baqua\\s+farm\\w*\\b", "\\bfish\\s+breed\\w*\\b", "\\bspawn\\w*\\b", "\\bhatcher\\w*\\b", "\\bcultiv\\w*\\b",
"\\baquarium\\b", "\\bpond\\s+farm\\b", "\\bmarine\\s+pond\\b", "\\btank\\s+system\\b", "\\bseaweed\\b",
"\\bmarine\\s+algae\\b", "\\bbrown\\s+algae\\b", "\\bred\\s+algae\\b", "\\bgreen\\s+algae\\b", "\\boyster\\b",
"\\bmussel\\b", "\\bclam\\b", "\\bsea\\s+squirt\\b", "\\bmollus\\w*\\b", "\\bcrustac\\w*\\b", "\\bbivalv\\w*\\b",
"\\bspawn\\w*\\b", "\\bfingerling\\b", "\\bjjuvenil\\w*\\s+fish\\b")

```

Realiza la búsqueda principal, procesa los resultados y los guarda.

```

search_category <- function(data, pattern_list, cat_name) {
  results <- NULL
  aqua_context_pattern <- paste(aqua_context_terms, collapse = "|")
  for (subcat in names(pattern_list)) {
    subcat_pattern <- paste(pattern_list[[subcat]], collapse = "|")

    matched <- data |>
    dplyr::filter(
      !is.na(APPLN_ABSTRACT) & # Ensure abstract is not NA
      stringr::str_detect(tolower(APPLN_ABSTRACT), aqua_context_pattern) &
      stringr::str_detect(tolower(APPLN_ABSTRACT), subcat_pattern)
    ) |>
    dplyr::mutate(
      category = cat_name,
      subcategory = subcat,
      matched_aqua_terms = stringr::str_extract_all(
        tolower(APPLN_ABSTRACT),
        aqua_context_pattern
      ) %>%
      purrr::map_chr(~paste(unique(.), collapse = ";")),
      matched_subcat_terms = stringr::str_extract_all(
        tolower(APPLN_ABSTRACT),
        subcat_pattern
      )
    )
  }
}

```

```

    ) |>
    purrr::map_chr(~paste(unique(.), collapse = "; "))
  )
  results <- dplyr::bind_rows(results, matched)
}
return(results)
}

# --- Process Categories ---
all_results <- NULL
if ("all" %in% categories) {
  process_cats <- setdiff(valid_categories, "all")
} else {
  process_cats <- categories
}

cat("Starting search across", length(process_cats), "categories...\n")
for (cat_name in process_cats) { # Renamed loop variable
  # Ensure patterns[[cat_name]] exists before calling search_category
  if (!is.null(patterns[[cat_name]])) {
    cat("Searching category:", cat_name, "...\n")
    cat_results <- search_category(patent_data, patterns[[cat_name]], cat_name) # Pass cat_name
    all_results <- dplyr::bind_rows(all_results, cat_results)
  } else {
    cat("Warning: No patterns defined for category:", cat_name, "\n")
  }
}

cat("Finalizing results...\n")
if (!is.null(all_results) && nrow(all_results) > 0) {
  final_results <- all_results %>%

  dplyr::distinct(APPLN_ID, .keep_all = TRUE) %>%
  dplyr::arrange(category, subcategory)
  cat("Found", nrow(final_results), "matching patents.\n")
} else {
  final_results <- tibble::tibble() # Create empty tibble if no results found
  cat("Found 0 matching patents.\n")
}

base_name <- gsub("\\.csv$", "\\.parquet$", "", output_base_name, ignore.case = TRUE)

results_dir <- "results"
if (!dir.exists(results_dir)) {
  dir.create(results_dir)
  cat("Created directory:", results_dir, "\n")
}

file_path <- file.path(results_dir, paste0(base_name, "_aquaculture_results.csv"))

if (nrow(final_results) > 0) {
  tryCatch({
    cat("Writing results to:", file_path, "\n")
    readr::write_csv(final_results, file_path)
    cat("Successfully wrote results.\n")
  }, error = function(e) {
    cat("ERROR writing CSV file", file_path, ":", conditionMessage(e), "\n")
  })
} else {
  cat("Skipping writing empty results file for:", output_base_name, "\n")
}

```

}

}

Anexo 4. Script segunda función de búsqueda y filtro: search_aquaculture_patents_new

A continuación, se presenta la segunda función de búsqueda. Cargar librerías y definir la función.

```
library(dplyr)
library(arrow)
library(stringr)
library(purrr)
library(readr)
library(tibble)

search_aquaculture_patents <- function(x, output_base_name) {

  cat("-----\n")
  cat("Processing:", output_base_name, "\n")
```

Recolectar los datos por medio de Arrow, de forma segura. Muestra mensajes de progreso Si hay algún error (memoria insuficiente, datos corruptos, etc.), captura el error y retorna NULL.

```
patent_data <- tryCatch({
  cat("Collecting data...\n")
  df <- x |> dplyr::collect()
  cat("Data collected. Rows:", nrow(df), "\n")
  df
}, error = function(e) {
  cat("ERROR collecting data for", output_base_name, ":", conditionMessage(e), "\n")
  return(NULL)
})

if (is.null(patent_data)) {
  cat("Skipping further processing for", output_base_name, "due to data collection error.\n")
  return(invisible(NULL))
}

if (nrow(patent_data) == 0) {
  cat("Skipping further processing for", output_base_name, "because collected data is empty.\n")
  return(invisible(NULL))
}
```

Verifica que exista la columna appln_abstract. Asegurarse que esta columna sea de tipo carácter.

```
if ("appln_abstract" %in% names(patent_data) && !"APPLN_ABSTRACT" %in% names(patent_data)) {
  patent_data <- patent_data |>
  dplyr::rename(APPLN_ID = appln_id, APPLN_ABSTRACT = appln_abstract)
}

if (!"APPLN_ABSTRACT" %in% names(patent_data)) {
  cat("ERROR: Patent data must contain 'APPLN_ABSTRACT' column for:", output_base_name, "\n")

  return(invisible(NULL))
}

patent_data <- patent_data |>
dplyr::mutate(APPLN_ABSTRACT = as.character(APPLN_ABSTRACT))
```

Validar y definir categorías de búsqueda. Definir categorías de búsqueda mejorada, con operadores booleanos.

```
categories <- "all"
valid_categories <- c("all", "breeding", "breeding_management", "feed_organisms",
  "equipment", "pathology", "resource_composition")
if (!all(categories %in% valid_categories)) {
  cat("Warning: Invalid category specified. Using 'all'.\n")
  categories <- "all"
}

patterns <- list(

breeding = list(
  natural_seed_production = c("seed", "larva", "sperm", "collect.*|harvest.*", "oosperm", "egg", "fish", "aquar"),
  artificial_seed_production = c("\\bartifi\\w*", "\\bseed\\w*", "\\bproduct\\w*", "\\bnatural\\w*", "\\bmaturat\\w*",
  "\\binduc\\w*", "\\bfertiliz\\w*", "\\bcollect\\w*", "\\bharvest\\w*", "\\begg\\w*", "\\bblood\\w*", "\\bmanag\\w*",
  "\\bsexual\\w*", "artifi\\w*|s+seed", "seed|s+produc", "sexual|s+maturat", "maturat|s+induc",
  "artifi\\w*|s+fertiliz", "collect\\w*|s+egg", "harvest\\w*|s+egg", "blood\\w*|s+manag", "\\baquaculture\\w*",
  "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+artificial", "\\banimal\\w*|s+aquarium", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w*|s+squirt",
  "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w*|s+algae", "\\bbrown\\w*|s+algae", "\\bred\\w*|s+algae",
  "\\bgreen\\w*|s+algae"),
  breeding_quality_improvement = c("\\bbreed\\w*", "\\bGMO\\b", "\\bgenetic\\w*", "\\bsex\\w*",
  "\\breversal\\w*", "\\bhybrid\\w*", "\\bcross\\w*", "\\bvariety\\w*", "\\btrait\\w*", "\\bimprov\\w*",
  "\\btransform\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "sex\\w*|s+reversal", "improv\\w*|s+transform",
  "transform\\w*|s+manage", "improv\\w*|s+manage", "\\baquarium\\w*", "\\bfish\\w*", "\\bsea\\w*|s+squirt",
  "\\bshrimp\\w*", "\\bseaweed\\w*", "\\bmarine\\w*|s+algae", "\\bbrown\\w*|s+algae", "\\bred\\w*|s+algae",
  "\\bgreen\\w*|s+algae")
),

breeding_management = list(
  standardized_breeding_management = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
  "\\baquarium\\b", "\\bproduct\\w*|s+cost\\w*", "\\bheating\\w*|s+cost\\w*", "\\bmainten\\w*|s+cost\\w*",
  "\\bcost\\w*|s+reduc\\w*", "\\bcost\\w*|s+retrench\\w*", "\\bautomat\\w*", "\\bintensive\\w*", "\\bstandardiz\\w*"),
  development_new_training_methods = c("\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*", "\\baqua\\w*|s+animal\\w*",
  "\\baquarium\\b", "\\bcircular\\w*|s+filt\\w*", "\\brecirculat\\w*|s+system\\w*", "\\bactive\\w*|s+sludge\\w*",
  "\\benergy\\w*|s+expense", "\\benergy\\w*|s+cost\\w*", "\\bexpense\\w*|s+reduc\\w*",
  "\\bcost\\w*|s+retrench\\w*", "\\bcost\\w*|s+reduc\\w*", "\\bfiltrat\\w*", "\\bpercolat\\w*", "\\bfiller\\w*",
  "\\bmicroorganism\\w*", "\\bmicrobe\\w*", "\\bbacteria\\w*"),
  development_conservation_breeding = c("\\bopensea\\w*|s+cage\\w*|s+culture\\w*", "\\bpolyculture\\w*",
  "\\brecycl\\w*|s+rear\\w*|s+water\\w*", "\\brecirculat\\w*|s+system\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreeding\\w*",
  "\\baqua\\w*|s+animal\\w*", "\\brecycl\\w*|s+rear\\w*|s+water\\w*")
),

feed_organisms = list(
  fodder_development_alternative_feed = c(
    "\\bformula\\w*", "\\bartific\\w*", "\\bmethod\\w*",
    "\\bfeed\\w*", "\\bdiet\\w*", "\\bfodder\\w*",
    "\\baquaculture\\w*", "\\banimal\\w*",
    "\\bnutrition\\w*", "\\bsupplement\\w*"
  ),

development_bio_feed = c(
  # Specific organisms (kept as is)
  "\\brotifer\\w*", "\\bartemia\\w*", "\\bchlorella\\w*",
  "\\bcopepod\\w*", "\\bdaphnia\\w*", "\\bwater\\w*|s+flea\\w*",
  "\\btintinn\\w*", "\\bbrachionu\\w*", "\\bmoina\\w*",
  "\\bscripps\\w*", "\\bfuclarvia\\w*", "\\bphite\\w*",
  # General terms (slightly reduced)
  "\\bfood\\w*", "\\bshrimp\\w*", "\\bbiolog\\w*",
  "\\bdiet\\w*", "\\bfodder\\w*", "\\baquaculture\\w*", "\\bbreed\\w*"
)
)
```

```

),
equipment = list(
  materials_development = c("\\baquaculture\\w*", "\\breeding\\w*", "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*",
  "\\bheat\\w*\\s+pump\\w*", "\\bdrum\\w*\\s+screen\\w*", "\\bskimmer\\w*", "\\bozone\\w*\\s+sterilizer",
  "\\bair\\w*\\s+stone\\w*", "\\bair\\w*\\s+pump\\w*", "\\bfeeder\\w*", "\\bcleaner\\w*", "\\bsterilizer\\w*"),
  modernization_and_facilities = c("\\baquaculture\\w*", "\\breeding\\w*", "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*",
  "\\bauto\\w*\\s+feeder\\w*", "\\bartific\\w*\\s+feeder\\w*", "\\bincubat\\w*", "\\bfish\\w*\\s+finder\\w*",
  "\\bunderwater\\w*\\s+camera\\w*", "\\bconveyor\\w*", "\\bbrim\\w*", "\\brim\\w*", "\\bhem\\w*"),
  environmental_improvement_control = c("\\baquaculture\\w*", "\\breeding\\w*", "\\baqua\\w*\\s+animal\\w*",
  "\\bultraviolet\\w*", "\\bozone\\w*", "\\benvironment\\w*\\s+improv\\w*", "\\bmonitor\\w*",
  "\\bwater\\w*\\s+quality\\w*", "\\bmeasure\\w*", "\\bmonitor\\w*")
),

pathology = list(
  rapid_diagnosis_infectious_diseases =
c("\\b(Pasteurella|Pasteurellosis|Vibrio|Flexibacter|Streptococcus|Aeromonas|Edwardsiella)\\b", "\\b(VWD|Viral|whirl|
virus|IPN|IHN|VHS|SVC|RSIV|adenovirus|VNN)\\b",
  "\\b(Trematod|fluke|Gymnophalloides|Entobdella|Marteilioides|Dactylogyrus|Gyrodactylus|Microcotyle)\\b", "\\bdisea
s\\w*", "septicemia", "Sepsis", "\\bulcer\\w*",
  "\\blive\\w*\\s+syndrome", "\\bspot\\w*", "scutica", "\\bdiagno\\w*", "\\bprognos\\w*"),

  treatment_prevention_infectious_diseases = c( "\\byellow\\w*", "\\bgliding\\w*\\s+bacteria\\w*",
  "\\b(carp|catfish|eel|tilapia)\\b",
  "\\bSea\\w*\\s+pineapple\\w*", "\\bHalocynthia\\b", "\\btreat\\w*", "\\bcur\\w*", "\\bred\\w*",
  "\\bprophylaxis\\w*", "\\bprevent\\w*"
  ),
  pharmaceutical_development_fisheries = c("\\bvaccine\\w*", "\\bantibody\\w*", "\\bOTC\\b", "\\bantibiotic\\w*",
  "\\bprobiotic\\w*", "\\bimmun\\w*"
  ),
  fisheries_research_microbial = c("\\bmicroalga\\w*", "\\bplankton\\w*", "\\b(filtrat|percolat|filter)\\w*",
  "\\b(nitri|nitrat)\\w*",
  "\\b(microorganism|microbe|bacteria)\\w*",
  "\\bWater\\w*\\s+quality\\w*",
  "\\b(disease|illness)\\w*",
  "\\b(prophylaxis|prevent)\\w*"
  )
),

resource_composition = list(
  composition_marine_biological_resources = c(
  "\\bsea\\w*", "\\bforest\\w*", "\\bfarm\\w*",
  "\\bfisher\\w*", "\\bfishing\\w*\\s+ground\\w*",
  "\\baquaculture\\w*", "\\bmarine\\w*\\s+resource\\w*"
  ),

  pasture_composition_management_coastal = c(
  "\\bsea\\w*", "\\bforest\\w*", "\\bfarm\\w*",
  "\\bartificial\\w*\\s+reef\\w*", "\\breef\\w*",
  "\\bcoastal\\w*", "\\bmanagement\\w*\\s+plan\\w*"
  )
))

aqua_context_terms <- c("\\baquacultur\\w*", "\\baquafarming\\b", "\\bmaricultur\\w*", "\\bfish\\b", "\\bfishes\\b",
  "\\bshrimp\\b", "\\bseafood\\b", "\\bsalmon\\b", "\\btrout\\b", "\\bsalmonid\\w*\\b", "\\bcarp\\b", "\\bcatfish\\b",
  "\\btilapia\\b", "\\bmarine\\s+\\w*\\s*culture\\b", "\\bfish\\s+\\w*\\s*farm\\w*\\b", "\\bmarine\\s+fish\\w*\\b",
  "\\baqua\\s+farm\\w*\\b", "\\bfish\\s+breed\\w*\\b", "\\bspawn\\w*\\b", "\\bhatcher\\w*\\b", "\\bcultiv\\w*\\b",
  "\\baquarium\\b", "\\bpond\\s+farm\\b", "\\bmarine\\s+pond\\b", "\\btank\\s+system\\b", "\\bseaweed\\b",
  "\\bmarine\\s+algae\\b", "\\bbrown\\s+algae\\b", "\\bred\\s+algae\\b", "\\bgreen\\s+algae\\b", "\\boyster\\b",
  "\\bmussel\\b", "\\bclam\\b", "\\bsea\\s+squirt\\b", "\\bmollus\\w*\\b", "\\bcrustac\\w*\\b", "\\bbivalv\\w*\\b",
  "\\bspawn\\w*\\b", "\\bfingerling\\b", "\\bjjuvenil\\w*\\s+fish\\b")

```

Realiza la búsqueda principal, procesa los resultados y los guarda.

```

search_category <- function(data, pattern_list, cat_name) {
  results <- NULL
  aqua_context_pattern <- paste(aqua_context_terms, collapse = "|")
  for (subcat in names(pattern_list)) {
    subcat_pattern <- paste(pattern_list[[subcat]], collapse = "|")

    matched <- data |>
      dplyr::filter(
        !is.na(APPLN_ABSTRACT)

        stringr::str_detect(tolower(APPLN_ABSTRACT), aqua_context_pattern) &
        stringr::str_detect(tolower(APPLN_ABSTRACT), subcat_pattern)
      ) |>
      dplyr::mutate(
        category = cat_name,
        subcategory = subcat,
        matched_aqua_terms = stringr::str_extract_all(
          tolower(APPLN_ABSTRACT),
          aqua_context_pattern
        ) %>%
        purrr::map_chr(~paste(unique(.), collapse = "; ")),
        matched_subcat_terms = stringr::str_extract_all(
          tolower(APPLN_ABSTRACT),
          subcat_pattern
        ) |>
        purrr::map_chr(~paste(unique(.), collapse = "; "))
      )
    results <- dplyr::bind_rows(results, matched)
  }
  return(results)
}

```

```

all_results <- NULL
if ("all" %in% categories) {
  process_cats <- setdiff(valid_categories, "all")
} else {
  process_cats <- categories
}

```

```

cat("Starting search across", length(process_cats), "categories...\n")
for (cat_name in process_cats) {
  if (!is.null(patterns[[cat_name]])) {
    cat("Searching category:", cat_name, "... \n")
    cat_results <- search_category(patent_data, patterns[[cat_name]], cat_name)
    all_results <- dplyr::bind_rows(all_results, cat_results)
  } else {
    cat("Warning: No patterns defined for category:", cat_name, "\n")
  }
}

```

```

cat("Finalizing results...\n")
if (!is.null(all_results) && nrow(all_results) > 0) {
  final_results <- all_results %>%

  dplyr::distinct(APPLN_ID, .keep_all = TRUE) %>%
  dplyr::arrange(category, subcategory)
  cat("Found", nrow(final_results), "matching patents.\n")
} else {
  final_results <- tibble::tibble()
}

```

```

    cat("Found 0 matching patents.\n")
  }

base_name <- gsub("\\.csv$|\\.parquet$", "", output_base_name, ignore.case = TRUE)

results_dir <- "results"
if (!dir.exists(results_dir)) {
  dir.create(results_dir)
  cat("Created directory:", results_dir, "\n")
}

file_path <- file.path(results_dir, paste0(base_name, "_aquaculture_results.csv"))

# Write to CSV only if there are results
if (nrow(final_results) > 0) {
  tryCatch({
    cat("Writing results to:", file_path, "\n")
    readr::write_csv(final_results, file_path)
    cat("Successfully wrote results.\n")
  }, error = function(e) {
    cat("ERROR writing CSV file", file_path, ":", conditionMessage(e), "\n")
  })
} else {
  cat("Skipping writing empty results file for:", output_base_name, "\n")
}
}

```

Función para ejecutar funciones de búsqueda 1 y 2, y guardar resultados

```

source("script/01_search_function.R")

file_paths <- list.files("E:/Patent Data/PASTAT/Tables/tls_203",
  full.names = TRUE)

arrow_datasets <- list()

for (file_path in file_paths) {

  dataset_ref <- open_delim_dataset(file_path,
    schema = schema(
      APPLN_ID = string(),
      APPLN_ABSTRACT_LG = string(),
      APPLN_ABSTRACT = string())) |>
    filter(APPLN_ABSTRACT_LG == "en")

  arrow_datasets[[basename(file_path)]] <- dataset_ref
}

#Procesamiento de las tablas

arrow_datasets2 <- arrow_datasets[11:12]

purrr::iwalk(
  arrow_datasets2,
  ~search_aquaculture_patents(.x, .y),
  .progress = TRUE)

```


Anexo 5. Geocodificación con Tidygeocoder con OSM.

Cargar librerías y archivo de direcciones sin latitud y longitud.

```
library(tidyverse)
library(tidygeocoder)
library(readr)

direcciones_faltantes_unicas <- read_csv("Database/Tesis/direcciones_faltantes_unicas.csv")
```

Definir método para geocodificar. En este caso se selecciona Open Street Map.

```
lat longs <- direcciones_faltantes_unicas %>%
  geocode(person_address, method = 'osm', lat = latitude , long = longitude)
```

Guardar resultados.

```
write_csv(lat longs, "direcciones_geo_final.csv", row.names = FALSE)
```

Anexo 6. Geocodificación con la Api de Google Cloud.

A continuación, se presenta el código para la geocodificación de direcciones geocodificadas con Google Cloud.

Cargar librerías y archivo de direcciones que no pudieron ser geocodificadas con tidygeocoder.
Registrar API key.

```
#Cargar y limpiar NA
adress <- read_csv("Database/Tesis/adress.csv")

adress <- adress |>
  filter(!is.na(PERSON_ADDRESS))

# Registrar la API key de Google
register_google(key = "")
```

Definir la función de geocodificación para que sea procesada por lotes de 1000 direcciones evitando sobrecargar el número de solicitudes de la API.

```
process_batch <- function(data, batch_size = 1000) {
  total_rows <- nrow(data)
  batches <- ceiling(total_rows/batch_size)

  result <- data.frame()

  for(i in 1:batches) {
    start_idx <- ((i-1) * batch_size) + 1
    end_idx <- min(i * batch_size, total_rows)

    cat("Procesando lote", i, "de", batches, "\n")

    batch <- data[start_idx:end_idx,] %>%
      mutate(
        geocoded = ggmap::geocode(PERSON_ADDRESS, output = "latlon"),
        latitude = geocoded$lat,
        longitude = geocoded$lon
      )
  }
}
```

```
result <- rbind(result, batch)

# Pausa pequeña entre lotes para no sobrecargar la API
Sys.sleep(1)
}

return(result)
}
```

Procesar tabla de datos y guardar los resultados.

```
# Procesar todo el dataset
adress_geocoded <- process_batch(adress)

# Guardar los resultados
write.csv(adress_geocoded, "direcciones_geocodificadas.csv", row.names = FALSE)
```

Anexo 7. Script PTWI y KDE.

PTWI

Asignar ponderación PTWI, y construir tabla para aplicar KDE.

1. Cargar librerías.
2. Cargar archivo de resultados finales con id de patentes por categorías e id inventor.

```
library(tidyverse)
library(sf)
library(dplyr)

#Importar las direcciones

dir_xy <- read_csv("02_results/Final_results/results/resultado_final.csv") %>%
  mutate(id_location = paste(latitude, longitude, sep = "_"))
```

3. Transformar data frame en un objeto espacial ajustando las coordenadas al sistema de referencia "WGS84".

```
dir_xy <- dir_xy %>%
  select(latitude, longitude, id_location) %>%
  distinct(latitude, longitude, .keep_all = TRUE) %>%
  st_as_sf(coords = c("longitude", "latitude"),
           crs = "WGS84")
```

4. Cargar los resultados finales y
5. Calcular número de patentes para cada ubicación única.
6. Calcular número de investigadores para cada ubicación única.
7. Calcular PTWi.

```
data_frame <- read_csv("02_results/Final_results/results/resultado_final.csv")|>
  select(psn_id, latitude, longitude, category, PAT_PUBLN_ID)

data_frame <- data_frame %>%
  mutate(id_location = paste(latitude, longitude, sep = "_"))

n_distinct(data_frame$PAT_PUBLN_ID)
n_distinct(data_frame$psn_id)

total_inventores_por_patente <- data_frame |>
  group_by(PAT_PUBLN_ID) %>%
  summarise(
    INVT_total = n_distinct(psn_id)
  )

total_inv1 <- data_frame |>
  left_join(total_inventores_por_patente,
           by = "PAT_PUBLN_ID") %>%
  mutate(
    p_inv = 1/INVT_total
  ) %>%
  group_by(id_location,
           category) %>%
  summarize(
    pat_n = sum(p_inv, na.rm = TRUE),
    .groups = "drop"
  )

write.csv(total_inv1, "02_results/tab1_ptw.csv")
```

```
dir_xy <- dir_xy %>%  
left_join(total_inv1, by = "id_location")
```

8. Guardar resultado, y realizar unión entre la tabla con los cálculos (tabla_ptw) y el objeto espacial.

```
write.csv(total_inv1, "02_results/tab1_ptw.csv")
```

```
dir_xy <- dir_xy %>%  
left_join(total_inv1, by = "id_location")
```

Función KDE

1. Cargar librerías.
2. Importar grilla del mundo de 5x5 pixeles.

```
library(tidyverse)  
library(sf)  
library(SpatialKDE)  
library(spData)  
library(furrr)
```

```
#Importacion de la grilla
```

```
world <- world %>%  
filter(continent != "Antarctica")
```

```
grid <- st_read("02_results/Grilla/world_grid_5.fgb")
```

```
#correr ptwri para alimentar el kde
```

4. Filtrar grilla para evitar sobrecarga de memoria ram.

```
#Filtro de la grilla con los puntos de las direcciones
```

```
point_buffer <- dir_xy %>%  
st_transform(st_crs(grid)) %>% # Transformar al mismo CRS que grid  
st_buffer(50000) # Crear buffer de 50km
```

```
grid_filtro <- grid %>%  
st_filter(point_buffer,  
.predicate = st_intersects)
```

5. Crear una lista con el objeto dir_xy resultante de PTWi, para realizar KDE por categoría tecnológica.

```
dir_list <- split(dir_xy %>%  
st_as_sf(),  
dir_xy$category)
```

6. Definir la función KDE: ancho de banda de 25 km de acuerdo con lo propuesto por Stek (2021), definir la grilla para el cálculo previamente filtrada, asignar la variable que contiene peso PTWi previamente calculado, y definir distribución quartic o gauseana para el cálculo.

7. Aplicar la función para cada objeto de la lista dir_list.

```
KDE_func <- function(x){
```

```
x <- x %>%  
st_transform(st_crs(grid_filtro))
```

```
KDE_res <- kde(  
points = x,  
band_width = 25000,  
kernel = "quartic",  
grid = grid_filtro,  
weights = x$pat_n)
```

```
return(KDE_res)
```

```
}
```

```
result_KDE <- map(dir_list,  
  .f = KDE_func)
```

8. Diferentes opciones para guardar los resultados.

```
#Guardar los objetos de la lista como objetos individuales en la carpeta results
```

```
mapply(function(df, name) {  
  st_write(df,  
    dsn = paste0("02_results/", name, ".fgb"),  
    driver = "FlatGeobuf" ) },  
result_KDE,  
names(result_KDE)  
)
```

```
#Guardar resultados
```

```
library(purrr)
```

```
#opción 1 guardando un vector
```

```
names <- names(result_KDE)
```

```
for(name in names){
```

```
  st_write(result_KDE[[name]],  
    dsn = str_glue("02_results/{name}.fgb"),  
    driver = "FlatGeobuf")
```

```
}
```

```
#opción guardando la función
```

```
save_fbg <- function(x, name) {
```

```
  path <- str_glue("02_results/{name}.fgb")
```

```
  st_write(x, dsn = path)
```

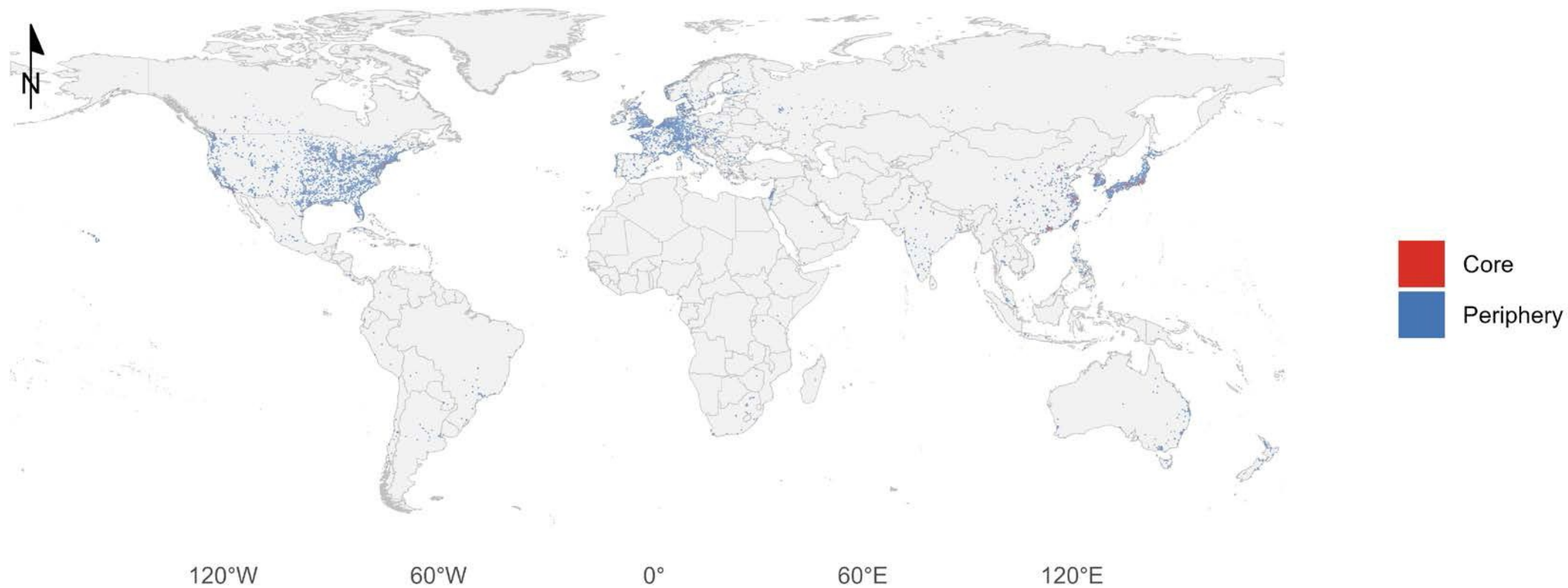
```
}
```

```
# Pass names of list elements as second argument
```

```
walk2(result_KDE,  
  names(result_KDE),  
  save_fbg,  
  .progress = TRUE)
```

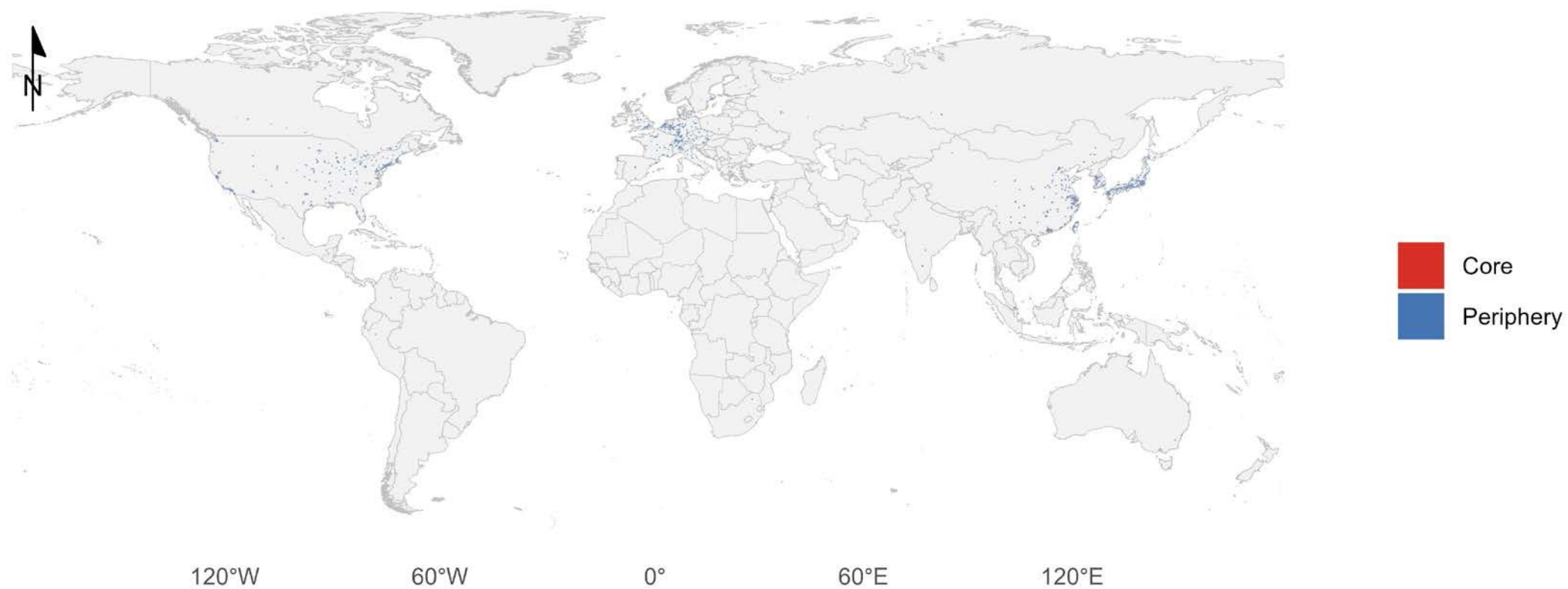
Anexo 8. KDE global por categoría tecnológica

Figura 7: Resultados KDE global para categoría tecnológica Mejora genética y tecnología de semillas



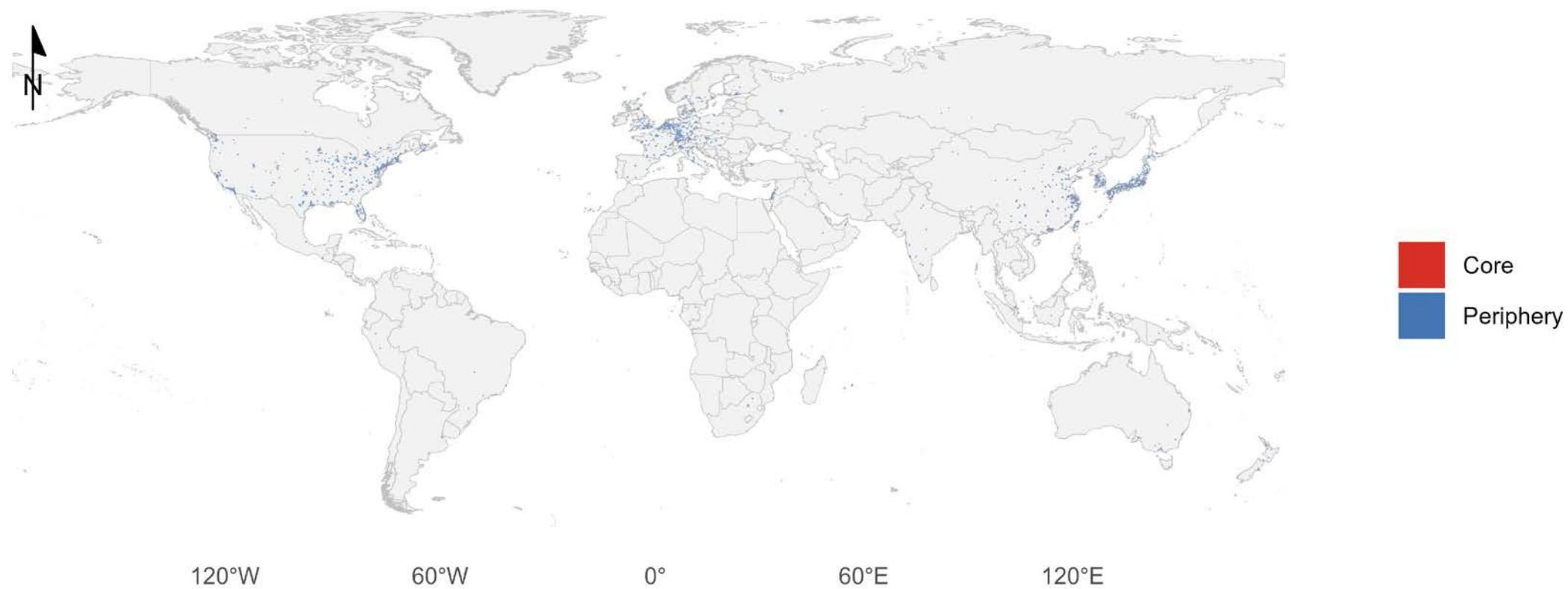
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 8: Resultados KDE global para categoría tecnológica Gestión de crías



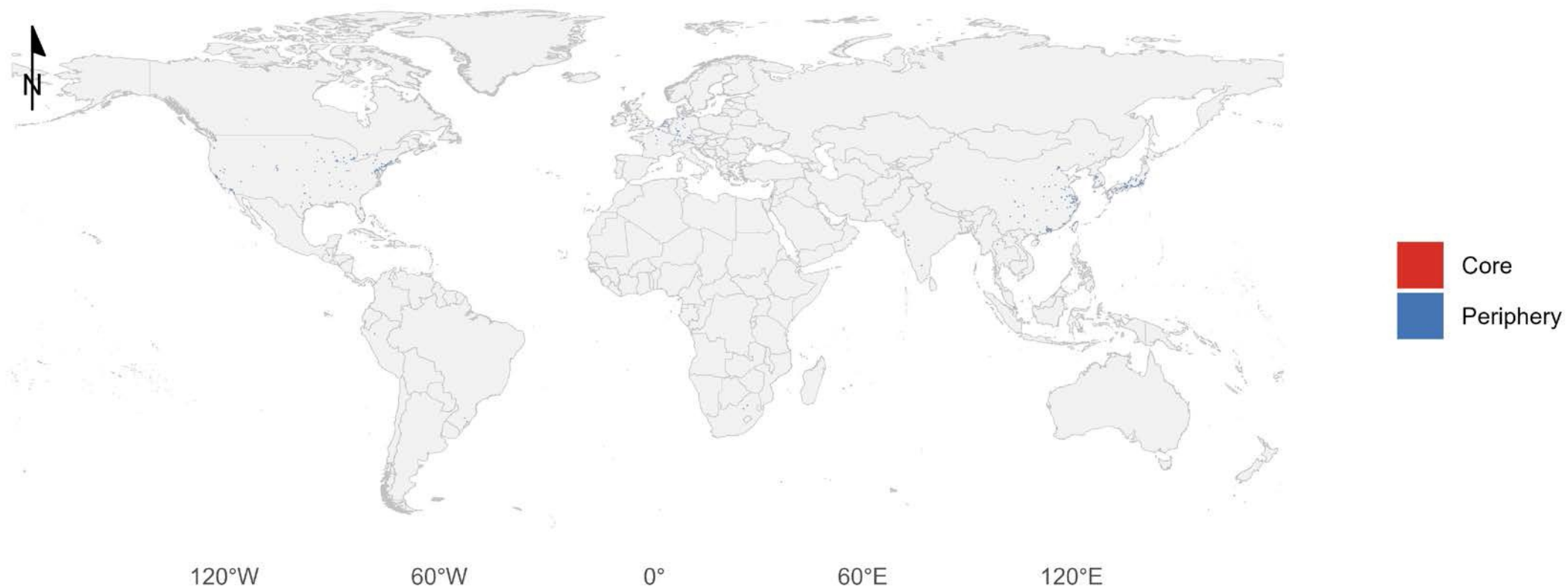
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 9: Resultados KDE global para categoría tecnológica Alimentos y organismos para alimentos



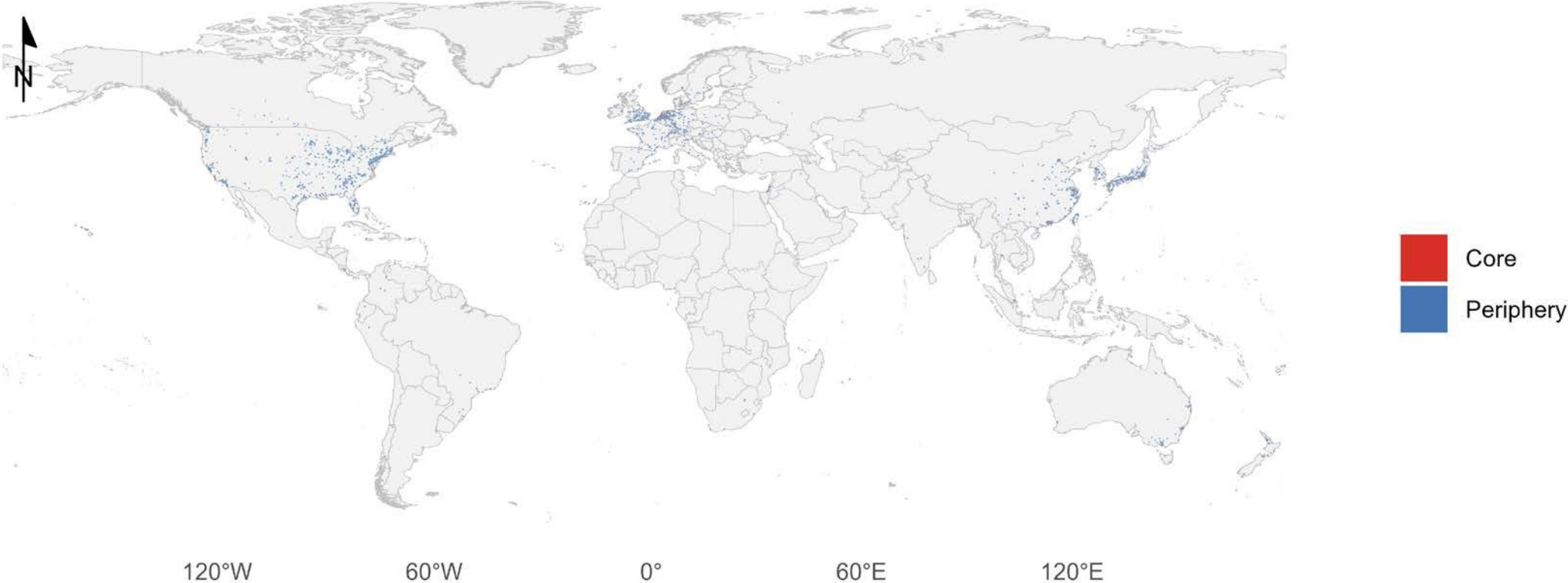
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 10: Resultados KDE global para categoría tecnológica Equipamiento y mecanización.



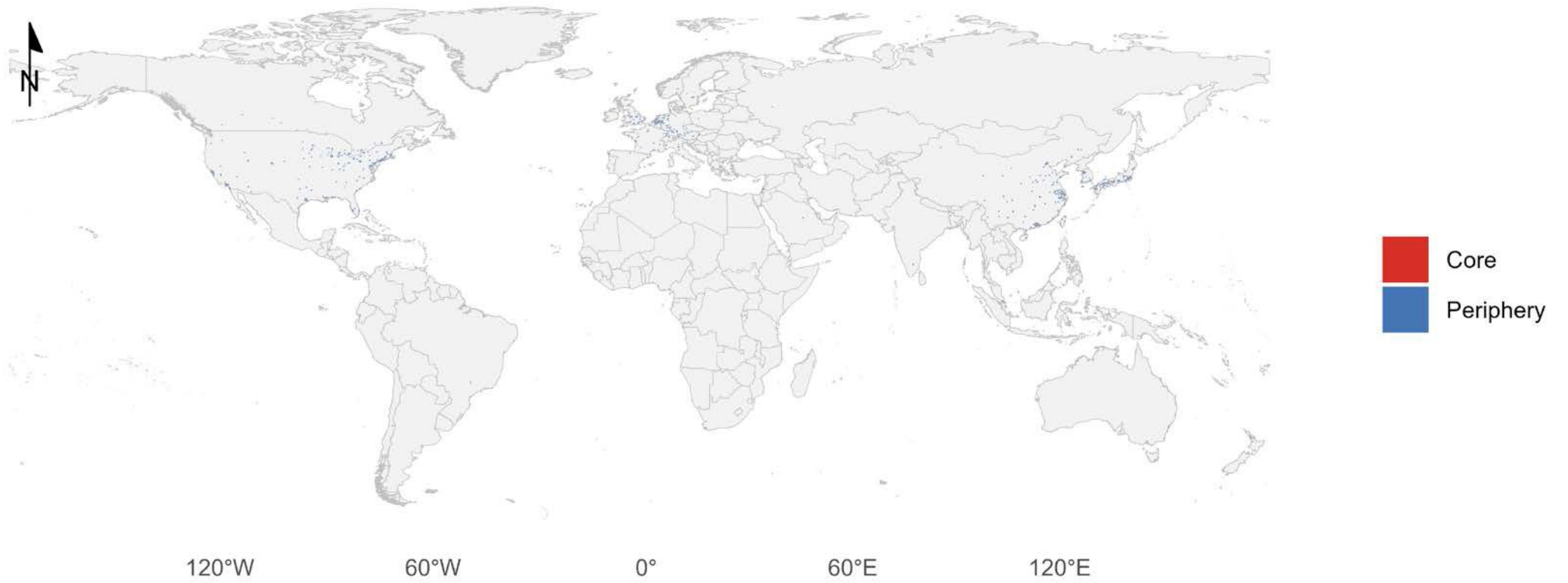
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 11: Resultados KDE global para categoría tecnológica Patología y prevención



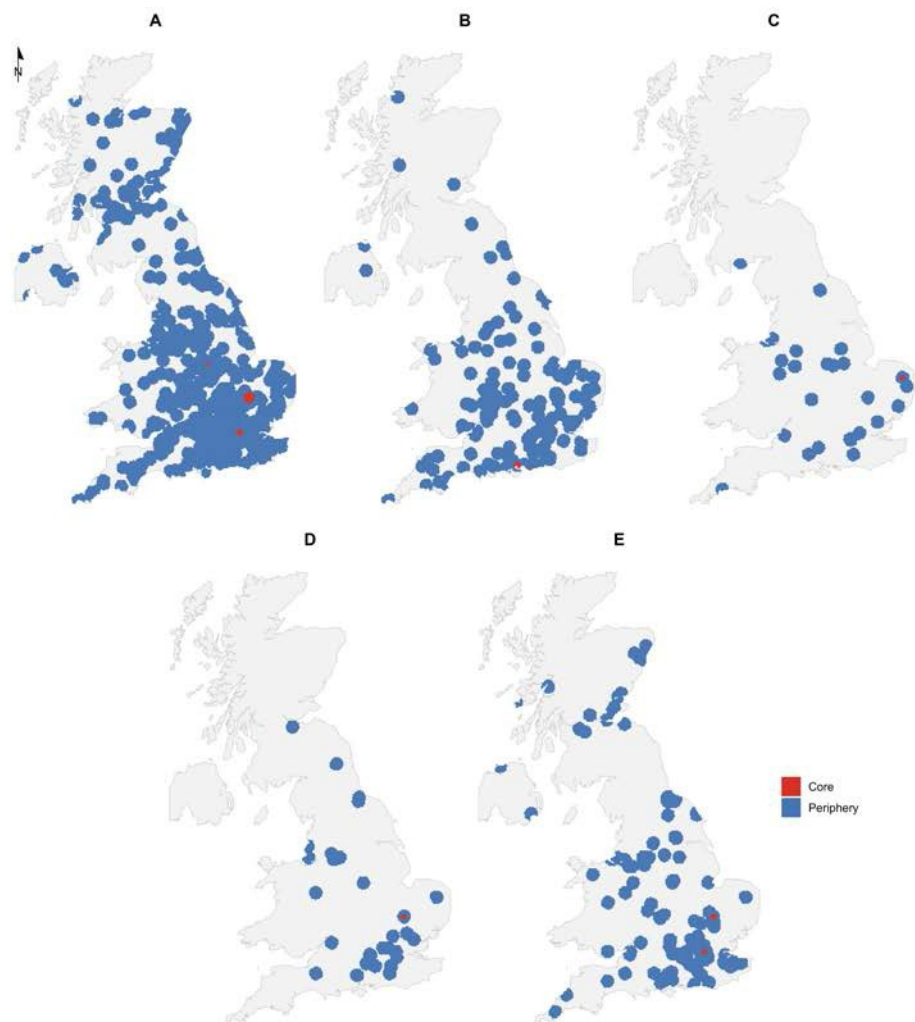
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 12: Resultados KDE global para categoría tecnológica Composición de recursos



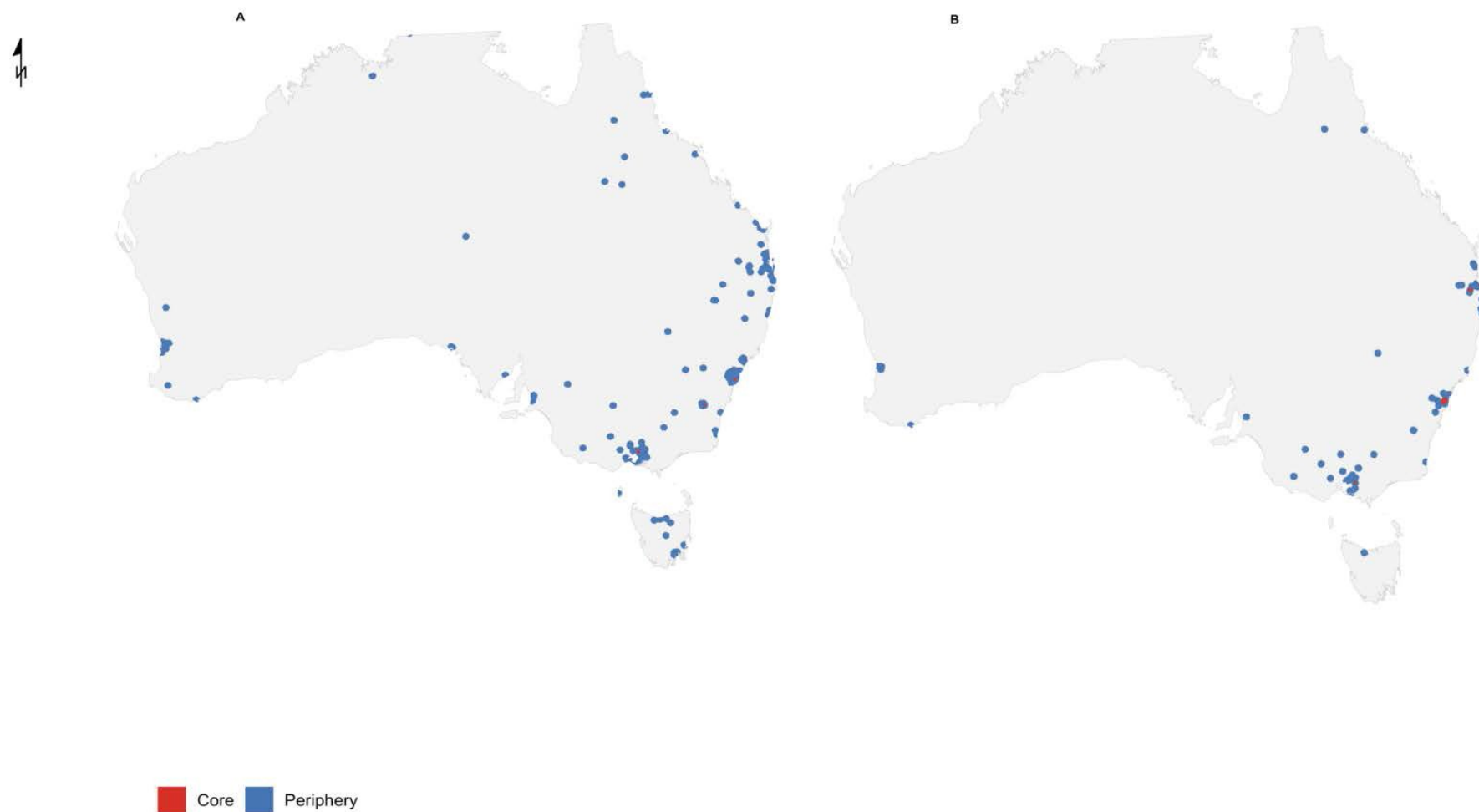
Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 13: Resultados KDE global Gran Bretaña



Descripción: Resultados KDE A. Mejora genética y tecnología de semillas, B. Patología y prevención, C. Resource and Composition, D) Breeding and Management y E) Alimentos y organismos para alimentos. Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 14: Resultados KDE global Australia



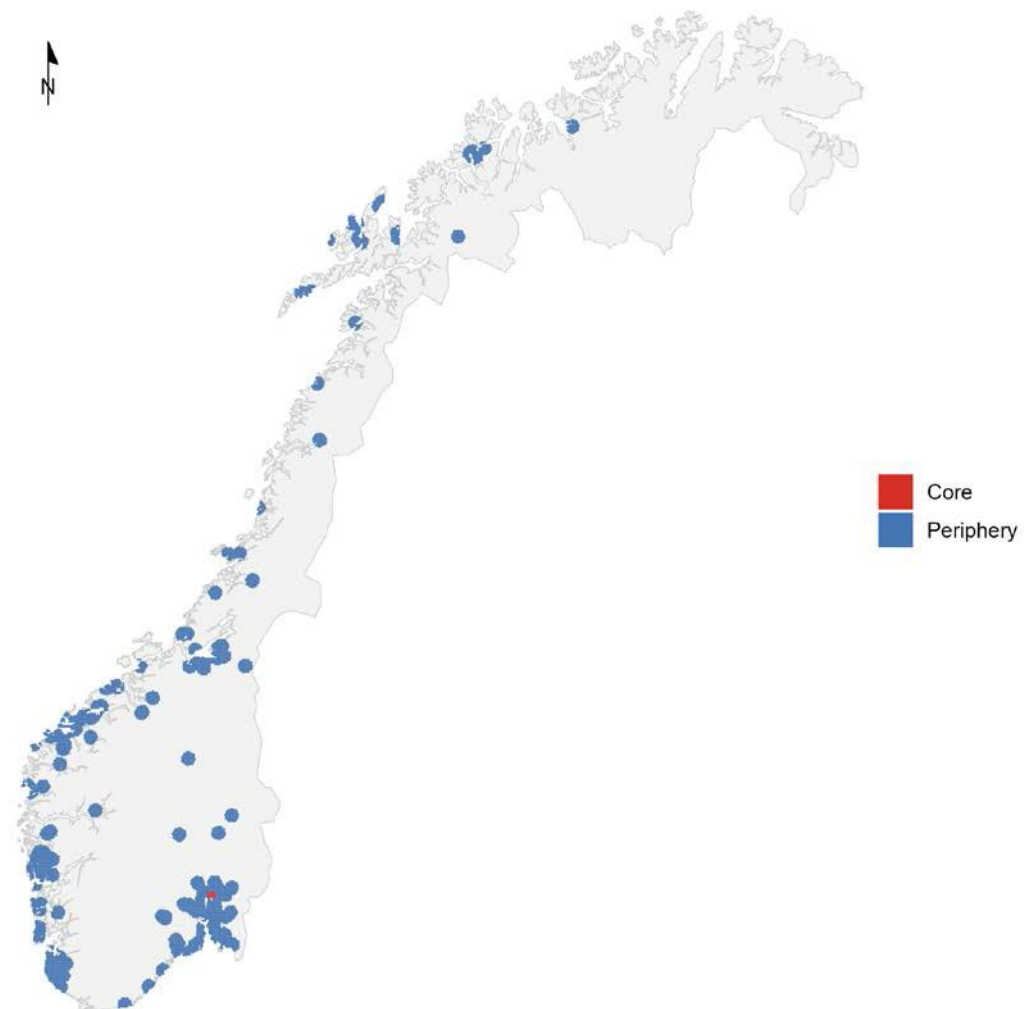
Descripción: Resultados KDE A. Mejora genética y tecnología de semillas , B. Patología y prevención. Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE.

Figura 15: Resultados KDE global Canadá



Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE categoría Mejora genética y tecnología de semillas .

Figura 16: Resultados KDE global Noruega



Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE categoría tecnológica Mejora genética y tecnología de semillas .

Anexo 9. Tabla 9 resumen de Intensidad de KDE por categoría.

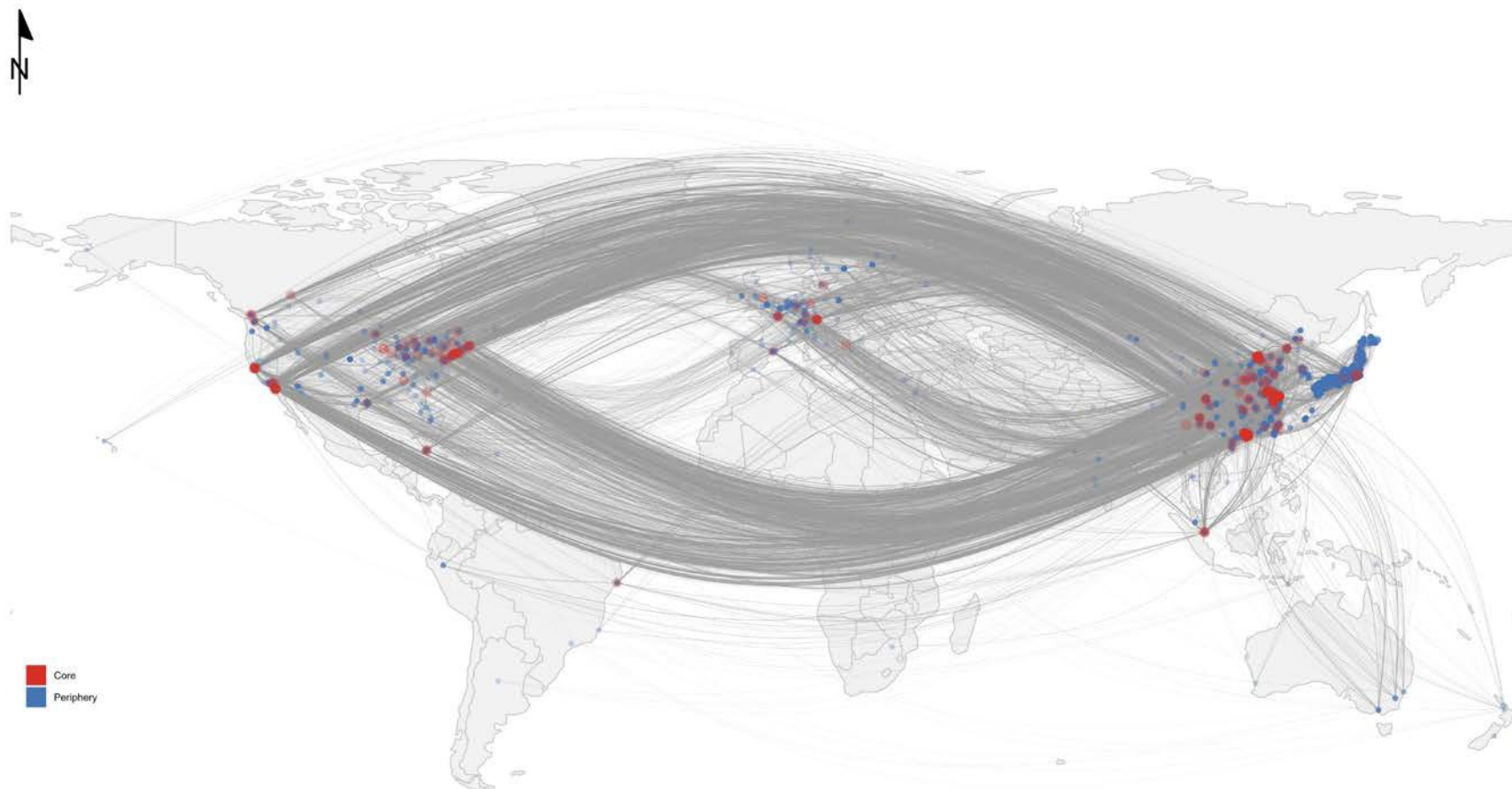
Categorías tecnológicas	Intensidad de patentamiento	Principales centros América del Norte	Principales Centros en Europa	Principales Centros en Asia Oriental	Principales Centros en China Interior
Mejora genética y tecnología de semillas	Alta (Dispersión heterogénea, y mayor presencia de núcleos)	Boston/Harvard New York San Francisco Los Angeles Seattle Houston Norte de Estados Unidos (Interior) San Diego Davis Vancouver Toronto Montreal	Cambridge/Londres París Barcelona Stuttgart/Múnich Bergen (Noruega) Múnich Copenhague/Estocolmo Noruega Montenegro Helsinki (Finlandia) *Sur de Australia	Japon Zona costera de China Beijing Shanghai Xiamen Sendai Seúl y Corea del Sur en general Qingdao Israel (Tel Aviv) Taiwan	Wuhan Hangzhou Guangzhou Chengdu Lago Dongting
Patología y prevención	Alta (Mayor dispersión patrón de periferias y núcleos)	Boston/Cambridge San Francisco San Diego Los Ángeles Chicago Miami/Florida	Sur de Inglaterra París Países Bajos Norte de Alemania Frankfurt Berlín Dinamarca Zurich *Sur de Australia (Melbourne)	Tokio/Yokohama Osaka/Kioto Sur de Japon Fukuoka Beijing/Shanghai Seúl Taipéi	Wuhan Chengdu Changsha Zhengzhou
Alimentos y organismos para alimentos	Alta (Fuerte presencia en Asia)	Boston Washington Nueva York San Francisco Los Angeles San Diego	París Cambridge Londres Países Bajos Barcelona Zurich Munich	Shanghai Beijing Guangzhou/Shenzhen Tokio Osaka Seúl Taipéi	Wuhan Changsha Lago Taihu Cuenca del Yangtze Nanjing
Gestión de crías	Media	Boston New York Chicago San Francisco San Diego	Cambridge Paris Munich	Tokio Osaka Nagoya Shenzen/ Canton Pekin Hong Kong Shanghai Beijing Qingdao Seúl Taipéi	Wuhan Cuenca del Yangtze Zhengzhou
Composición de recursos	Baja (Mayor correlación con centros industriales)	San Francisco San Diego Chicago New York Atlanta	Múnich Zúrich Frankfurt Norwich Países Bajos	Tokio Osaka Beijing Qingdao Shandong Haifa	Mínima presencia interior
Equipamiento y mecanización	Baja (Menor actividad patentadora)	Boston San Francisco New York Chicago New Jersey	Munich Países Bajos Zúrich	Tokio Osaka Pekin Shanghai Shenzhen Seúl	Escasa presencia interior

Descripción: Los países con núcleos más grandes o de mayor intensidad en la categoría son marcados en negrita.

Fuente: Elaboración propia en base a resultados KDE

Anexo 10. Resultado de modelo de redes Everett y Borgatti por categoría tecnológica

Figura 17: mapa de redes para categoría Mejora genética y tecnología de semillas componente más grande



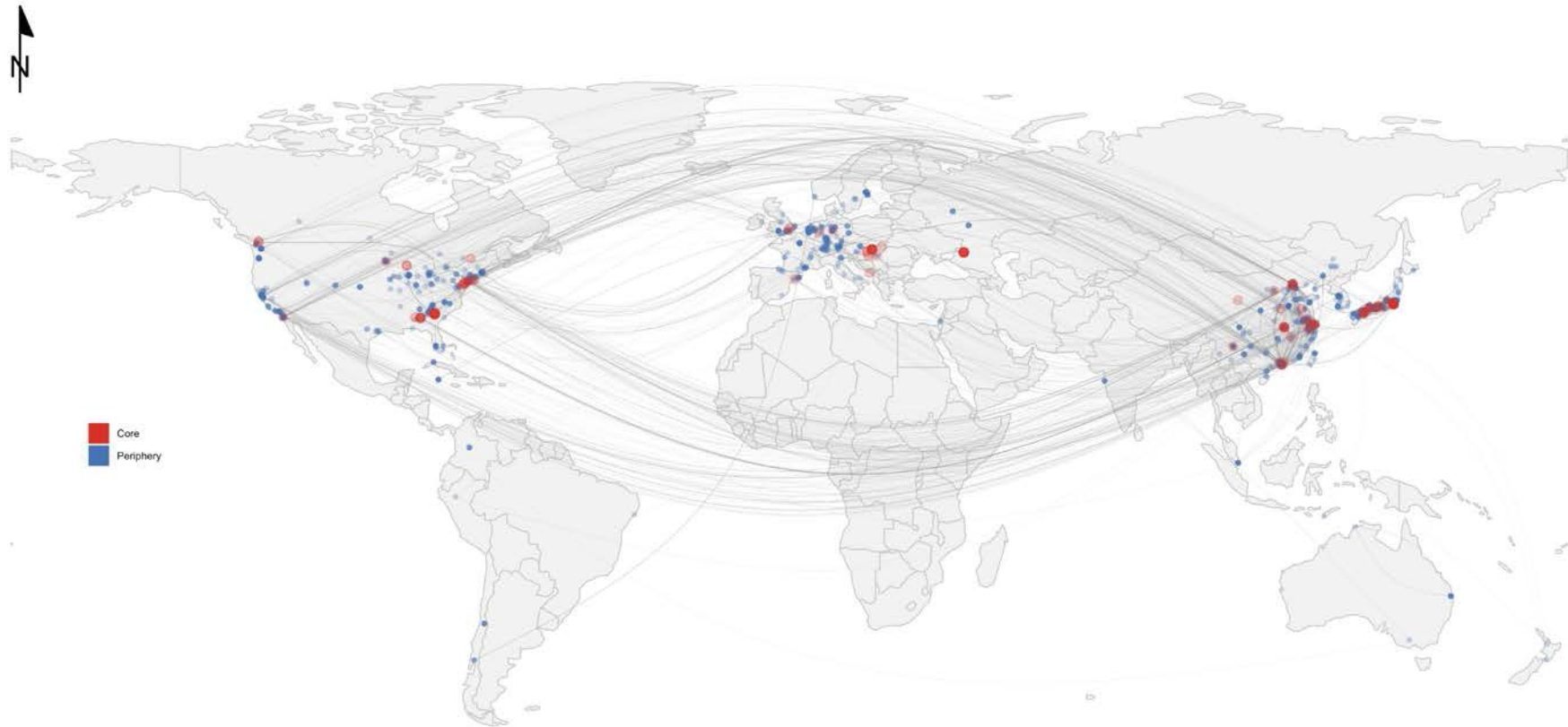
Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 18: mapa de redes para categoría Mejora genética y tecnología de semillas componentes mayores a 4 menores a 13303



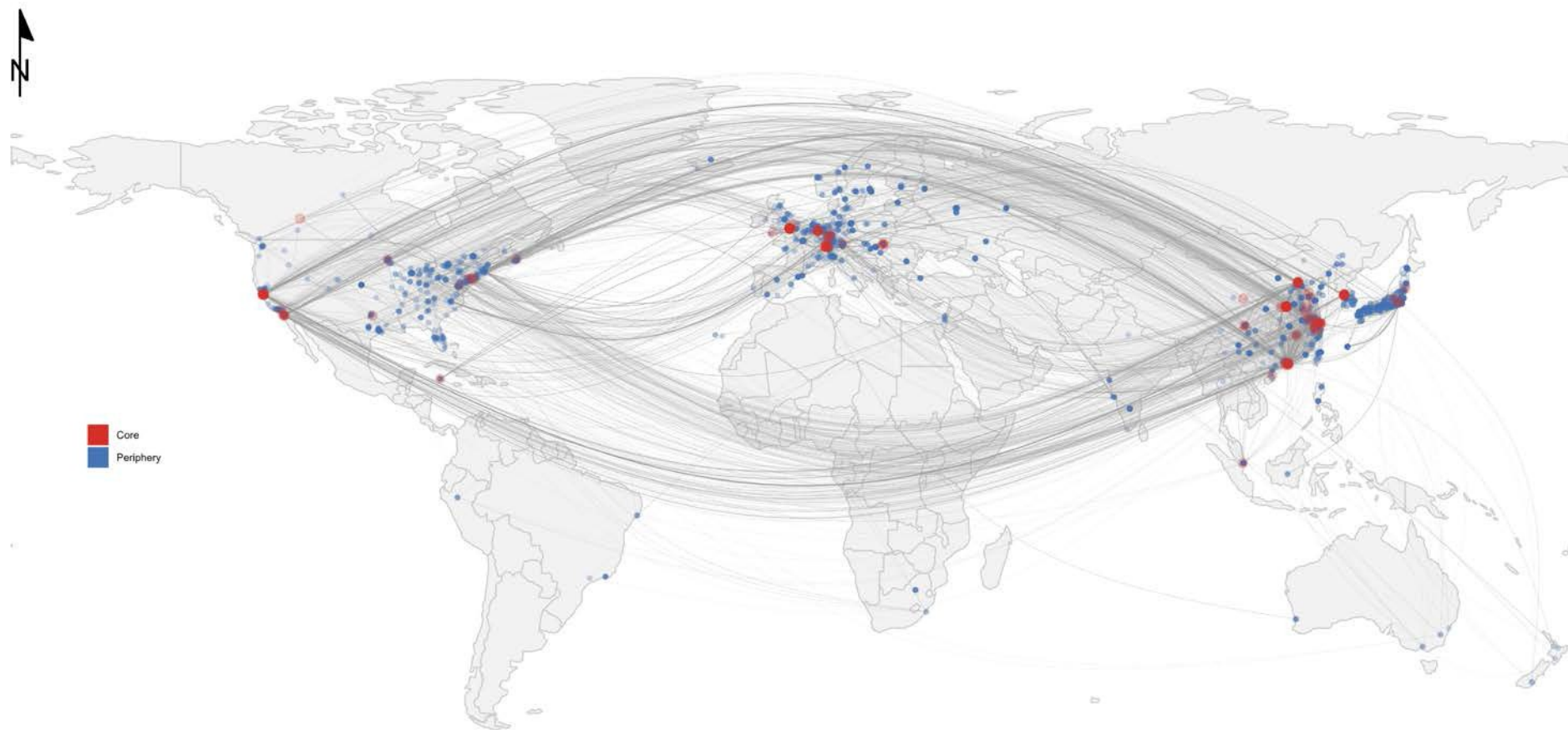
Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 19: mapa de redes para categoría Patología y prevención



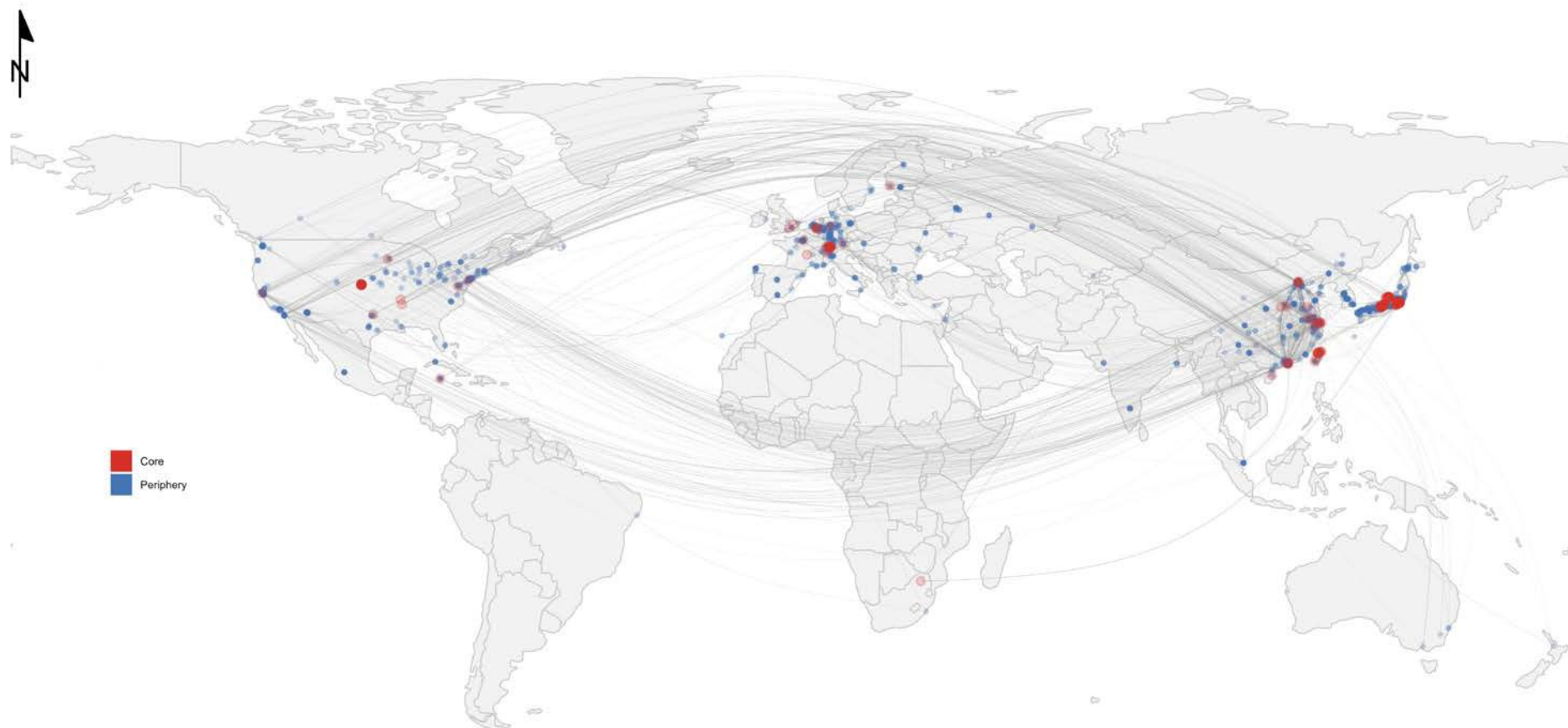
Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 20: mapa de redes para categoría Alimentos y organismos para alimentos



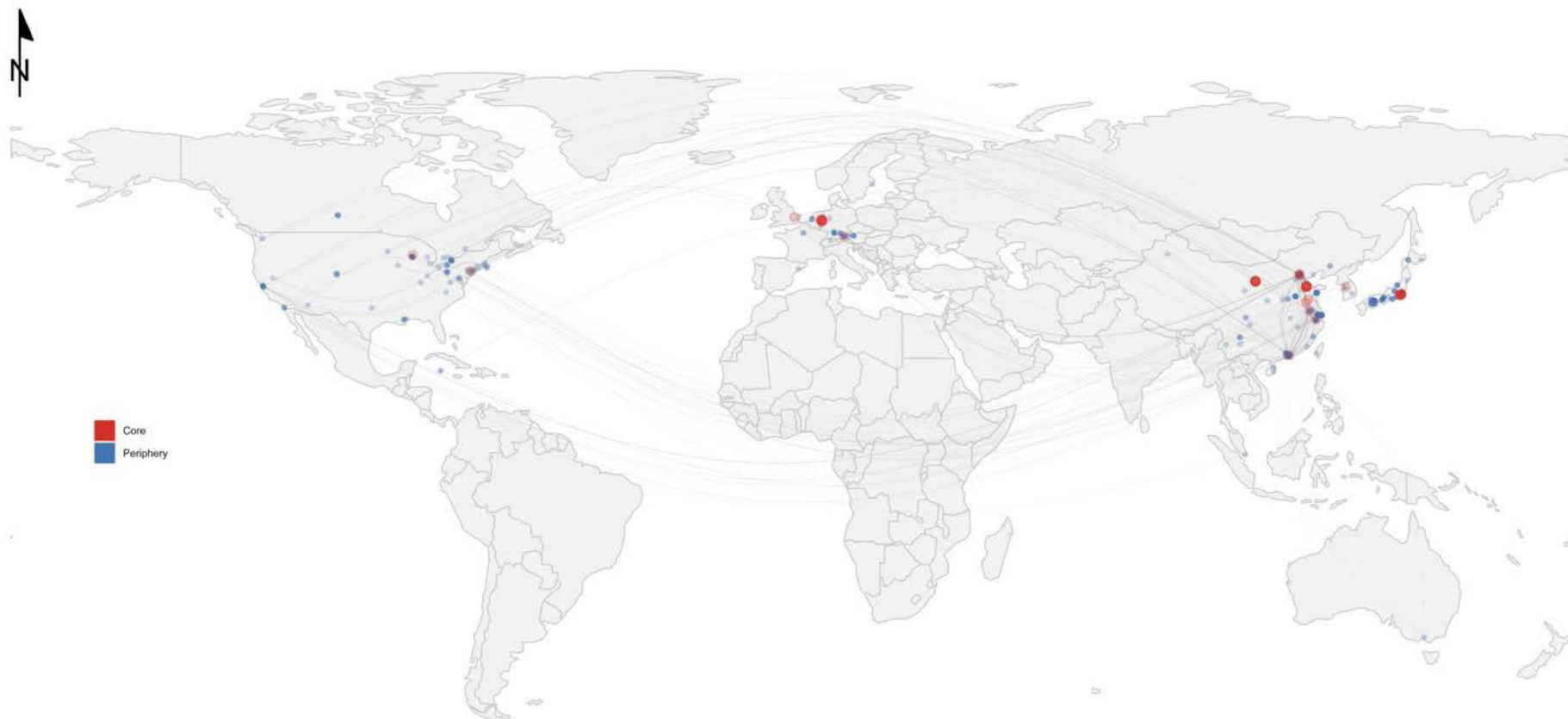
Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 21: mapa de redes para categoría Gestión de crías



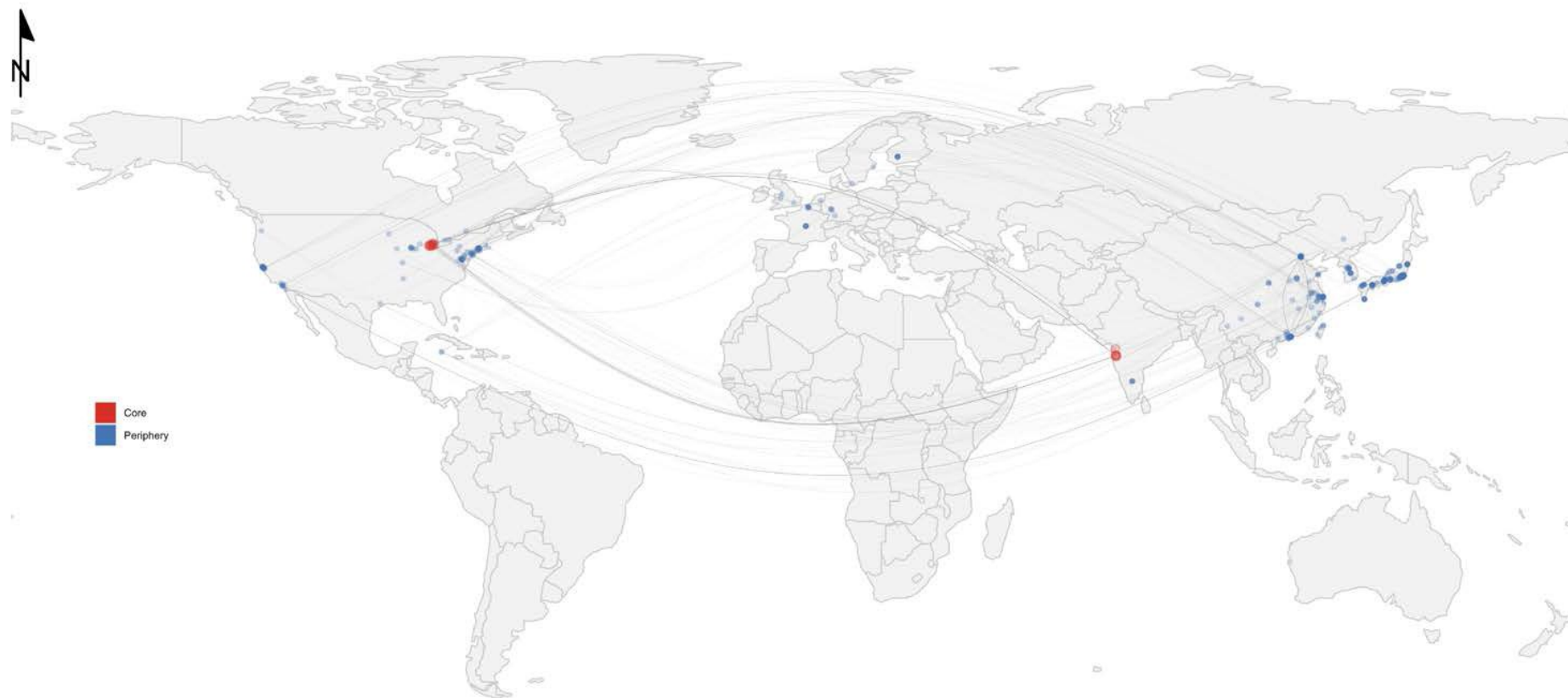
Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 22: mapa de redes para categoría Composición de recursos



Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

Figura 23: mapa de redes para categoría Equipamiento y mecanización



Fuente: elaboración propia en base a resultados PASTAT.

