

DESARROLLO PRODUCTIVO

Agencias regulatorias del Estado, aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas internas

Los casos del Servicio Nacional de Pesca
y Acuicultura y el Servicio Nacional de Geología
y Minería de Chile

Rodrigo Cáceres
Jorge Katz
Marco Dini



NACIONES UNIDAS



DESARROLLO PRODUCTIVO

Agencias regulatorias del Estado, aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas internas

Los casos del Servicio Nacional de Pesca
y Acuicultura y el Servicio Nacional de Geología
y Minería de Chile

Rodrigo Cáceres
Jorge Katz
Marco Dini



NACIONES UNIDAS



Este documento fue preparado por Rodrigo Cáceres, Consultor de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Jorge Katz, Académico de la Universidad de Chile, y Marco Dini, Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Inversiones y Estrategias Empresariales de la mencionada División de la CEPAL, en el marco de las actividades del proyecto de la CEPAL y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), dirigido a apoyar el diseño e implementación de los Programas Estratégicos de Especialización Inteligente para la Competitividad de la CORFO.

Se expresa el más sincero agradecimiento a quienes apoyaron la realización de este trabajo a través de reuniones, entrevistas y valiosos comentarios: Alicia Gallardo, Subdirectora de Acuicultura del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca); María Teresa Cortés, Jefa de la Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin); María Francisca Falcón, Jefa del Departamento de Depósitos de Relave del Sernageomin, y Jonathan Castillo, Gerente del Programa Nacional de Minería Alta Ley.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN electrónico: 1680-8754

ISSN impreso: 1020-5179

LC/TS.2018/40

Distribución: Limitada

Copyright © Naciones Unidas, junio de 2018. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

S.18-00449

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen.....	5
Introducción.....	7
I. Características estructurales de sectores intensivos en recursos naturales: minería y acuicultura.....	9
A. El desarrollo económico, como un proceso sistémico de acumulación de capacidades, construcción de infraestructura, instituciones, mercados y formación de recursos humanos.....	9
B. El crecimiento basado en recursos naturales, un caso particular en que la sustentabilidad medio ambiental y la inclusión social adquieren un papel fundamental en la teoría económica y el modelo de desarrollo.....	11
C. Lo “localidad-específico” de procesos de crecimiento basados en recursos naturales, la necesidad de conocer la “capacidad de carga” y los ritmos de agotamiento del recurso y los vínculos entre la biosfera y la intervención humana, todo lo cual demanda esfuerzos locales de I+D.....	13
D. Estructuración industrial, servicios de ingeniería y el desarrollo de proveedores locales en industrias basadas en recursos naturales.....	14
E. El impacto del ciclo internacional de precios y la demanda de <i>commodities</i> sobre el desarrollo local y la des-acumulación de capacidades tecnológicas.....	15
F. Metrópoli vs. regiones y el papel de ‘lo externo’ en modelos de desarrollo basados en recursos naturales.....	16
II. El papel del Estado: hacia un modelo integrado de aprendizaje y cambio estructural en un contexto de interdependencias sistémicas.....	17
A. El rol del Estado en el desarrollo económico. Capitalismos liberales y concertados y los espacios de intervención cuando el crecimiento está basado en recursos naturales.....	17
B. Modelo analítico: el aprendizaje, las crisis y el “ciclo político” como determinantes del surgimiento de nuevas rutinas al interior de las agencias regulatorias del Estado.....	19
C. La Fiscalización: hacia una comprensión integral del proceso de fiscalización.....	23

III. El servicio nacional de pesca y acuicultura	25
A. La creación de Sernapesca durante la fase de implantación de la producción de salmones. El papel de “lo externo” y “lo local” durante este proceso	26
B. Crisis sanitaria-ambiental y las fases de crecimiento de Sernapesca. Formación de recursos humanos, desarrollo de la capacidad fiscalizadora. Barrios salmoneros y gestión del riesgo	30
C. Escenarios futuros.....	34
IV. El Servicio Nacional de Geología y Minería	37
A. Inicios del Sernageomin, la labor minera y geológica en un contexto de restricciones presupuestarias	38
B. “Somos 33 y estamos todos vivos”: una nueva fase en la gestión del riesgo.....	43
C. Depósitos de relaves y gestión de Pasivos Ambientales Mineros (PAM).....	46
D. Peligros geológicos, hacia una política nacional de reducción del riesgo de desastres naturales	49
E. Crisis volcánicas, provisión de bienes públicos, monitoreo y gestión del riesgo volcánico .	51
F. Escenarios futuros.....	52
Conclusiones	55
Bibliografía	59
Serie Desarrollo Productivo: números publicados	61

Cuadros

Cuadro 1	Resumen acciones de fiscalización sanitaria 2008	30
Cuadro 2	Número de publicaciones. Período seleccionado	46

Gráficos

Gráfico 1	Evolución presupuesto Sernapesca.....	26
Gráfico 2	Expansión productiva y aparición de enfermedades	29
Gráfico 3	Número de brotes de anemia infecciosa del salmón. Enero 2007 – Junio 2016.....	31
Gráfico 4	Evolución dotación efectiva Sernapesca y porcentaje de profesionales, 2002-2016.....	32
Gráfico 5	Evolución presupuesto Sernageomin	38
Gráfico 6	Evolución de números de capacitados anualmente por curso.....	41
Gráfico 7	Evolución 2002-2016, dotación efectiva Sernageomin y porcentaje profesionales	42
Gráfico 8	Evolución presupuesto Sernageomin por programas	43
Gráfico 9	Evolución fiscalización en seguridad minera	44
Gráfico 10	Evolución de la tasa de accidentabilidad, 1980-2016.....	45

Diagramas

Diagrama 1	Interdependencia sistémica en sectores intensivos en recursos naturales.....	20
Diagrama 2	Estructura orgánica Sernapesca 1979-1991.....	27
Diagrama 3	Estructura orgánica SERNAPESCA 1992	28
Diagrama 4	Estructura orgánica SERNAPESCA. Desde el 2014 al 2017.....	33
Diagrama 5	Estructura orgánica Sernageomin 1981.....	38
Diagrama 6	Estructura orgánica SERNAGEOMIN 1998.....	41
Diagrama 7	Estructura orgánica Sernageomin, desde 2016 a la actualidad	48
Diagrama 8	Peligros geológicos y etapas de gestión del riesgo	50
Diagrama 9	Red nacional de vigilancia volcánica – Proceso implementación 2009-2013	52

Resumen

Esta investigación explora los procesos de construcción de capacidades, aprendizaje y especialización de agencias públicas que regulan sectores intensivos en recursos naturales. Particularmente, se estudian los casos de dos agencias regulatorias chilenas en los sectores de acuicultura y minería, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, y el Servicio Nacional de Geología y Minería, respectivamente. A través de una reconstrucción histórica de ambas instituciones, se identifican procesos de sofisticación tecnológica y desarrollo del capital humano, rutinas de fiscalización de mayor complejidad técnica, además de evidenciar la relevancia de los episodios de crisis ocurridos en los sectores que regulan, los cuales indujeron aumentos significativos de presupuesto fiscal, cambios legislativos y nuevas atribuciones en estas agencias, a fin de fortalecer sus capacidades para regular y/o proveer bienes públicos. Más recientemente, se observa el inicio de una tendencia hacia formas de intervención asociadas a la “gestión del riesgo” relacionadas con la vigilancia activa y provisión de bienes públicos asociados al monitoreo y prevención ex ante de riesgos, ya sean biológico-sanitarios en el caso de acuicultura; o de contaminación minera y el ‘spin-off’ del manejo de peligros geológicos en el caso del Servicio Nacional de Geología y Minería. Finalmente, la creciente especialización de estas agencias del Estado en ciencias biológicas y geociencias las conduce gradualmente hacia modelos de gestión basados en ciencia y tecnología como base de su actividad regulatoria. Su futuro en este sentido debe recibir atención prioritaria por parte del Estado.

Introducción

Frecuentemente cuando pensamos en organismos y agencias del Estado, se los identifica como estructuras rígidas, con altos niveles de inercia y resistencia al cambio, en donde no son significativos los procesos de aprendizaje, y la memoria organizacional es escasa por la rotación y pérdida de personal asociada a los ciclos políticos. Por el contrario, cuando hablamos de firmas, abundan en la literatura económica investigaciones —tanto conceptuales como empíricas— sobre los procesos de aprendizaje, *learning-by-doing* y acumulación de capacidades que ellas llevan a cabo, incorporando tecnologías y cambiando sus “rutinas” de producción. Nuestra investigación pretende resaltar y reivindicar la existencia de estos procesos en la esfera pública, en las agencias regulatorias del Estado, —que, por cierto, han sido escasamente examinados— con el fin de cuestionarse cuáles son los factores que inducen u obstaculizan estos procesos de acumulación de capacidades, a fin de promover agencias públicas más “inteligentes”. Esta es nuestra principal contribución, sirviéndonos de la literatura interdisciplinaria de *Government Learning* (Etheredge, 1981) para aportar a cubrir este “déficit” en la literatura recibida.

De esta forma, este trabajo tiene por objetivo profundizar en los procesos de aprendizaje y generación de capacidades dentro de las agencias regulatorias del Estado para el caso de Chile, en un contexto donde el crecimiento económico está basado en recursos naturales. Se estudiarán dos casos particulares, en acuicultura, el papel regulador del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (de aquí en adelante, Sernapesca), mientras que para minería se estudiará el caso del Servicio Nacional de Geología y Minería (de aquí en adelante, Sernageomin). La investigación se estructura de la siguiente manera:

En el primer capítulo se estudian las características del proceso de desarrollo económico en un contexto donde las industrias son intensivas en el uso de recursos naturales, resaltándose el papel central que en estas industrias cumple lo “localidad-específico” y la necesidad de resguardar la sustentabilidad ambiental y la inclusión de las comunidades locales en los procesos de desarrollo, ilustrando estos aspectos en los casos de minería y acuicultura, y que, por cierto, son elementos que no surgen de forma tan relevante en industrias “convencionales” como puede ser la fabricación de textiles o máquinas. Luego, se profundiza en las características particulares de organización industrial de los sectores basados en recursos naturales y en el papel que juega en estos casos el ciclo de precios internacionales generando sucesivas fases de “creación” y “destrucción” de capacidades tecnológicas en la escena doméstica.

El segundo capítulo pasa a preguntarse cuál es el rol del Estado en el desarrollo económico, y en particular, el papel que cumple en el caso de industrias basadas en recursos naturales. A este respecto, emerge con claridad el papel que cumplen las agencias regulatorias del ámbito público, y en este contexto examinamos las circunstancias que generan su creación y construimos un marco analítico para pensar en los factores —endógenos y exógenos— que influyen en el aprendizaje y construcción de capacidades técnicas en las mismas, lo que las lleva a formas más sofisticadas de intervención. En particular examinamos el rol que juegan, por una parte, las crisis, como fuerza que impulsa la necesidad de nuevas funciones de monitoreo y acelera el aprendizaje de las mismas y, por otra parte, los “ciclos políticos”, que también influyen sobre estos procesos de cambio de las agencias del Estado.

A continuación, pasamos al estudio de dos casos. En el tercer capítulo examinamos el desarrollo evolutivo de Sernapesca, específicamente en su regulación de la industria acuicultora, enfatizando su rol en la fase de implantación de la industria de salmones, para luego explorar sus principales funciones en las décadas siguientes. Esta agencia muestra un cambio radical en su nivel de actividad luego de que se desencadenara la crisis de la anemia infecciosa del salmón (ISA) en 2007-08. Se examinan así las sucesivas transformaciones —“fases evolutivas”— de esta agencia, argumentándose que la misma transita desde un enfoque de manejo de emergencias (*ex-post*), hacia una etapa de gestión *ex ante* del riesgo sanitario. Durante los últimos años este proceso evolutivo avanza hacia una etapa de pensamiento estratégico de más largo plazo que se evidencia con la adjudicación de dos proyectos obtenidos por concurso público, bajo financiamiento del Fondo de Inversión Estratégica (FIE) en base a los que construye en la actualidad un núcleo de pensamiento de mediano y largo plazo en acción mancomunada con otros entes del sector público, especialmente universidades nacionales y otras agencias del campo privado. Este proceso ocurre a la vez que la industria a nivel mundial transita hacia una fase “*science-based*” que involucra un mayor uso de sensores, control remoto de la producción e ingeniería genética de salmones y otras especies acuícolas. En algunas de estas temáticas el nivel tecnológico de Chile se encuentra rezagado respecto a la escena internacional y la intención de Sernapesca al abordar algunos de estos nuevos temas parecería ser la de ir cerrando la brecha con el estado del arte internacional en el ámbito de la acuicultura.

En el cuarto capítulo se estudia el avance de Sernageomin, realizando una reconstrucción histórica de sus actividades en regulación minera y la producción de conocimiento geológico. Además, se identifican eventos de crisis como el desastre asociado a la erupción del volcán Chaitén en 2008, y el derrumbe de la mina San José en 2010, que indujeron el establecimiento de una Red Nacional de Vigilancia Volcánica y EL fortalecimiento —importante— de la capacidad fiscalizadora en seguridad minera, dentro de Sernageomin.

Finalmente presentamos las principales conclusiones del estudio, recapitulando los hallazgos en función del marco analítico previamente presentado y planteando nuevas interrogantes que surgen sobre el rol que cumplirán estas agencias en los escenarios futuros de avance tecnológico (industria 4.0 e ingeniería genética, por ejemplo) y de degradación ambiental (agotamiento de la base de recursos naturales y alteración de servicios ecosistémicos). Las últimas páginas del trabajo plantean una reflexión final sobre cómo el sector público debiese manejar estos temas de largo plazo relacionados con los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas en el campo de las agencias regulatorias del estado y permitir un gradual acercamiento de las mismas a la frontera internacional del conocimiento en sus respectivos campos de actividad.

I. Características estructurales de sectores intensivos en recursos naturales: minería y acuicultura

A. El desarrollo económico, como un proceso sistémico de acumulación de capacidades, construcción de infraestructura, instituciones, mercados y formación de recursos humanos

Una de las preguntas fundamentales que enfrenta la disciplina de la economía es la de explicar el desarrollo económico. ¿Por qué algunos países crecen más rápido que otros? ¿Por qué algunas sociedades no logran mejorar su desempeño relativo a través del tiempo? Existen al menos dos cuerpos de literatura que han elaborado teorías sobre las causas del desarrollo y las diferencias que surgen en este plano entre países. Por una parte, se encuentra la (i) **teoría neoclásica**, basada en modelos de equilibrio general, en que los arreglos competitivos alcanzan resultados Pareto óptimos, en los cuales no se puede incrementar el bienestar de un agente sin empeorar el del resto. Desarrollada en un contexto dinámico por Solow-Swan en los años 50, en la teoría neoclásica tanto las instituciones como el cambio tecnológico subyacen a la teoría pero no son modelados explícitamente, quedando en una suerte de “caja negra” como parámetros exógenos. Al carecer de estructura institucional, la economía neoclásica es una teoría atemporal, y por ende las recomendaciones de política que de ella surgen son universalmente aplicables sin importar el contexto (Lipsey, 2002), y se pueden resumir como “resolver fallas de mercado” para poder alcanzar o acercarse a una asignación de recursos Pareto óptima.

Uno de los supuestos básicos de la economía neoclásica es que los bienes que se comercian sean bienes privados puros, es decir, rivales en el consumo y perfectamente apropiables, pues si esto no se cumple, las asignaciones Pareto óptimas no son alcanzables. Con el avance de la investigación económica, se reveló que no solamente los bienes públicos (no rivales y no apropiables) quedaban fuera de la categoría de bienes privados. Con las publicaciones de Arrow (1962) y posteriormente de Romer en el marco de la nueva teoría del crecimiento endógeno, ellos agregan que el conocimiento científico-tecnológico —que es la base del cambio tecnológico— tampoco tiene características de bien privado, pues no presenta rivalidad (su uso por un individuo no merma la capacidad de otro para usarlo, e incluso el conocimiento es un bien

que se enriquece con su difusión) y es sólo parcialmente apropiable en muchos casos. Además, la incertidumbre inherente al proceso innovador (esfuerzos de I+D) plantea la imposibilidad de maximizar beneficios, y por ende, de resolver una asignación óptima de los gastos de I+D. Por otra parte, los trabajos de Hardin (1968) y posteriormente de Ostrom, revelaron que muchos de los recursos naturales de acceso común (recursos pesqueros, bosques naturales, calidad del agua y aire) y los servicios que ellos proveen, tienden a ser sobreexplotados en episodios de “tragedia de los comunes”, pues se trata de bienes rivales, pero presentan imperfecta apropiabilidad, en el sentido de que en muchos casos es inviable asignar derechos de propiedad. De esta forma, también en estos casos es difícil de argumentar la posibilidad de alcanzar optimalidad en el sentido de Pareto.

En consecuencia, el hecho de que los bienes más relevantes para el desarrollo económico, nuestra base de recursos naturales y el conocimiento que subyace al cambio tecnológico no posean características de bien privado, supone que los planteamientos neoclásicos no pueden ser fácilmente sostenidos y se deba avanzar hacia una caracterización más compleja del comportamiento de los agentes económicos en estos casos.

R. Lipsey (2002) plantea con claridad dicha transición entre la visión neoclásica original y lo que él denomina la (ii) **teoría estructuralista-evolutiva** de años recientes, centrado en una mirada endógena del cambio tecnológico que impulsa el crecimiento de la productividad. En este segundo cuerpo de literatura, se abordan explícitamente los aspectos que en la teoría neoclásica permanecen como “caja negra”, las instituciones y el cambio tecnológico. Su incorporación supone que las recomendaciones de política sean altamente sector-específicas, pues nos encontramos en escenarios de interdependencias entre distintos actores del entramado social, empresas, comunidades, ONG’s, entidades de gobierno central y local, agencias regulatorias, quienes están sujetos a cuerpos legislativos —constitución, reglamentos, leyes— que delimitan sus libertades positivas y negativas (Berlin, 1969) para vincularse económicamente e intervenir en el territorio que comparten. En este esquema, la tecnología no solamente está incorporada en el proceso productivo a través de tecnologías físicas, sino también en los modos de organización de la producción a través de tecnologías sociales (Nelson, 2003). La perspectiva evolutiva del desarrollo económico (Nelson & Winter, 1982), está fundamentalmente inspirada en nociones de biología evolutiva para comprender los procesos de avance tecnológico, incorporando conceptos como aprendizaje, imitación, rutinas de producción, tecnologías sociales, resiliencia, asimilando así a los actores sociales a ‘organismos vivos’ que co-evolucionan en función de las interacciones entre sus genes o “ADN”, adaptándose a las características del ecosistema que las circunscribe¹.

De esta forma, en esta visión del desarrollo nos alejamos de la noción de “equilibrio” y del “agente representativo” perfectamente racional y con perfecta comprensión del futuro —y donde por ende no existen fallas de mercado— que propone la teoría neoclásica. En cambio, se adopta la idea del desarrollo económico como un proceso de acumulación de capacidades y capital (en sus distintas formas), donde existen cambios en las rutinas de comportamiento, aprendizaje, interacciones e interdependencias en el entramado social, reflejadas en la construcción de determinadas instituciones, entendidas como las ‘reglas del juego’ y encadenamientos sistémicos (North, 1990; Hirschman, 1977). A su vez, estos actores son impactados por episodios de desequilibrio interno y crisis, los cuales desencadenan cambios en los modos de producción, provisión de bienes públicos, construcción de capacidades, acumulación de experiencia y cambios sobre el poder relativo de negociación que posee cada uno de ellos. De este modo, se adoptan las nociones de “co-evolución” en un contexto con fallas de mercado, ocurrencia de episodios de “tragedia de los comunes” (Ostrom, 1990) e información imperfecta. Por otra parte, al plantear el conocimiento como la base del avance tecnológico, naturalmente aparece el **aprendizaje** como el resultado de la acumulación de conocimientos y experiencia, y, en este sentido, nuestro propósito será estudiar el aprendizaje de las agencias regulatorias que son parte de este sistema.

Cabe destacar que con lo desarrollado, desde la economía aún tenemos una escasa comprensión sobre qué rol juega lo ambiental en los procesos de desarrollo, en cuanto a las nociones de conservación, de la sustentabilidad ambiental, de los servicios ecosistémicos (Daily, 1997) y su capacidad de carga (Arrow et al., 1995), o del impacto de los desastres naturales, nociones recientes que no son parte del

¹ Para una introducción formal de teoría evolutiva en economía, véase: (Dosi & Nelson, 1994).

instrumental de la economía neoclásica, y son elementos que se tornan muy relevantes en el caso de sectores intensivos en el uso de recursos naturales, pues sus actividades están asociadas a un alto impacto ambiental y sobre las comunidades locales donde se explota el recurso.

B. El crecimiento basado en recursos naturales, un caso particular en que la sustentabilidad medio ambiental y la inclusión social adquieren un papel fundamental en la teoría económica y el modelo de desarrollo

En la literatura económica de crecimiento basado en recursos naturales se han desarrollado teorías como la “maldición de los recursos naturales” o la “enfermedad holandesa” en que los booms de industrias intensivas en recursos naturales desplazan sectores de mayor valor agregado —principalmente manufacturas— apreciando el tipo de cambio real y reduciendo la competitividad del sector industrial (Corden & Neary, 1982; Sachs & Warner, 1995). De esta forma, países con una abundancia relativa de recursos naturales y que presentan un ritmo bajo de crecimiento pareciesen sufrir esta “maldición”. Sin embargo, paradójicamente países ricos, como Canadá, Noruega o Australia, han logrado crecer rápidamente y con altos niveles de desarrollo tecnológico en sectores intensivos en recursos naturales, como minería, acuicultura, silvicultura, pesca, entre otros. Naturalmente, esto sugiere que la abundancia de recursos naturales en sí misma, no representa un freno u obstáculo para el desarrollo económico, sino que bajo ciertos arreglos institucionales de innovación y acumulación de capacidades los mismos pueden ser parte de procesos virtuosos de crecimiento económico. Esto trae a un primer plano el papel que el Estado juega en estos casos fomentando la creación de mercados y conocimientos tecnológicos que potencien el desarrollo de estas actividades generando vínculos inter-industriales (Ranestad, 2017) y de articulación con las ciencias naturales y geociencias asociadas a cada uno de ellos.

Producir cobre, salmones, frutas o petróleo no es lo mismo que producir zapatos, textiles o máquinas. Una planta de producción de máquinas o textiles escasamente debe preocuparse por su impacto ambiental —a excepción del control de sus emisiones y desechos— o por su impacto en las comunidades locales, puesto que, por lo general, no afecta en forma gravitante las condiciones del ecosistema que la rodea y su productividad tampoco depende profundamente del mismo. En cambio, esto sí ocurre en industrias basadas en recursos naturales, pues su productividad depende intrínsecamente de la abundancia y calidad de los recursos naturales presentes en el ecosistema y de los métodos o paquetes tecnológicos que el ser humano utiliza para su explotación. Estos sectores son capaces de modificar significativamente las condiciones de los ecosistemas, además de generar desechos y contaminación proporcionales al nivel de actividad productiva. En consecuencia, la especificidad local que los caracteriza y la necesidad de explotarlos de manera ambientalmente sustentable y socialmente inclusiva, a fin de sostener la producción en el largo plazo, abre una gran cantidad de nuevas interrogantes que es necesario enfrentar cuando el patrón de especialización y comercio está volcado hacia los recursos naturales, lo cual corresponde al panorama general de Chile.

La naturaleza del recurso que se explota es capaz de demarcar la estructuración de toda la cadena de valor, así como también la duración del ciclo productivo. Es decir, el tipo de recurso determina la función de producción, además del período de recuperación de la inversión asociada. Por otra parte, el recurso experimenta desgaste y resiliencia, esto es, tiene un rasgo intrínseco de recuperación biológica. En el caso de la acuicultura, la distancia entre los centros de cultivo adquiere importancia por la disponibilidad de oxígeno y la transmisión de patógenos, y por ende son necesarios los regímenes de “descanso sanitario”, pues el sistema productivo adquiere altos niveles de riesgo cuando todos los centros operan muy cerca unos de otros. De esta forma, además del desgaste intrínseco de lo biológico (la calidad del recurso hídrico) por el cultivo, la cercanía relativa genera la atracción de patógenos que se transforman en huésped de las especies cultivadas.

De este modo, debido a la relevancia de estos procesos de desgaste y resiliencia del medio acuático, los cuerpos de agua poseen una cierta “capacidad de carga” local específica, la que es necesario conocer si se quiere asegurar que la explotación del recurso sea eficiente y sustentable en el tiempo. Esta capacidad corresponde al límite biológico de los cuerpos de agua para cultivar recursos hidrobiológicos (peces o mitílidos) sin que se arriesgue la calidad sanitaria y ambiental en el ecosistema marino. Para

conocer dicha capacidad de carga se requieren esfuerzos específicos de investigación en biología marina, genética, epidemiología, oceanografía, entre otras, que permitan identificar con detalle la tecnología de producción y de manejo ambiental que requieren los centros de cultivo para conseguir que la producción sea ambientalmente sustentable y respetuosa con el lugar donde se explota el recurso.

Si bien es relevante conocer estas restricciones desde la perspectiva productiva, es igualmente necesario comprender cómo afectan estos sectores a los servicios ecosistémicos que sostienen la vida humana. Entre estos impactos están la pérdida de biodiversidad, alteraciones en las cadenas tróficas, uso y contaminación de aguas y suelos, entre otros, que afectan en mayor medida a las comunidades locales que dependen de estos servicios. Asimismo, los beneficios que estos servicios proveen en su mayor parte no entregan señales de precios sobre cambios en su escasez o condición (Daily, 1997, p. 2), por lo que se opera en un alto nivel de incertidumbre sobre su estado.

Las comunidades adquieren un rol fundamental en el proceso de legitimación social de este tipo de industrias, entendiendo la legitimación como la capacidad para obtener flujos de recursos de parte de los distintos *stakeholders* (Hybels, 1995). Para ejemplificar, en la industria salmonera al sur de Chile, las crisis sanitarias, las mortalidades masivas de salmones y el elevado uso de antibióticos, han convertido a la industria salmonera en un vecino indeseado en la región, generando altos niveles de conflictividad con las comunidades locales y por la competencia por el uso de los espacios costeros, especialmente con los pescadores artesanales, quienes en forma creciente demandan derechos ambientales y laborales, y pueden limitar el avance de nuevos proyectos de inversión acuícola.

En el caso de la minería, la especificidad local se manifiesta en las diferencias en las reservas (magnitud) y ley (concentración) del mineral, la dureza de la roca, entre otras variables geológicas a considerar para la explotación, que consecuentemente implica la utilización de equipos y tecnologías en función de las características locales del yacimiento. En este sector tratamos con recursos del tipo no renovables donde la explotación del mineral y su consecuente agotamiento —caída de la ley— lo enfrenta a un escenario con costos de extracción crecientes en el tiempo². Asimismo, la extracción y los métodos de concentración del mineral generan relaves³, desechos minerales de bajo valor económico que contienen restos del mineral extraído, sustancias químicas y metales pesados, algunos de los cuales son tóxicos para la salud humana. Estos desechos deben ser acumulados en depósitos de relaves⁴. Es aquí donde se evidencia el impacto sobre las comunidades, en un contexto de escasez de espacio disponible para ubicar estos depósitos, y donde las comunidades locales rechazan el emplazamiento de estas estructuras en sus cercanías debido a los riesgos que están asociados a estos tranques y embalses de relaves (Fundación Chile, 2016).

Entre estos riesgos se pueden enumerar⁵: los episodios de colapsos de tranques de relaves (Tranque Barahona; 1928, 54 Muertos; El Cobre, Mina el Soldado, post-terremoto 1965, aprox. 200 muertos; Illapel, 2015; Colapso de 6 relaves post-terremoto 2010, entre ellos el tranque Las Palmas, Penciahue, 4 muertos); roturas de canaletas del tranque o derrames de relave (Ujina, 2016); contaminación del aire por polvo en suspensión (Andacollo); contaminación de napas subterráneas debido a la infiltración de aguas desde los depósitos - drenaje ácido (Caimanes). De esta forma, históricamente se han generado desastres ambientales y puesto en peligro la salud de las comunidades colindantes a los tranques por la exposición a metales dañinos para el ser humano y el riesgo de colapso de estas estructuras.

Desde una perspectiva más amplia, se habla hoy no solamente de los depósitos de relaves, sino de la gestión ambiental del cierre de las faenas mineras, para los cuales es necesario asegurar su estabilidad química y física en el largo plazo a fin de evitar riesgos de colapso, drenaje ácido o dispersión de material particulado.

² Esto ocurre sin considerar los esfuerzos de exploración minera, que eventualmente pueden permitir disponer de depósitos de mayor ley.

³ Se ha identificado la aparición de empresas pequeñas que ‘compran’ el relave para extraer los remanentes de cobre a bajo costo.

⁴ A diciembre de 2016, el catastro de depósitos de relaves (Sernageomin) contó un total de 696, de los cuales el 52% se encuentra en la IV Región. Del total de relaves, un 16,1% están activos, un 62,6% no activos y un 21,3% se encuentran abandonados.

⁵ En paréntesis se muestran los principales hitos históricos de desastres asociados a depósitos de relaves en Chile, y las respectivas pérdidas humanas.

Por otra parte, las comunidades locales adquieren relevancia pues una parte significativa de ellas se vincula directamente con estos sectores productivos, ya sea por la conflictividad asociada a los impactos negativos del sector, o bien empleándose en las distintas etapas de la cadena de valor de estos sectores productivos. Dentro de la “comunidad” podemos encontrar a las asociaciones sindicales, las ONG, los pueblos originarios y la sociedad civil.

Con respecto a los pueblos originarios, los conflictos étnicos surgen principalmente por las discrepancias de cultura y cosmovisión, pues en la mayoría de los casos, para estas comunidades la naturaleza posee el carácter de sagrado. La defensoría de sus derechos se ha traducido, por ejemplo, en acuerdos como el convenio 169 de la OIT, y la aprobación de los Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO).

Para los pueblos locales, en términos más generales, sus principales inquietudes van por el lado de la provisión de “bienes meritorios” (Musgrave, 1959) como infraestructura, servicios públicos de salud, educación, transporte y conectividad que les permita tener una calidad de vida digna. Por otra parte, están los temas de contaminación y desechos, donde los principales ejemplos para los casos en cuestión —minería y acuicultura— serían los pasivos ambientales mineros (PAM) y la sedimentación de los fondos marinos y pérdida de biodiversidad marina, respectivamente.

C. Lo “localidad-específico” de procesos de crecimiento basados en recursos naturales, la necesidad de conocer la “capacidad de carga” y los ritmos de agotamiento del recurso y los vínculos entre la biosfera y la intervención humana, todo lo cual demanda esfuerzos locales de I+D

Cuando la actividad productiva se sustenta intensivamente en el uso de recursos naturales, nos alejamos considerablemente del prisma de análisis neoclásico, en el cual prevalecen elementos como la ‘universalidad’ y “elegancia” de la modelización matemática (Nelson, 1993) y su capacidad para resolver estados de equilibrio y óptimos de Pareto, que destacan por la universalidad de sus resultados, en un espíritu de búsqueda de “leyes naturales” en la economía. De este modo, la especificidad e idiosincrasia de las características del medio local no adquieren relevancia en el cuadro neoclásico, y por lo tanto, para nuestro esquema de análisis es necesario incorporar estas características de forma explícita, para llegar a una mejor comprensión sobre las distintas fuerzas que interactúan en modelos de crecimiento basados en recursos naturales, y que determinan los arreglos institucionales y las “reglas del juego”.

La especificidad del ecosistema donde se ubican los recursos naturales, su localización geográfica, condiciones climáticas, geológicas, marinas, entre otras, condicionan el proceso de crecimiento de industrias intensivas en estos recursos, en el sentido de que los conocimientos generados y los esfuerzos de I+D tienen un carácter altamente local, y la importación de tecnologías debe ser calibrada y adaptada a los rasgos específicos de cada caso. A modo de ejemplo, los salmones chilenos no son genéticamente idénticos a los que se cultivan en Noruega o Escocia, pues difieren en patologías, en las vacunas necesarias para mantenerlos sanos, los métodos de piscicultura y las características oceanográficas de los cuerpos de agua donde se cultivan. Con respecto a esta última, si se trata de cultivar organismos vivos en medios acuáticos, existe un determinado límite o “capacidad de carga” del medio para incubar su desarrollo, que depende de las características locales del medio acuático, como la profundidad del cuerpo de agua, apertura y fuerza de las corrientes, tasa de sedimentación, pH, entre otras. Respetar este límite permite evitar el riesgo de sedimentación de los fondos marinos y la caída en la disponibilidad de oxígeno, que se relaciona con la calidad de vida de la biomasa cultivada.

En el caso de la extracción minera, la ubicación de las faenas está, por definición, determinada por la disponibilidad de minerales de valor, y las características geológicas del mineral condicionan los equipos y métodos de extracción a utilizar (minas a cielo abierto o subterráneas), así como también las necesidades energéticas e hídricas para llevar a cabo los procesos de refinamiento y concentración del metal.

Además de la especificidad local, debemos agregar que el recurso natural opera como un “**blanco móvil**”, ya que se modifica constantemente en función de dos factores principales. Primero, el paquete tecnológico utilizado para su explotación, que determina el nivel de desgaste del recurso y los desechos generados. Y segundo, el ecosistema que circunscribe el recurso, que es capaz de mutar ya sea por procesos naturales de la Tierra, o por causas antropogénicas, como el cambio climático, que pueden alterar las condiciones para el uso y explotación de estos recursos. En este contexto, es necesario comprender los vínculos entre el recurso, el ecosistema, y la intervención humana, lo cual implica esfuerzos multidisciplinarios y de naturaleza local-específica sobre las condiciones del ecosistema, la disponibilidad de recursos y las tecnologías de producción adecuadas para un manejo sustentable a largo plazo.

Para cerrar ideas, en este plano debemos decir que tanto la especificidad local como la inclusión de las comunidades juegan un papel crucial cuando se trata de crecer en base a recursos naturales —como se muestra aquí para los casos de minería y acuicultura—, pues la naturaleza del recurso determina la estructuración de toda la cadena productiva, el comportamiento de la comunidad y aspectos financieros como la magnitud de las inversiones requeridas y la duración del ciclo productivo. Asimismo, el desarrollo de estas industrias está inherentemente asociado al estudio y comprensión de ciencias naturales y geociencias; geografía, las variadas ramas de la geología, geoquímica, geofísica, hidrogeología, como ejemplos para el caso de minería; y oceanografía, medicina veterinaria, parasitología, epidemiología, farmacología, biología marina, alimentación, entre otras, en el caso de acuicultura. Estas ciencias permiten comprender los vínculos entre el recurso, los ecosistemas y la intervención humana, y su co-evolución, que son esenciales para alcanzar una producción ambientalmente sustentable. Como veremos más adelante, las agencias regulatorias vinculadas a estos sectores productivos se especializan en el conocimiento y aplicación de algunas de estas ciencias para aportar al conocimiento y fortalecer la efectividad de sus regulaciones y fiscalización, con el fin de promover la sustentabilidad ambiental, económica y social.

D. Estructuración industrial, servicios de ingeniería y el desarrollo de proveedores locales en industrias basadas en recursos naturales

Como un fenómeno general, el crecimiento de industrias basadas en la explotación de recursos naturales se ha visto acompañado por la aparición de proveedores de bienes de capital y servicios de ingeniería. Tanto la acuicultura como la minería, son ‘industrias de proveedores’ en el sentido de que las mejoras tecnológicas que las mismas introducen viene incorporada en los servicios e insumos intermedios que los fabricantes de equipos y las firmas de ingeniería abastecen. Además, vemos que durante las últimas décadas el progreso de nuevas disciplinas y campos tecnológicos como la biología molecular, ingeniería genética, inmunología, ciencias de salud animal, informática, TIC’s y ciencias de la computación, sistemas de control remoto, entre otras, se han traducido en diversas aplicaciones (bienes y servicios) para distintos subprocesos de la cadena productiva de estos sectores. En términos simples, los aumentos en la escala de producción y la absorción tecnológica dentro de las firmas han inducido una mayor complejidad y especialización en el sistema productivo. De esta forma, las firmas que inicialmente operaban con un alto nivel de integración vertical produciendo “in house” gran parte de los insumos intermedios y servicios a la producción que requieren, han ido gradualmente avanzando hacia una mayor des-verticalización, llevándolas a subcontratar estos insumos y servicios con proveedores especializados en distintos tramos de la cadena productiva, cuyas mejoras tecnológicas vienen incorporadas en los servicios e insumos intermedios que venden. Por otra parte, el avance regulatorio y la mayor fiscalización también ha generado una mayor demanda de servicios especializados, de parte de las agencias regulatorias. Éstas, al determinar sus protocolos de fiscalización —que son sector-específicos— definen la necesidad de servicios profesionales por rama disciplinaria del saber. Este proceso puede ser observado en los dos sectores estudiados, minería y acuicultura.

Asimismo, esta fase de maduración ha impulsado el desarrollo de recursos humanos locales, el aumento de la oferta de formaciones profesionales asociadas a cada sector, y la matrícula universitaria y técnica. Así, este proceso co-evolutivo entre la escala de la industria, una mayor subcontratación de bienes

y servicios, y el desarrollo de formación de recursos humanos calificados ha caracterizado la maduración de industrias intensivas en recursos naturales.

En materia de organización industrial, existe heterogeneidad estructural en los tamaños de planta y capacidad instalada, lo que implica que la producción por firma varía, así como sus estructuras de costos y la tasa de ganancia. En otros términos, la transición hacia procesos productivos más intensivos en conocimiento y de mayor valor agregado doméstico también puede estar afectada por la escala operativa de las empresas y por la presión que las agencias regulatorias ejercen al sector.

E. El impacto del ciclo internacional de precios y la demanda de *commodities* sobre el desarrollo local y la des-acumulación de capacidades tecnológicas

Uno de los factores que se encuentra subyacente a este proceso de maduración y especialización productiva es el precio internacional, determinado por la demanda mundial de *commodities*, y que fija la tasa de ganancia de las firmas. El ciclo de precios internacionales en períodos de bonanza (nivel alto de precios) ha permitido sostener los encadenamientos productivos generados con los nuevos proveedores de servicios —asociados al desarrollo y maduración de ambos clusters— además de posibilitar la inversión en proyectos de mayor contenido tecnológico y generar demanda por I+D. Esto se fundamenta en parte, ya que cuando el ciclo está al alza, la rentabilidad del capital es alta y muchos proyectos de inversión se rentabilizan. En consecuencia, hay más holgura sobre la aprobación de proyectos, se genera un clima de mayor interés por expandir la capacidad instalada, admitiendo proyectos marginales con un VAN más bajo que el de equilibrio de largo plazo, pues el nivel de precios asegura una mayor espalda financiera para sostenerlos.

Por el contrario, en períodos recesivos, la caída en el precio internacional cuando el ciclo va a la baja disminuye la tasa de ganancia para la empresa promedio, las firmas productoras marginales salen del mercado pues al ser las menos eficientes no pueden cubrir sus costos variables de producción, mientras que la menor tasa de ganancia de las firmas reduce su demanda por I+D y servicios de ingeniería, pues, a este respecto, las firmas adoptan una conducta de “*wait and see*” a la espera de un repunte en el precio. De forma similar, esto se fundamenta en que cuando el precio internacional cae, los proyectos de inversión pierden rentabilidad, los proyectos en el margen ($VAN \approx 0$) dejan de realizarse, y de esta forma, hay una mayor selectividad en su admisión. De esta forma, en la fase contractiva se extienden los plazos de pagos a firmas de ingeniería y proveedores locales, que por su tamaño no tienen una espalda financiera para resistir períodos recesivos, y por ende, deben reducir personal o declararse en quiebra, dando la opción de ser absorbidos por empresas de mayor tamaño.

El valor de la acción de la firma en el mercado accionario premia un mayor EBITDA (beneficios sin descontar gastos financieros) de corto plazo, pero no otorga mayor importancia a la posición tecnológica de la firma a medio y largo plazo, por lo que termina convalidando la reducción de los gastos de ingeniería durante la fase recesiva del ciclo de precios internacionales del commodity.

Todo esto ocurre en un contexto de aumento generalizado de costos para las empresas productoras. Por una parte, tenemos el desgaste o agotamiento del recurso natural a medida que se explota, lo que incrementa los costos por unidad producida y reduce la productividad. Y por otra parte, las mayores exigencias y regulación por parte de las agencias del Estado, y el aumento del poder de negociación de las comunidades, quienes crecientemente exigen garantizar sus derechos ambientales y la provisión de medidas de mitigación, contribuyen a aumentar la estructura de costos para las firmas. De esta manera, en este escenario se reducen los esfuerzos tecnológicos y se experimenta una pérdida de densidad tecnológica.

Es necesario enfatizar la diferencia del impacto que esto tiene, primero, a nivel de la firma, y luego, a nivel industrial o nivel país. Con respecto a la firma individual, el ajuste de gasto en I+D tiene un componente dinámico o inter-temporal, puesto que ahorrar en servicios de alto contenido tecnológico, significa no gastar en un servicio que reeditaría en períodos posteriores, por lo que aparece este *tradeoff* entre ahorrar para ser más competitivos hoy, o estar en una posición tecnológica superior mañana.

Por otra parte, lo que es racional a nivel de la firma, la cual se ajusta a los nuevos escenarios de precios y costos, no necesariamente lo es a nivel país. El desempleo asociado a estos ajustes implica desocupar capital humano altamente calificado y especializado, que en muchos casos poseen varios años de entrenamiento en las firmas de ingeniería. Esta pérdida de densidad tecnológica tiene asociados costos de adaptación y la desarticulación de estos proveedores limita la oferta de servicios de ingeniería en el mediano plazo. Estos “hechos estilizados” se han observado en recientemente en la acuicultura y la minería de Chile.

Cabe destacar que, desde una perspectiva mercantil, este proceso simplemente constituye un ajuste ‘natural’ de mercado, —que *a priori* no debiese preocupar al Estado— sin embargo, se evidencia la necesidad de construir resiliencia para sobrellevar los vaivenes del ciclo de precios internacionales, a fin de que los procesos de incorporación tecnológica sean robustos a través del tiempo y se puedan sentar las bases para la construcción de un ecosistema de firmas y proveedores de servicios tecnológicos, que adquieran las capacidades para llegar a exportar servicios de clase mundial a otros países y diversificar su cartera de clientes. Consecuentemente, esto nos lleva a pensar en la intervención activa del Estado, a través de políticas públicas y legislación que busquen mitigar estos efectos del ciclo de precios internacionales y favorezcan la resiliencia de las firmas locales de ingeniería.

F. Metrópoli vs. regiones y el papel de “lo externo” en modelos de desarrollo basados en recursos naturales

Una de las consecuencias asociadas a la naturaleza local o regional del desarrollo de estos sectores es que los impactos de estos procesos de ajuste afectan mucho más a las regiones involucradas en la explotación del recurso que a la metrópoli, donde en esta última sólo se ubica la superestructura administrativa de las empresas. De esta forma, el desempleo asociado a la caída del ciclo o a episodios de crisis, las afectaciones a otras actividades económicas que compiten por recursos, como la pesca artesanal y la agricultura, en los casos de acuicultura y minería, respectivamente, son impactos que se reflejan de forma ostensible en la economía local.

Por otra parte, la construcción de estos modelos de desarrollo ha reducido significativamente la pobreza a nivel local, con casos relevantes como la industria salmonera en el archipiélago de Chiloé, que pasó del aislamiento y de altos niveles de pobreza hacia procesos de globalización e integración con el boom de la industria, mayor empleo e infraestructura (Barton & Román, 2016), que a su vez han acentuado la dependencia económica sobre este sector, y consecuentemente, los impactos asociados a los episodios de crisis sanitarias y ambientales.

Finalmente, la implantación de estos sectores basados en recursos naturales se ha visto habilitada por la disponibilidad o provisión de los bienes meritorios ya mencionados (salud, educación, conectividad), así como también de una “masa crítica” de capacidades locales asociadas a indicadores de desarrollo regional y distribución territorial, como por ejemplo densidad y crecimiento poblacional, el nivel educacional de las comunidades, costos energéticos, entre otros. Por otra parte, se encuentran las necesidades de información geológica local, respecto a su aplicación para el conocimiento y disponibilidad de recursos minerales e hídricos, y de los peligros geológicos existentes, insumos que sirven para fomentar el desarrollo económico regional, guiar la planificación territorial y el desarrollo urbano. Así, estos elementos básicos representan los cimientos o el soporte para poder construir o ampliar un polo de desarrollo regional a nuevas localidades.

II. El papel del Estado: hacia un modelo integrado de aprendizaje y cambio estructural en un contexto de interdependencias sistémicas

A. El rol del Estado en el desarrollo económico. Capitalismos liberales y concertados y los espacios de intervención cuando el crecimiento está basado en recursos naturales

El papel del Estado es uno de los ejes fundamentales para comprender el proceso de desarrollo de distintas sociedades alrededor del mundo y la co-existencia de diferentes tipos de Capitalismo. Hall & Soskice (2001) elaboran una tipología con dos principales tipos de economías políticas, las liberales de mercado (LME) y las concertadas de mercado (CME). En las economías liberales de mercado⁶ el gobierno se encarga de asegurar derechos de propiedad y resolver fallas de mercado, e implementa políticas basadas en incentivos e instrumentos de mercado, como licitaciones, impuestos o subsidios, confiando la asignación de recursos al sistema “invisible” de los precios. En el modelo concertado de crecimiento⁷, los gobiernos toman ventaja de la robustez de las asociaciones gremiales, sindicales y organismos públicos para resolver problemas de coordinación, y tiene un rol más activo en ‘construir’ instituciones y fomentar arreglos que no ocurren por vía del mercado, donde los resultados emergen de esquemas de interacción estratégica entre los distintos actores, confiando en el valor de lo cooperativo y no sólo de lo competitivo.

Llevando este razonamiento —de las diferencias entre modelos liberales y concertados de mercado— al campo del crecimiento basado en recursos naturales debemos notar que, en el modelo concertado, la concertación debe girar en torno a la construcción de instituciones que aseguren la sustentabilidad ambiental y la inclusión social, desarrollando reglas de tipo cooperativo. Por otra parte, en el modelo liberal, los arreglos institucionales deben girar en torno a resolver fallas de mercado, a la defensa de la competencia y el fortalecimiento de los sistemas de innovación, para la adopción de paquetes tecnológicos que aseguren la sustentabilidad del recurso explotado. Sin embargo, en muchos casos es

⁶ Como ejemplos de LME encontramos a Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Canadá.

⁷ Como ejemplos de CME encontramos a Noruega, Suiza, Alemania, Japón, Suecia.

inviabile asignar derechos de propiedad a recursos naturales y nos encontramos con episodios de sobreexplotación o “tragedia de los comunes”. De esta manera, surge un rol significativo para la intervención gubernamental.

Luego de haber discutido la necesidad de incorporar nuevos elementos de análisis cuando nos encontramos en el marco de industrias basadas en recursos naturales, es necesario profundizar si el papel del Sector Público cambia significativamente debido a las características intrínsecas de estos sectores productivos. En la microeconomía convencional, el papel fundamental del Estado se reduce a dos principales tareas: la primera es asegurar derechos de propiedad, y la segunda, es resolver fallas de mercado y resguardar la libre competencia. Cumpliendo ambos requerimientos, se agotan las necesidades de intervención por parte del Estado.

Existen diferentes razones por las cuales el mercado falla y se hace necesaria la intervención estatal, ya sea i) porque existen bienes y servicios públicos que el sector privado no tiene incentivos para proveer; ii) porque las conductas de maximización individual de beneficios de firmas hacen colapsar recursos o bienes de propiedad común en episodios de “tragedia de los comunes” (Ostrom, 1990); iii) porque existen externalidades de información (*knowledge spillovers*) asociadas al riesgo e incertidumbre de ser el pionero en una industria (Rodrik, 2008); iv) porque el conocimiento (I+D) es un tipo de bien que posee imperfecta apropiabilidad y características de bien público por no rivalidad en el consumo (Arrow, 1962a; Romer, 1990) o v) porque las firmas externalizan costos hacia el medioambiente y las comunidades, a través de sus desechos y contaminación (externalidades negativas). La mayoría, sino todas las fallas enumeradas, ocurren en contextos donde la industria está basada en recursos naturales y/o recursos de propiedad común. Además, asociado a temas de equidad, está la necesidad de proveer ‘bienes meritorios’ (Musgrave, 1987) que las comunidades —por su bajo poder adquisitivo— no son capaces de proveer, como infraestructura y conectividad —caminos, hospitales, telecomunicaciones, escuelas, saneamiento urbano. La provisión de estos bienes aparece como un núcleo que habilita la expansión de la actividad productiva en zonas de bajo desarrollo local, a través del asentamiento de individuos y colectividades en localizaciones geográficas donde no existen estos servicios, garantizándoles las condiciones básicas para tener una buena calidad de vida.

Además, empíricamente se reconoce la relevancia de la intervención estatal en estos sectores productivos. En el caso de la industria salmonera, el *shock* a nivel social que generó la crisis ISA en 2007 dio cuenta de la fragilidad del modelo de implantación de la acuicultura en el medio local y, en este sentido, fue capaz de cambiar las percepciones de los distintos actores sobre la importancia del componente ambiental, y de la necesidad de incorporar un Estado más fuerte y estricto que regule el sector. En un estudio sobre resiliencia del sector frente a la crisis, Arestizabal (2012) sugiere que luego de la crisis sanitaria, ha surgido una visión transversal en el sector salmonero —compartida por empresarios, organismos estatales y la industria en general— sobre el rol fundamental que cumple el Estado en su regulación y viabilidad. Esta visión no estaba presente antes de la crisis, pues en ese entonces era usual la visión de un sector privado que se “autorregulaba” sin la necesidad de intervención activa por parte del Estado. En esta misma línea, Salgado et al. (2015) investigan las percepciones de los distintos grupos de interés o *stakeholders* (pescadores artesanales, ONG’s, comunidades locales, entre otros) hallando que entre ellos, el elemento que representa mayor consenso para alcanzar una acuicultura sustentable, corresponde a la necesidad de tener un set DE instituciones-regulación-enforcement fuertes en el sector acuicultor.

En el caso chileno el Estado se relaciona con los sectores productivos a través de sus Ministerios, y en los casos que revisaremos corresponden el Ministerio de Minería y el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. De ellos dependen las agencias públicas que serán nuestro objeto de estudio —Sernageomin y Sernapesca—, que se vinculan de forma directa con el sector privado y las comunidades, a través de la fiscalización, elaboración de normativas, capacitación, difusión y provisión de bienes públicos.

B. Modelo analítico: el aprendizaje, las crisis y el “ciclo político” como determinantes del surgimiento de nuevas rutinas al interior de las agencias regulatorias del Estado

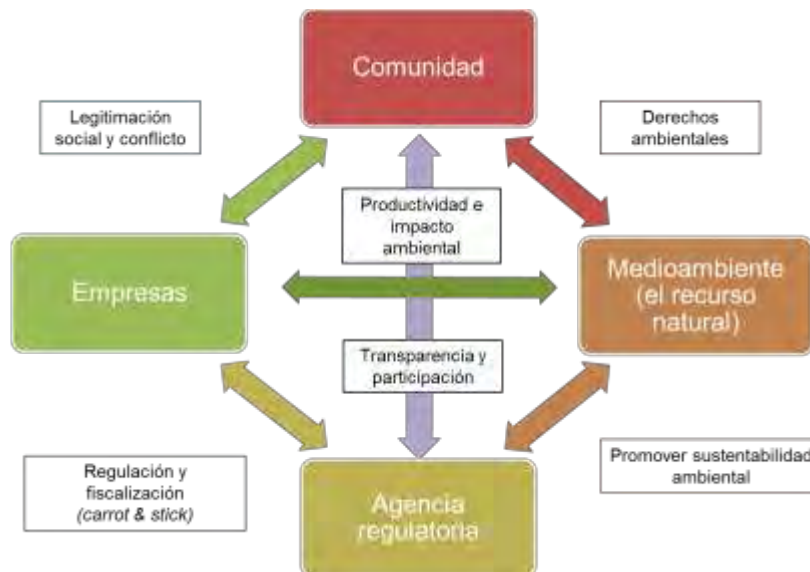
¿Cómo surge una agencia regulatoria? ¿Qué es lo que caracteriza su desarrollo evolutivo? Así como la moderna teoría económica —Romer, Arrow, etc.— plantea en los años 80 que el conocimiento no puede alcanzar una asignación Pareto-óptima a raíz de ser un bien no rival y de la imperfecta apropiabilidad de los beneficios e incertidumbre, podemos hacer un razonamiento semejante en base a los planteamientos de la teoría de recursos de propiedad común —Hardin, Ostrom, etc.— en torno a los servicios medio ambientales, que también muestran rasgos estructurales de imperfecta apropiabilidad de beneficios así como episodios recurrentes de tragedia de los comunes y sobreexplotación del recurso, revelando que la maximización individual de beneficios es incompatible con la maximización colectiva del bienestar.

Las agencias regulatorias del Estado surgen en este contexto como una solución institucional para resolver fracasos de mercado que las reglas de la microeconomía convencional no logran solucionar, a través de medios como la fiscalización o la provisión de bienes no rivales en el consumo. De esta forma, se recurre a la creación de una agencia gubernamental y se diseña para ello un cuerpo legislativo, empoderándola para cumplir ciertos objetivos de regulación que el libre juego del mercado no logra resolver adecuadamente. Inicialmente, no obstante, existe una brecha entre los objetivos que se desea alcanzar y el reducido conocimiento o *know-how* que se posee en el ámbito gubernamental, razón por la cual la agencia debe crear protocolos, medidas y programas para llevar a cabo el cumplimiento de la normativa, además de formar capital humano, acumular experiencia, construir bases de datos y generar rutinas de fiscalización sector-específicas, dependiendo del ámbito en el que debe actuar y del nivel de complejidad técnica de las tareas a cumplir.

De esta manera, las agencias regulatorias deben *aprender a regular* a través de un proceso de *learning-by-doing*, el cual, por cierto, se puede caracterizar por aprendizaje en base a ensayo y error, de forma de buscar los métodos más eficientes para inducir cambios en comportamientos o para ejercer acciones de fiscalización y monitoreo. Cabe destacar que este desarrollo está limitado por el presupuesto asignado a estas agencias, que puede restringir la contratación de personal, adquisición de equipamiento tecnológico, número de actividades realizadas, entre otros. De esta forma, este proceso se va iterando cada vez que se modifican y crean nuevos cuerpos legislativos, y consecuentemente aumentan las responsabilidades y facultades de la agencia, abriendo nuevos senderos de construcción de capacidades. Influyen además en este contexto, aspectos políticos en cuanto a las visiones ideológicas predominantes en los poderes ejecutivo y legislativo de turno, quienes pueden establecer y legislar nuevas normativas que conciernan a la agencia.

Con su creación, las agencias regulatorias deben insertarse en un sistema sector-específico donde existen interdependencias sistémicas entre los diferentes elementos que lo componen, el medioambiente, las comunidades locales y las empresas productoras y proveedores de equipos y servicios de ingeniería de procesos. El siguiente esquema ilustra estas interdependencias y las relaciones que en ella se estructuran:

Diagrama 1
Interdependencia sistémica en sectores intensivos en recursos naturales



Fuente: Elaboración Propia.

En vista de las dificultades conceptuales de definir aprendizaje y a qué nivel ocurre éste, es que utilizaremos la clasificación realizada por Stern (1997) a fin de profundizar y tipificar los distintos espacios donde puede darse el aprendizaje en agencias regulatorias. Stern desarrolla un cuadro analítico intra-agencia para explicar el aprendizaje de las mismas, distinguiendo tres tipos de aprendizaje que son resultado de la acumulación de experiencia. Son los siguientes:

- a. **Aprendizaje basado en razonamiento** (*Explanation-based*): Este tipo de aprendizaje se sustenta en el análisis y razonamiento de experiencias pasadas, ya sean directas o indirectas, en las cuales la identificación de los factores causales y su respectiva priorización permiten realinear las estrategias de intervención estatal, aprender de los errores y evitar los cometidos por otros.

Los procedimientos de fiscalización tienden a generar aprendizaje bajo esta modalidad, pues el conocimiento incremental obtenido de las fiscalizaciones permite reorientar las acciones sucesivas hacia las entidades de mayor riesgo y amenaza.

- b. **Diferenciación cognitiva e integración**: Se puede definir como una “*mayor inteligencia y sofisticación de pensamiento*” a nivel de la agencia, que permite un nivel de análisis y conceptualización más acabada y sofisticada de fenómenos complejos, en donde diversas fuerzas están interactuando y es necesario transitar y comunicarse entre distintos niveles de análisis.

El inherente desarrollo, aumento de complejidad y especialización de los sistemas productivos abren nuevos espacios de regulación y se hace necesario que las agencias regulatorias se vinculen y comuniquen con cada vez más actores a distintos niveles de agregación, cuyas áreas de especialidad son crecientemente específicas en cuanto a su ubicación en la cadena productiva y por rama del conocimiento.

- c. **Adquisición de Competencias**: Este corresponde a un aprendizaje eminentemente práctico, se trata del *know-how* o conocimiento práctico para operativizar tareas complejas. En otras palabras, se trata de la habilidad para pasar de las intenciones a realizar acciones, por ejemplo, pasar de un marco normativo a un protocolo de fiscalización. Estrechamente vinculado a este conocimiento se encuentra la disponibilidad de recursos materiales, equipos, transporte, tecnología e infraestructura que habilitan este desarrollo de *skills* dentro de las agencias. Este tipo de aprendizaje es el más ubicuo dentro de las agencias regulatorias, y corresponde al *learning-by-doing* en la denominación común en economía.

Por otra parte, es necesario enfatizar que el proceso de desarrollo de las agencias regulatorias del Estado no siempre muestra un avance lineal, sino que se ve afectado por los recursos financieros que les son asignados, y, por otra parte, por las funciones que deben hacer cumplir.

De esta forma, en la estructura “nuclear” de la agencia regulatoria, donde se determina su **dinámica interna**, nos encontramos con **los cuerpos regulatorios** que la conciernen, que son análogos al “ADN”⁸ de la institución, que define y delimita sus funciones, atribuciones y facultades, sus ámbitos de acción, su estructura orgánica y los objetivos a alcanzar, los cuales pueden tener distintos grados de especificidad. En este núcleo también se encuentran las **dinámicas de aprendizaje intra-agencia** que plantea Stern y, por último, las **características organizacionales** propias a cada agencia, como los tipos de liderazgo presentes, la cultura organizacional, entre otras, que influyen en la resistencia al cambio y la “permeabilidad” o grado de apertura de la agencia.

Estos tres factores engloban la dinámica interna de las agencias regulatorias. Como fue argumentado previamente, la agencia debe insertarse en un sistema sector-específico. En otros términos, la agencia opera en un plano externo, en el cual debe vincularse con múltiples organismos públicos y privados, generándose así una **estructura de relaciones**. Estos organismos pueden ser firmas, proveedores, laboratorios, universidades, comunidades, otros organismos públicos, u otros que sean parte del sector productivo, como cámaras empresarias, asociaciones de ingenieros, etc. Como se mencionó anteriormente, la **dinámica del sector** al ir gradualmente complejizando la estructura productiva e induciendo la división y especialización del trabajo, además de la incorporación de nuevas tecnologías, puede abrir nuevos espacios de acción para la agencia regulatoria (usualmente de mayor complejidad técnica), llevándola a crear nuevos departamentos o unidades en su estructura orgánica y a vincularse con los nuevos actores que se incorporan al sector.

Un caso especial es el de la **asistencia técnica externa**, en que organismos del extranjero, debido a su alto nivel de conocimiento teórico y aplicado, equipamiento tecnológico y su mayor experiencia, se vinculan con las agencias locales a través de convenios de cooperación cuyo objetivo principal es intervenir directamente en el aprendizaje de la agencia regulatoria (en los procesos detallados por Stern), a través de la transferencia de conocimientos, envío de profesionales y técnicos y generación de capacidades *in situ*.

Finalmente, tanto los procesos que ocurren en la dinámica interna de la agencia, como la capacidad para construir y mantener una estructura de relaciones y regular, prestar o demandar servicios a las entidades que la conforman, están restringidos por los recursos presupuestarios y el límite máximo de personal que se asignan a la agencia, que en el caso chileno se determinan anualmente en la Ley de Presupuestos del Sector Público. Estos elementos, el medio donde se desarrolla la agencia pública, su dinámica interna y sus restricciones presupuestarias, delimitan el proceso de desarrollo “endógeno” del ente regulatorio.

Además de lo endógeno, identificamos también la existencia de factores exógenos que son capaces de acelerar significativamente el desarrollo de capacidades de una agencia, a través de influjos presupuestarios, mayor contratación y formación de personal y nuevos cuerpos legislativos que determinan nuevas atribuciones y funciones, complejizando la estructura orgánica y demandando un fortalecimiento de la estructura de relaciones y sus actividades asociadas. Entre los factores exógenos podemos enumerar: i) las crisis y ii) el ciclo político del país. Veamos ambos temas por separado.

Las crisis aparecen como uno de los elementos transversales a ambos sectores aquí estudiados — minería y acuicultura— que desencadenan procesos de aprendizaje, cambios institucionales y reestructuración organizacional en las respectivas agencias.

El concepto de crisis hace referencia a una aguda situación de amenaza e incertidumbre —debido a su naturaleza inesperada y desestabilizante— la cual requiere toma de decisiones bajo incertidumbre y con imperfecta información que genera altos niveles de estrés en la agencia, en un contexto de fuertes presiones internas y externas para intervenir en el cortísimo plazo (Schiffino et al. 2017, p. 60).

⁸ Cabe notar que, en los casos estudiados de Sernapesca y Sernageomin, las mismas agencias pueden elaborar, proponer y legislar nuevas normativas para sí mismos.

Las experiencias de crisis son capaces de abrir “ventanas de oportunidad política” (Kingdon, 1984) y de acelerar los procesos de cambio institucional y aprendizaje público. El proceso de escalamiento del nivel de foco y atención de la ciudadanía asociada a una crisis, ya sea a través del debate público o la cobertura de los medios de comunicación masiva⁹, puede conducir a un cuestionamiento de las creencias tácitas o explícitas sobre la idoneidad de los arreglos políticos e institucionales existentes para el ambiente físico-social que circunscribe a la crisis (Stern, 1997, p. 292). Así, el clima de estrés y amenaza que la caracteriza, con las consecuentes dinámicas que se generan, pueden ser capaces de doblegar la inercia y resistencia al cambio que es propia de la burocracia gubernamental. Por otro lado, las crisis son capaces de levantar problemáticas que de otra forma serían ignoradas, y también de revelar brechas y fallas de coordinación entre los distintos actores que conforman el entramado sectorial¹⁰. En otras palabras, las turbulencias psico-políticas asociadas a una crisis (o la amenaza de una crisis) proveen un espacio donde, a través de una interpretación convergente sobre la problemática a resolver, se produce una eventual revisión y reestructuración normativa, en conjunto con la asignación de mayores recursos financieros y de capital humano. Se generan así, a raíz de las crisis, nuevos senderos de generación de capacidades y aprendizaje en las agencias regulatorias, cambios en sus rutinas operativas y en su cultura organizacional.

En función del razonamiento previo, podemos argumentar que un episodio de crisis debe estar vinculado directamente con las competencias y atribuciones de la agencia regulatoria, para que efectivamente sea ella donde opere el efecto catalizador de la crisis. Por otra parte, en función del modelo se puede definir la crisis como una situación de riesgo agudo y vulnerabilidad significativa que afecta a uno o más de los actores que constituyen la estructura de relaciones de la agencia. Sigue siendo un enigma cuál debe ser la dimensión de una crisis para que ésta genere realmente un fortalecimiento y/o reestructuración de las atribuciones y funciones de una agencia. Cuán “grande” o “sistémica” debe ser la crisis para inducir un cambio significativo del cuadro institucional, aún es algo difícil de especificar, puesto que nos encontramos en un escenario en que la cantidad de individuos afectados, la magnitud de los perjuicios asociados, la respuesta de las comunidades locales, la cobertura mediática y las dimensiones político-éticas del problema, son todos elementos que confluyen y determinan la magnitud que la sociedad en su conjunto atribuye a la crisis.

En el caso del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) en cultivo de salmones, la emergencia sanitaria del virus ISA en 2007, que se convirtió en una crisis sistémica (social, económica, bancaria) a nivel regional, tuvo una respuesta institucional que reforzó estructural y significativamente la fiscalización y los planes de acción para el control sanitario de enfermedades y virus presentes en la industria. Esto se tradujo en exigencias de bioseguridad, zonificación, campañas sanitarias, entre otras. Naturalmente, esto fue habilitado por incrementos en el presupuesto, una mayor contratación de personal calificado (fiscalizadores), compra y arriendo de equipos para llevar a cabo la fiscalización, entre otros. De este modo, la llegada del virus ISA en 2007, que resultó en una crisis sistémica, fue la que movilizó fuerzas hacia el fortalecimiento de Sernapesca, la necesidad de nuevas normativas y más fiscalización, y así determinó la futura especialización de la agencia en materias de bioseguridad y vigilancia epidemiológica, estrechamente ligada al causante inmediato de la crisis inicial. Se debe tener presente, sin embargo, que con anterioridad a la crisis sanitaria del ISA en 2007 ya se habían producido episodios locales de difusión de enfermedades y de deterioro medio ambiental que no produjeron una reacción de la escala de la que ocurriera en 2007-08 con el ISA. Ello nos lleva a plantearnos cuán profunda debe una crisis ser para desencadenar un impacto sistémico del tipo del vivido por la salmonicultura chilena asociado a esta crisis. Se profundizará el estudio de estos temas en el capítulo siguiente.

Algo relativamente similar fue lo que ocurrió en minería con la agencia a cargo: el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), el cual también estuvo directamente vinculado a un episodio de crisis de alto alcance mediático —a nivel nacional e internacional¹¹— que fue el derrumbe de la mina San José en agosto de 2010 y la célebre historia de los 33 mineros que fueron rescatados. Ciertamente, este episodio puso todas las luces sobre la seguridad minera y la accidentabilidad —con pérdidas fatales cada año. En consecuencia, esto llevó al comienzo del Programa de Seguridad Minera

⁹ La cobertura mediática es capaz de proveer diferentes interpretaciones y focalizar ciertos aspectos de la crisis.

¹⁰ Véase el caso coreano de construcción de capacidades industriales a través de la generación de crisis internas y externas en Kim (1997).

¹¹ Entre 1.000 a 1.300 millones de telespectadores alrededor del mundo presenciaron el evento del rescate el 13 de octubre de 2010.

desde 2011, reforzando con un mayor número de inspectores, un consecuente mayor número de fiscalizaciones a faenas mineras y una mayor regularización de proyectos de explotación.

Por otra parte, la importante actividad volcánica en el territorio chileno y sus riesgos asociados han hecho evidente la necesidad de poseer un observatorio de vigilancia volcánica, especialmente en el sur de Chile, proyecto que fue concretado en 1996 con el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS) de Sernageomin, inicialmente monitoreando seis volcanes. Posteriormente, la crisis eruptiva del Volcán Chaitén en 2008, que destruyó casi completamente la ciudad homónima, indujo a que el año siguiente se formulara el proyecto “Red Nacional de Vigilancia Volcánica” convirtiendo a Sernageomin en el organismo que monitorea más volcanes en tiempo real a nivel mundial. Estos procesos se profundizarán en el capítulo cuatro.

El segundo factor exógeno corresponde a los ciclos políticos. Éstos son relevantes en la gestión de las agencias regulatorias, cada vez que el Presidente de la República puede designar a discreción los principales cargos directivos en los diversos organismos públicos, que pueden o no tener las competencias necesarias para su dirección, y pueden llevar a cabo agendas particulares de trabajo. Con los cambios presidenciales, los consecuentes cambios en la directiva de las agencias regulatorias traen nuevos estilos de liderazgo y agendas de trabajo con enfoques particulares que pueden modificar el desarrollo de la agencia. Esto se ha reducido incipientemente con la creación del Sistema de Alta Dirección Pública en 2003, en que diversos cargos directivos deben pasar por procesos de concurso público para su selección.

Además de estos cambios internos en el liderazgo de la agencia, el escenario político también es capaz de influir a través de las visiones ideológicas predominantes en los organismos que asignan el presupuesto anualmente a estas agencias regulatorias y pueden modificar y crear nuevas legislaciones, en el caso chileno tanto el poder ejecutivo como el poder legislativo influyen en este sentido.

C. La Fiscalización: hacia una comprensión integral del proceso de fiscalización

La principal herramienta de las agencias regulatorias para garantizar el cumplimiento de la legislación son las fiscalizaciones, donde las agencias salen a terreno a inspeccionar las instalaciones de las firmas y a recabar evidencia sobre incumplimientos y faltas, sancionando estas últimas y entregando directrices para las necesarias acciones correctivas. Por otra parte, la fiscalización puede operar a través de la revisión de documentación entregada por las firmas reguladas. A continuación, se examinará en más detalle en qué consiste el proceso de fiscalización.

1. Proceso de fiscalización integral¹²

Es necesario profundizar en el concepto de fiscalización, puesto que resulta más conveniente analíticamente entenderlo como un proceso con diferentes etapas que se complementan. Podemos así distinguir cuatro etapas principales.

Primeramente, se determinan los estándares de control en conjunto con la industria buscando “poner la vara alta o baja” en función de las capacidades y el potencial de adaptación de las empresas. En el caso de Sernageomin en seguridad minera, por ejemplo, se puede entender como una meta de accidentes fatales por año. En el caso de Sernapesca en acuicultura, por el contrario, el desconocimiento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua —que corresponde al parámetro sobre el cual se debiese contrastar— significa un impedimento para la definición del estándar, de manera que las acciones son realizadas a través de “ensayo y error” en vista de la respuesta sanitaria y ambiental del medio acuático.

Posteriormente, la agencia regulatoria fija una estrategia de fiscalización, ya sea explícita o implícita, sobre cómo llevar a cabo u operativizar el objetivo que quiere lograr, y qué tipo de incentivos utilizar (positivos o negativos). A primera vista, los tipos de estrategia que se identifican pueden ser: a) reactiva, es

¹² Sernapesca define la fiscalización integral “comprendida como un proceso continuo y articulado que incluye desde la gestión de la norma hasta la penalización de los incumplimientos detectados y que está orientada a influir sobre el comportamiento sectorial de manera que éste sea compatible con la sustentabilidad de las actividades pesqueras y de acuicultura.”

decir, que actúa de forma posterior a los incumplimientos; b) aleatoria, que fiscaliza de forma al azar o; c) basada en riesgo, es decir, que focaliza las fiscalizaciones en los agentes más propensos al incumplimiento. De este modo, la estrategia define la distribución geográfica de las fiscalizaciones, su periodicidad, y los recursos necesarios (naves o vehículos, inspectores, equipos de medición). Un insumo de gran importancia en esta etapa son las bases de datos propias de la agencia. Dichas bases de datos propias se pueden construir en base a declaraciones documentales de firmas, con el material recogido en las fiscalizaciones a los centros productivos o por vía de investigación ad hoc. El análisis de éstas permite verificar patrones de conducta e identificar a quienes están expuestos a mayor riesgo y deben ser inspeccionados.

A continuación, prosigue una tercera fase que involucra la fiscalización misma, donde la agencia sale a terreno y visita a las firmas para verificar el cumplimiento de la normativa, inspecciona las instalaciones de la industria, reconoce las faltas y riesgos, recoge evidencia, y en caso de incumplimientos, pasa denuncias a los encargados, dando paso al proceso judicial.

Finalmente, las denuncias pasan a una etapa sancionatoria en la cual la agencia define las estrategias de judicialización de las causas, en función de la gravedad de los incumplimientos y de la información y evidencia disponible. Pasa así el proceso sancionatorio hacia el poder judicial, en el cual las causas son llevadas a cabo por litigios entre abogados y jueces. En estas instancias judiciales se determina el resultado de las causas, y eventualmente el monto de las multas a pagar.

Estos cuatro pilares son fundamentales para la eficacia del proceso de fiscalización. Por ejemplo, si no se define un estándar claro y objetivo, no se podrá evaluar la efectividad de la fiscalización; una estrategia que no procure incentivos —positivos o negativos— suficientes (por ejemplo, multas insignificantes para las firmas) no inducirá cambios de comportamiento y no podrá cumplir los objetivos fijados. Por otra parte, una fiscalización que no disponga con los recursos, equipos y métodos disponibles para recoger evidencia, no podrá verificar los incumplimientos y pasar sanciones. En tercer lugar, existen numerosas razones por las que puede fallar el proceso sancionatorio. Si los jueces ignoran las especificidades (por ejemplo, manejo sanitario o seguridad minera) del sector productivo y su normativa; o si las firmas son capaces de formar abogados y elaborar una estrategia de defensa jurídica que les permita ganar las causas a los demandantes (abogados de la agencia) o reducir las multas; o si se pueden dilatar indefinidamente las causas, los incentivos negativos finalmente no serán amenazas creíbles a los ojos de las firmas, y por ende, ellas pueden preferir optar a no cumplir con la normativa.

III. El servicio nacional de pesca y acuicultura

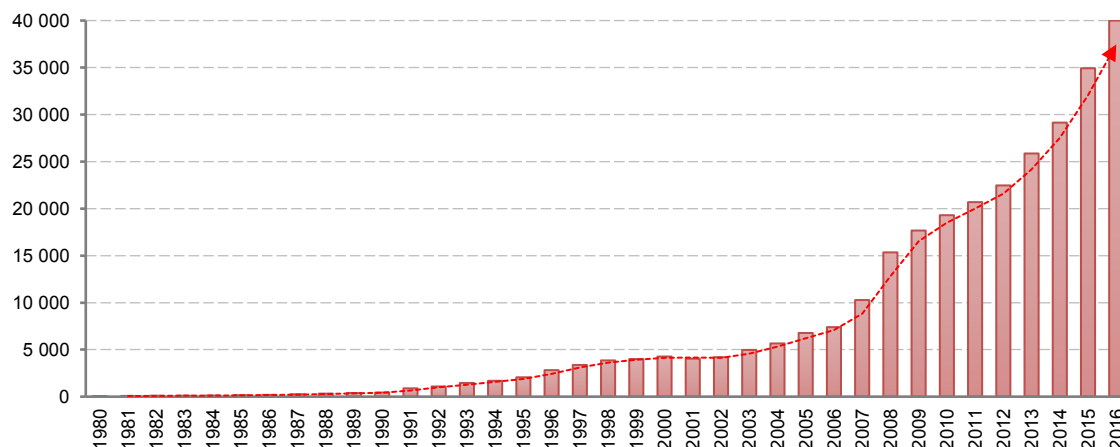
El Servicio Nacional de Pesca es creado en el año 1978 (D.L 2442), como un organismo dependiente del Ministerio de Economía, con el objetivo de ejecutar y fiscalizar la política pesquera nacional. Inicialmente, ni en la estructura orgánica que lo constituye, ni en sus funciones y atribuciones, existía alusión directa al sector acuicultor¹³, ni tampoco una división explícita ocupada de acuicultura en Sernapesca. La causa de esta inexistencia de legislación es que a esta fecha el sector acuicultor se encontraba en fase de implantación, y por ende no tenía actividad comercial. Como veremos, el vertiginoso proceso de avance de la producción de salmones ha demandado la necesidad de nuevas normativas y unidades dentro de Sernapesca para hacer frente al dinamismo de la industria.

Primeramente, presentamos la evolución presupuestaria de esta institución desde sus inicios.

Se puede argumentar que la evolución del presupuesto representa una buena primera aproximación del avance de esta agencia, pues refleja lo que se contrata en personal, la cantidad de bienes y servicios adquiridos, las inversiones realizadas, las funciones y actividades que ejerce, entre otras.

¹³ Indirectamente, en el D.L 2442 se denota la función de “velar por la aplicación de las normas legales sobre [...] demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.”

Gráfico 1
Evolución presupuesto Sernapesca
(Millones de pesos corrientes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección de Presupuestos (Dipres).

Nota: Montos período 1980-2002 en base a ley de presupuestos, mientras que 2003-2016 en base a presupuesto vigente. Línea punteada: Tendencia de media móvil (2 períodos)

A. La creación de Sernapesca durante la fase de implantación de la producción de salmones. El papel de “lo externo” y “lo local” durante este proceso¹⁴

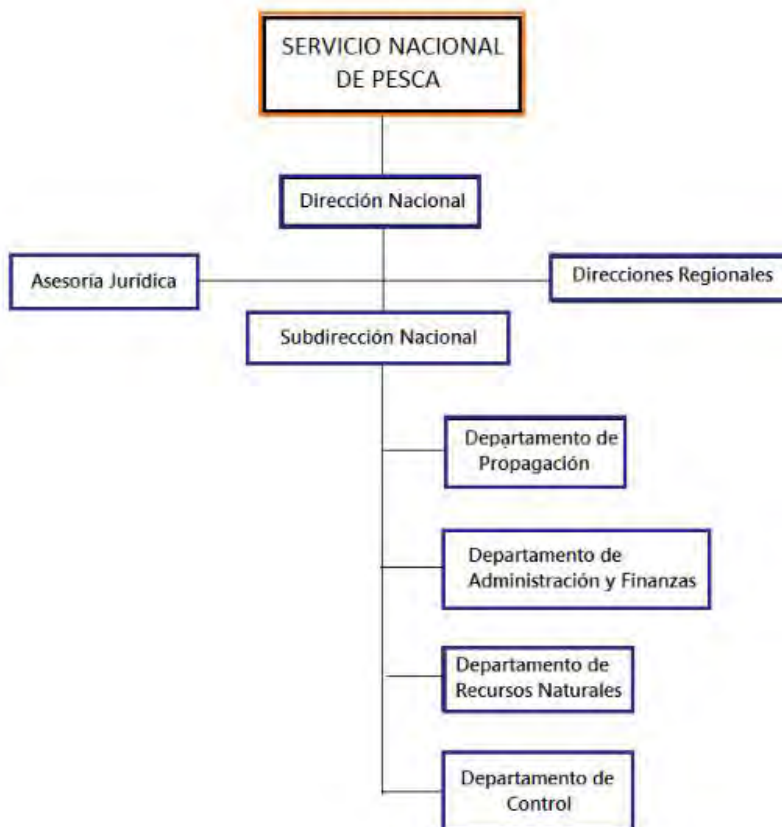
Construir una industria desde cero no es tarea sencilla, más aún si ésta es intensiva en recursos naturales y se necesita un alto grado de conocimiento y experiencia para estructurar el proceso productivo de salmones, además de las tecnologías y el capital humano necesario para gestionar la producción, en un contexto donde no existen capacidades locales de parte de los potenciales inversores. En el caso chileno, fue precisamente el Estado, a través de diversos organismos públicos, quien se encargó de proveer el “bien público”, en el sentido de que se hizo cargo de financiar y sentar las bases para el desarrollo de la industria, en conjunto con investigadores extranjeros, principalmente de la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA), la cual cumplió un rol crucial en la capacitación de personal, la importación de tecnologías y su adaptación al medio local. En este vínculo, se formó el proyecto “Japan-Chile Salmon Project” (1969-1989) que consistió en una serie de actividades de cooperación en las que participó Fundación Chile (FCh), Sernapesca, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en conjunto con JICA, los cuales a través de proyectos de piscicultura y la filial Salmónes Antártica, fueron los pioneros en ser capaces de demostrar la viabilidad técnica y comercial de la producción de salmones en el sur de Chile, y luego, de difundir libremente el conocimiento adquirido a otros potenciales inversores, eliminando así para los privados el alto riesgo y la incertidumbre que acarrea ser el pionero en una industria, haciéndose cargo también de áreas estratégicas de largo plazo como producción local de ovas, alimentación y control sanitario, proveyendo así las necesidades de información y conocimiento para sentar las bases de la futura industria.

Durante esta etapa de implantación del cultivo de salmones, en el año 1978 fue creado tanto el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) como la Subsecretaría de Pesca (Subpesca), incorporándose Sernapesca como contraparte oficial en el proyecto “Japan-Chile Salmon Project” con JICA hasta el año 1987, participando en los proyectos de adaptación tecnológica para el cultivo de salmones en la región de Aysén. De esta forma, desde sus inicios Sernapesca estuvo involucrado en el establecimiento de la producción salmonera en el sur de Chile. Luego del término de este vínculo de cooperación en 1987, año

¹⁴ Para una revisión profunda de la etapa de implantación de la industria del salmón, véase: Hosono (2016).

en que la contraparte pasa a ser el IFOP hasta 1989, Sernapesca quedó a cargo de regular la importación de ovas y la vigilancia sanitaria de enfermedades de alto riesgo, reglamentada en el Decreto N°162 (1985). La estructura orgánica de Sernapesca inicialmente era la siguiente:

Diagrama 2
Estructura orgánica Sernapesca 1979-1991



Fuente: Elaboración Propia en base a Decreto Ley 2442 (1978) Ministerio de Economía.

Con la vuelta a la democracia, el presupuesto de Sernapesca aumenta en un 149% entre 1990-1992, es decir, crece a más que el doble. Posteriormente, con la ley general de pesca y acuicultura (Ley 18.892 de 1990), en materias de acuicultura se reguló la entrega de concesiones acuícolas, con su respectivo reglamento (Decreto 290 -1993) otorgándole a Sernapesca la labor de realizar informes técnicos para las solicitudes de concesiones, además de estar a cargo del Registro Nacional de Acuicultura (Decreto 499 -1994). Estas nuevas funciones (además de las que corresponden a pesca extractiva) exigieron una reestructuración orgánica del Sernapesca, que se concretó con el decreto DFL 1 de 1992. De esta forma, el organigrama se transformó al siguiente:

Diagrama 3
Estructura orgánica Sernapesca 1992

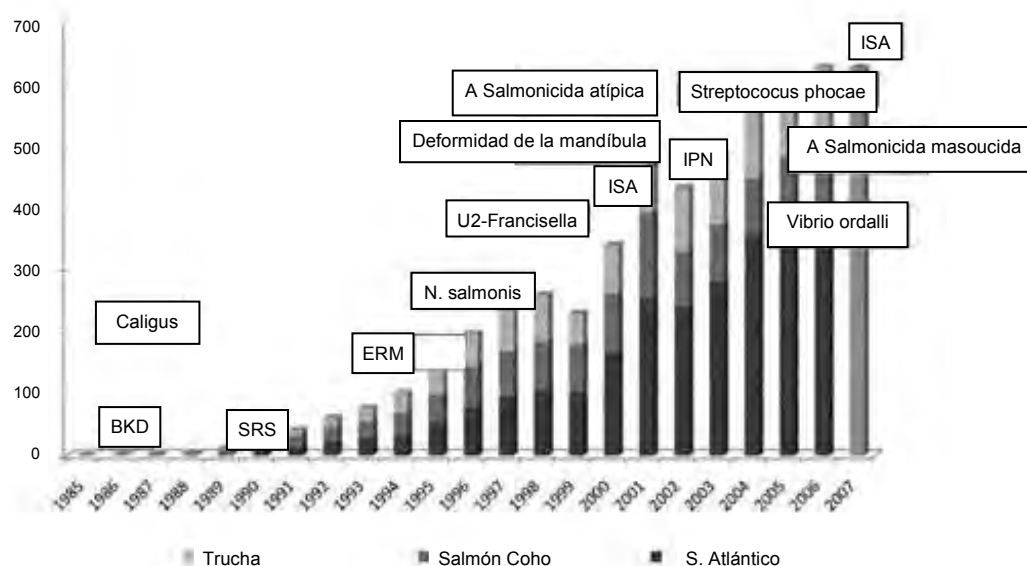


Fuente: Elaboración Propia en base a DFL N°1 1992 – Ministerio de Economía.

En el año 1997 entra en vigencia el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y desde entonces el Sernapesca ha estado a cargo de la evaluación de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental (EIA, DIA) para proyectos de acuicultura. Durante los años posteriores y hasta el 2006, las labores del Sernapesca se enfocaron en agilizar la realización de estos informes técnicos, reducir los tiempos de evaluación, especialmente la tramitación de solicitudes de acuicultura, que eran relativamente prolongadas debido a las dificultades climáticas y de acceso para las inspecciones en terreno. Esfuerzos similares fueron hechos para la simplificación de trámites, y en términos generales se identifica al Sernapesca en un rol de facilitador para el desarrollo del sector, con una ausencia total de fiscalización en acuicultura, pues recién hacia 2002-2003 se formularon el reglamento ambiental (RAMA -Decreto 320) y el reglamento sanitario (RESA- Decreto 319), el último con la aprobación de 12 programas sanitarios generales y el Programa Sanitario Específico de Vigilancia Activa para Enfermedades de Alto Riesgo (PSEVA-EAR).

La necesidad de reglamentar sanitaria y ambientalmente al sector se hizo evidente ya que a medida que la producción se expandía rápidamente, las condiciones sanitarias de los cuerpos de agua comenzaron a deteriorarse, y a proliferar nuevos patógenos y enfermedades que afectaban a los salmones. En el siguiente gráfico se muestra este proceso.

Gráfico 2
Expansión productiva y aparición de enfermedades
 (Miles de toneladas)



Fuente: Iizuka & Katz (2010).

Las primeras fiscalizaciones en acuicultura comenzaron desde 2004, para la aplicación del Reglamento Ambiental en los centros de cultivo, que incluía principalmente el cumplimiento de condiciones básicas asociadas a la disposición de desechos, mortalidades e higiene. Sin embargo, no existían capacidades de fiscalización sanitaria ni sistemas de alerta temprana, asociados al control de los patógenos que, por cierto, se multiplicaron con el crecimiento de la producción.

En el contexto del Reglamento Sanitario, el año 2004 luego de una denuncia internacional por uso de verde de malaquita (sustancia cancerígena prohibida) en los salmones exportados, el Sernapesca realizó muestreos masivos y análisis para asegurar la inocuidad de los productos, prolongando este plan de control hasta 2007, que al año siguiente se convirtió en el Programa de control de residuos de productos farmacéuticos y sustancias prohibidas.

En 2006 se reglamentan los centros de acopio y faenamiento (Decreto 49 - 2006) en que Sernapesca es parte del proceso de inscripción y tramitación, y está a cargo de llevar el registro de estos centros.

En el año 2007, se da inicio al Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de Caligidosis (PSEVC-Caligidosis) a fin de determinar el nivel de infestación por este parásito, que ya en el mismo año había sido tipificado como una enfermedad de alto riesgo de la Lista 2. Por otra parte, en este año se forma la **Unidad de Acuicultura** en la estructura orgánica, dependiente del Departamento de Sanidad Pesquera.

En general, antes de la aparición de la crisis del ISA, Sernapesca tenía un rol pasivo en la fiscalización de la acuicultura, pues no tenía los recursos necesarios para esta tarea, ya que su mayor actividad y fiscalización se encontraba en la pesca extractiva. En acuicultura, en su mayor parte se dedicaba a la tramitación de las solicitudes de acuicultura y sus evaluaciones de impacto ambiental, y en menor medida a la vigilancia de enfermedades exóticas en los centros de cultivo. Así, **la fiscalización de acuicultura era mayormente documental y no presencial, es decir, se revisaban documentos declarados por las firmas productoras.** Por otra parte, la agencia no tenía acceso a embarcaciones y eran las mismas empresas quienes trasladaban a los inspectores a los centros de cultivo.

Una de las razones que explica esta baja actividad de Sernapesca en acuicultura, se debe, por una parte, a que históricamente Sernapesca se dedicó a la regulación de la pesca extractiva, indicando *path dependence*. Por otra parte, durante las primeras décadas de la implantación del salmón en la zona austral, naturalmente la capacidad de carga y la respuesta sanitaria-ambiental no eran aspectos prioritarios, pues el nivel incipiente de

producción no presionaba de forma significativa la “restricción ambiental”, ya que se estaba en un contexto donde los cultivos se servían de las prístinas aguas australes y de sus excelentes condiciones climáticas e hidrobiológicas. No fue sino hasta la fase de ‘*catch-up*’ con Noruega, en que el creciente hacinamiento de los centros de cultivo, sumado a densidades de siembra que amenazaban el bienestar de los salmones y las condiciones sanitarias, que se produce la fuerte respuesta del medio ambiente, con una caída de los índices de conversión biológica-económica y la proliferación de distintos vectores y enfermedades en el *cluster* (Iizuka & Katz, 2010), que finalmente culminó con la crisis del virus ISA en 2007.

B. Crisis sanitaria-ambiental y las fases de crecimiento de Sernapesca. Formación de recursos humanos, desarrollo de la capacidad fiscalizadora. Barrios salmoneros y gestión del riesgo

El advenimiento del virus ISA en 2007, el cual diezmó a la industria y dejó a gran parte de la comunidad sin empleo, es el caso más emblemático del elemento crisis, en este caso, del tipo “tragedia de los comunes”, que desencadenó una reestructuración general de Sernapesca en materias de acuicultura. Esta reestructuración tomó amplios frentes:

- Modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley 20.434 - 2010)
- 15 modificaciones al Reglamento Sanitario (RESA) entre 2009-2016
- 7 Modificaciones al Reglamento Ambiental (RAMA) entre 2008-2016.
- Reformulación de Programas Sanitarios Generales.
- Cambios de Estructura Orgánica. (2011 y 2014)
- Importantes aumentos presupuestarios.
- Transición desde fiscalización documental hacia fiscalización en terreno.
- Aumento en la dotación de personal, en la proporción de profesionales sobre el total y en el número de inspectores.
- Especialización hacia adopción y fiscalización de medidas de bioseguridad.
- Avance hacia la “gestión del riesgo”.

En el manejo de la emergencia, en el año 2008 la baja capacidad fiscalizadora existente en Sernapesca requirió la contratación a honorarios de inspectores de acuicultura. Además, se destinaron \$5.350 millones (35% del presupuesto total de Sernapesca) a la habilitación de un Sistema de Diagnóstico Oficial de ISA, que conformaron el laboratorio oficial de la PUCV en conjunto con los laboratorios autorizados por Sernapesca, que incluyó la validación de los métodos de diagnóstico y la capacitación de personal, para el muestreo y vigilancia del virus. Además, Sernapesca emitió resoluciones (normativa) para fortalecer el control, aprobando el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Anemia Infecciosa del salmón (PSEVC-ISA). La presencia fiscalizadora de Sernapesca incrementó considerablemente, lo que significó un aumento de la dotación en 82 personas para este año. En detalle, se realizaron las siguientes actividades en el año:

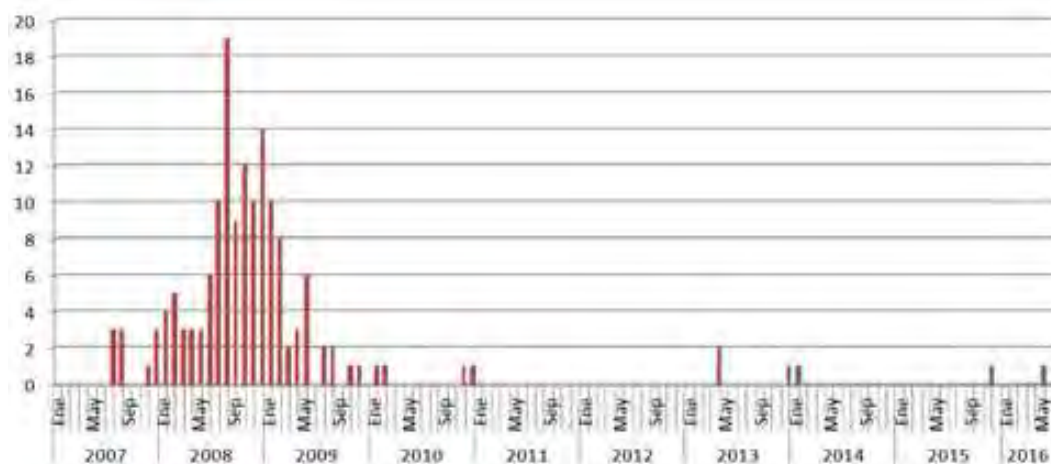
Cuadro 1
Resumen acciones de fiscalización sanitaria 2008

Actividad	Total
Inspección y supervisión a centros de cultivo	3319
Muestreos ISAv	1716
Fiscalizaciones en puertos	2620
Controles carreteros	49
Solicitudes de movimiento de peces autorizadas	9424
Infracciones cursadas	150

Fuente: Balance de Gestión Integral 2008 – Sernapesca.

Estas actividades continuaron en el año 2009, e incluyeron su estandarización con la generación de manuales de procedimientos, la capacitación de funcionarios y nuevas normativas para controlar el virus. Así, gradualmente se pudo contener el virus ISA, y avanzar hacia una recuperación del sector y de la producción. Podemos apreciar la evolución de los brotes de ISA en el siguiente gráfico:

Gráfico 3
Número de brotes de anemia infecciosa del salmón
Enero 2007- Junio 2016



Fuente: Sernapesca (2016).

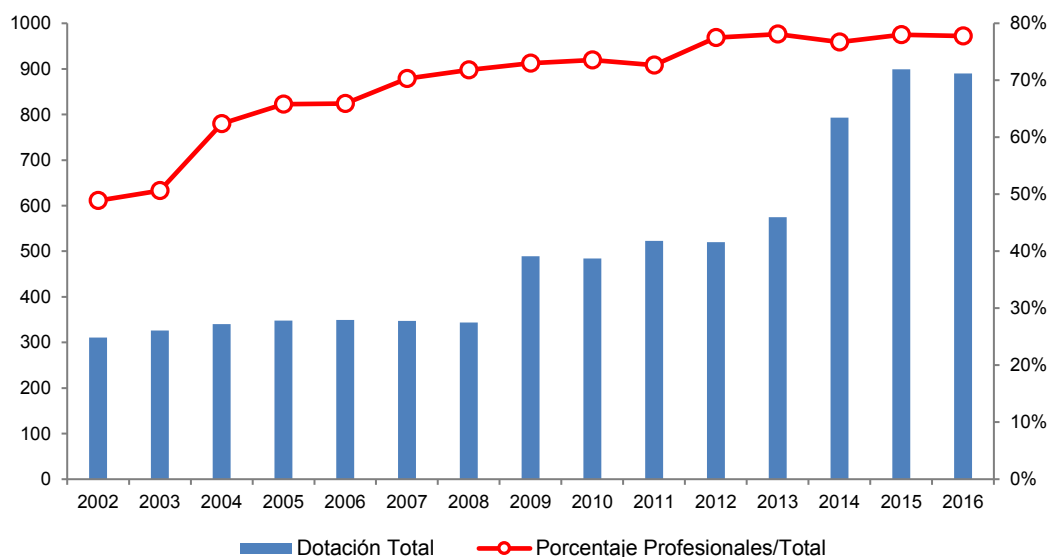
En él se puede apreciar que hacia 2010 los brotes del ISA fueron efectivamente controlados. Y de esta forma, posteriormente a la crisis se transitó a una fase de recuperación de la industria, donde en respuesta a las turbulencias generadas, la agencia regulatoria Sernapesca pasó a tomar un rol primordial y proactivo en el *enforcement* de la estricta nueva normativa que surgió luego de la crisis, pasando a estar a cargo de mitigar el riesgo sanitario en el sector.

Uno de los “subproductos” que trajo el fortalecimiento de Sernapesca fue el aumento de su poder de negociación *vis a vis* la industria. Durante la crisis ISA, Sernapesca debió transitar por un proceso de construir credibilidad dentro del sector salmonero con respecto a las estrictas nuevas normativas que surgieron y su idoneidad para manejar y superar la crisis, que comprende también la transparencia de información desde los centros de cultivo al Sistema de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA) para el monitoreo sanitario y ambiental. De esta forma, las nuevas atribuciones, recursos y presencia fiscalizadora han fortalecido su capacidad para inducir cambios en los comportamientos de las empresas productoras.

Esta construcción de capacidades de control sanitario y de inocuidad de los recursos hidrobiológicos, se ha traducido también en el reconocimiento internacional de Sernapesca como Autoridad Competente de parte de agencias públicas extranjeras (UE, Rusia, Nueva Zelanda, India), lo que ha permitido reducir los controles de entrada para las exportaciones chilenas además de abrir nuevos mercados para la exportación de productos acuícolas.

A continuación presentamos la evolución del número de funcionarios de Sernapesca desde 2002. En él se puede apreciar los incrementos de personal luego de la Crisis ISA en 2007-08 y el marcado aumento en la proporción de profesionales en esta agencia, sin embargo, el gráfico no incluye información sobre la contratación a honorarios, que caracterizó en gran parte el manejo de la crisis:

Gráfico 4
Evolución dotación efectiva Sernapesca y porcentaje de profesionales, 2002-2016



Fuente: Elaboración propia en base a Balances de Gestión Integral (BGI) 2002-2016 de Sernapesca.

Desde 2011, se incorporan nuevas atribuciones para Sernapesca, como la elaboración de los Informes Ambientales (INFA) que anteriormente realizaban las empresas, resultando así en una mayor objetividad y credibilidad de éstos, cuyo resultado ha sido el aumento de los centros diagnosticados en condición anaeróbica¹⁵. En este año se conforma la **Subdirección de Acuicultura** dentro de la agencia. Por otra parte, como medida de bioseguridad, en este año se hace obligatorio el uso de sistemas de posicionamiento satelital (VMS) en todas las embarcaciones que prestan servicios a los centros de cultivo, estando Sernapesca a cargo de su monitoreo.

Estas nuevas atribuciones se vieron acompañadas de un fortalecimiento de la estructura de relaciones de la agencia, en cuanto a la necesidad de certificar los procesos de muestreo y diagnóstico de enfermedades, que llevó en 2011 (Res. Ex. 1448) a designar tres Laboratorios Nacionales de Referencia de las universidades PUCV, UACH y UV. Por otra parte, la necesidad de certificar a los nuevos prestadores de servicios, en 2011 (D.S 15) se norma un registro de entidades que elaboran los instrumentos de evaluación ambiental (INFA), sanitaria y quienes controlan los procesos de desinfección. Además se suman los vínculos ya mencionados con entidades sanitarias de países extranjeros.

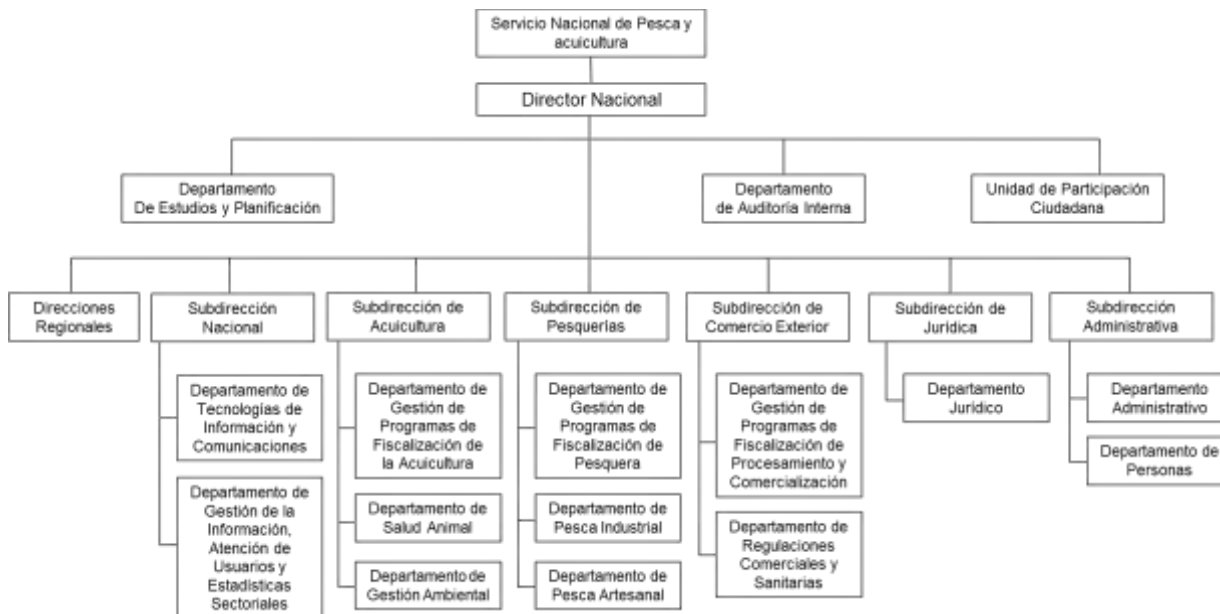
En 2013 se pone en marcha el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de *Piscirickettsiosis* (PSEVC-SRS) reconociendo el alto nivel de intensidad de la prevalencia del SRS en el sector, siendo el causante de grandes mortalidades de salmónidos.

Durante el período posterior a la crisis (2011-2016), los Programas Sanitarios Específicos (PSEVC-ISA, PSEVC-Caligidosis, PSEVC-SRS, PSEVA-EAR) se han reformulado sucesivamente, incorporando modificaciones en función del conocimiento adquirido durante las inspecciones, principalmente para fiscalizar en base a los factores de riesgo, y fortalecer el uso de tecnologías y prácticas efectivas para su control.

En el año 2014 con el decreto DFL 1 se produce una nueva reestructuración orgánica en el Sernapesca, producto de la necesidad de adecuar su estructura con respecto a las crecientes atribuciones y funciones de la agencia, que resultó en el siguiente organigrama:

¹⁵ Esto es, sin oxígeno disponible en el fondo marino o área de sedimentación.

Diagrama 4
Estructura orgánica Sernapesca desde el 2014 al 2017



Fuente: Balance de Gestión Integral 2014 – Sernapesca.

Como puede ser notado, la elaboración de normativas por parte de Sernapesca ha sido muy prolífica, donde por medio de la modalidad de ‘Resoluciones Exentas’ se han generado 449 normas¹⁶ entre 2007 a 2017, lo cual le ha otorgado flexibilidad a esta agencia para responder a los escenarios de emergencia, además de permitirle readecuar constantemente las normativas a fin de mejorar los niveles de bioseguridad en el sector.

Si hubiese que determinar cuál es el output o resultado que produce Sernapesca en acuicultura a través de su acción fiscalizadora, necesariamente debemos referirnos a su labor en la **gestión del riesgo**, es decir, que las acciones de vigilancia activa del Sernapesca reducen el riesgo de una próxima crisis sanitaria, lo que incorpora la adopción de medidas preventivas con el fin de disminuir la probabilidad de que suceda una nueva crisis causando mortalidades, pérdidas económicas para la industria y desempleo e inestabilidad en la región. De esta manera, el monitoreo periódico de los centros de cultivo, con su respectiva clasificación en función de la prevalencia de patógenos, le permite a Sernapesca orientar sus fiscalizaciones en terreno hacia los centros con mayor riesgo sanitario y poder tomar medidas para controlar y modificar las conductas y prácticas de aquellos centros. Existen una serie de medidas que se tomaron para el control sanitario y la bioseguridad¹⁷, entre las más destacables:

Zonificación por niveles de bioseguridad: barrios (ACS) y Macrozonas.

- Vigilancia Epidemiológica y Sistemas de Alerta Temprana.
- Monitoreo Satelital (VMS) de embarcaciones y rutas de navegación.
- Exigencias de desinfección de equipamiento, redes, balsas-jaulas, embarcaciones y personal.
- Densidades máximas de cultivo y castigo de densidad (PRS) según score de riesgo.

¹⁶ En base a datos de LeyChile, de la Biblioteca del Congreso Nacional.

¹⁷ Sernapesca define la bioseguridad como la “Aplicación de conocimientos, técnicas y equipamiento para prevenir la exposición de personas, animales y medio ambiente a agentes potencialmente infecciosos o considerados de riesgo biológico.”

- Periodos de Descanso Sanitario Coordinado.
- Reformulación de Programas Sanitarios Específicos de Vigilancia y Control (PSEVC), Clasificación de Centros y Cálculo de Riesgo Sanitario.
- Campañas sanitarias focalizadas geográficamente según riesgo/amenaza de incumplimiento.
- Fiscalización integral de ovas importadas.

Estas medidas han permitido que, por ejemplo, los brotes de ISA que han aparecido posteriormente a la crisis hayan sido detectados tempranamente y contenidos por el Sernapesca, evitando su diseminación a áreas vecinas (gráfico n°3). Por otra parte, el monitoreo de las principales enfermedades ha permitido observar su comportamiento, patrones de estacionalidad, su distribución geográfica y las mortalidades asociadas a éstas.

Abordando este proceso desde una perspectiva evolutiva, es necesario notar que esta transición hacia la gestión del riesgo no ocurrió de forma instantánea, sino que fue el resultado de un proceso de cambio gradual en las rutinas de la agencia, en el que inicialmente el foco de Sernapesca estuvo en diagnosticar, controlar y erradicar el virus ISA con medidas y planes de contingencia, con un marcado enfoque hacia la inmediatez de la emergencia. Posteriormente, con las nuevas normativas sanitarias y ambientales, y la fiscalización de las nuevas exigencias para la bioseguridad, el Sernapesca, a medida que fiscalizaba *ex post* las faltas e incumplimientos, fue gradualmente obteniendo información acerca de las características de los centros, su propensión a tener malas prácticas sanitarias, además de su nivel de cercanía e interdependencia en función de la zonificación por barrios. Esto lo habilitó para cambiar sus rutinas hacia una **fiscalización *ex ante***, actuando en forma previa, antes de que el centro cometa una falta, avanzando así hacia un enfoque de prevención, a través de una metodología basada en puntajes de riesgo a nivel de centro y por barrio (ACS). De esta forma, gradualmente el output de la agencia fue cambiando de “tonalidad” desde una fiscalización *ex post* hacia la prevención y la gestión del riesgo sanitario.

Este proceso de ampliar el horizonte de acción desde lo más inmediato hacia la anticipación de escenarios futuros se puede vislumbrar también en los dos proyectos estratégicos que se adjudica Sernapesca desde 2015, bajo financiamiento del Fondo de Inversión Estratégica (FIE)¹⁸:

- i. **Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura 2015-2018** (\$10.600 millones de pesos): La necesidad de generar conocimiento y cerrar las brechas de investigación en las principales enfermedades que afectan actualmente a la industria, la *Piscirickettsiosis* (SRS) y *Cáligus*¹⁹, (y de reducir el uso de antibióticos asociado), se ha traducido en un proyecto de una plataforma que coordine el desarrollo de investigación y conocimiento con entidades de investigación (universidades, centros de excelencia, laboratorios) que tenga calidad de bien público, a través de esquemas tipo “concurso”.
- ii. **Sistema Integrado de Gestión Sanitaria y Ambiental de la Acuicultura con Enfoque Ecosistémico 2015-2018** (\$4.936 millones de pesos): Bajo un acuerdo con CSIRO-Chile, este programa consiste en un modelo informático integrado de toma de decisiones, para evaluar y controlar riesgos sanitarios y ambientales, y el establecimiento de una metodología de investigación para el modelamiento de las dinámicas de esparcimiento de enfermedades asociadas al sector acuícola. El modelo integraría el manejo de datos productivos, sanitarios, oceanográficos y socioeconómicos.

C. Escenarios futuros

El desconocimiento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua, que constituye el parámetro más relevante para comprender si existe sobreexplotación del recurso, plantea la imperante necesidad de comenzar a aplicar modelos de capacidad de carga en las distintas localizaciones de cultivos acuícolas, modelos que son intensivos en conocimiento e investigación científica altamente local específica, que

¹⁸ Ambos proyectos han implicado la conformación de “Equipos FIE” dentro de Sernapesca, a cargo de su implementación.

¹⁹ En conjunto, ambas enfermedades representan mortalidades equivalentes a pérdidas anuales por USD\$1.000 millones para la industria.

necesariamente marcan la necesidad de reforzar los vínculos con las entidades de investigación locales o bien de construir capacidades de investigación dentro de la agencia.

Uno de los elementos que se destaca como desafío en Sernapesca para la regulación sanitaria y ambiental es cómo transitar hacia una regulación “*science-based*”, dicho en otras palabras, poseer una normativa que tenga una base científica que le otorgue, por una parte, credibilidad y autenticidad a las medidas, y por otra, que sea eficiente en el control sanitario y ambiental. El desafío se encuentra en institucionalizar y sistematizar la estructura de relaciones con los centros de investigación, en otras palabras, generar procedimientos que permitan vincular la generación de investigación científica relevante con la elaboración de reglamentos, políticas y programas, con el fin de poder procesar información científica clara y oportuna que permita a la agencia traducir este conocimiento a mejoras normativas y manuales técnicos de procedimientos.

Otro de los temas relevantes de largo plazo está asociado al avance tecnológico de las firmas hacia una producción basada en ciencia, avanzada en materias de ingeniería genética (salmón transgénico), sensores y monitoreo remoto, donde el cuestionamiento que surge es cuál es el rol que cumplirá Sernapesca en este escenario con un mayor nivel de automatización, y cómo hará el “*catch-up*” con las nuevas tecnologías, que, a la vez, abren nuevas oportunidades para monitorear y fiscalizar (robots, drones, geomática, modelización).

Finalmente, uno de los desafíos más relevantes y más directamente ligado con el actuar de Sernapesca tiene relación con cómo modificar y reorientar el comportamiento de las firmas productoras de forma permanente hacia el respeto de prácticas que garanticen la preservación de los recursos hidrobiológicos en el largo plazo. Una de las opciones es fortalecer el enfoque *carrot-and-stick* (estrategia del palo y la zanahoria), que se traduce en más fiscalización, mayores castigos y multas por conductas indeseadas (que, por cierto, deben ser amenazas creíbles) y, por otro lado, recompensas en los casos de buen comportamiento. Es decir, fortalecer los incentivos positivos y negativos para reorientar el comportamiento. Los planes de adquisición de embarcaciones y drones, certificados de centros libres de antibióticos, monitoreo satelital, entre otras, son iniciativas que van en este sentido. La segunda opción es transitar hacia un enfoque que fomente la asociatividad y la confianza entre firmas, el auto-monitoreo (a nivel de barrio, por ejemplo) y la comunicación entre centros de cultivo (por ejemplo, a través de castigos compartidos), con el fin de generar esquemas donde la **reputación** entre firmas se vuelva un elemento relevante para viabilizar la explotación del “*commons*” o bien común (Milinski, Semmann, & Krambeck, 2002), a su vez induciendo conductas de reciprocidad e imitación en base a la imagen o reputación de un centro con respecto a sus vecinos, disminuyendo así los requerimientos de fiscalización y del *carrot-and-stick*.

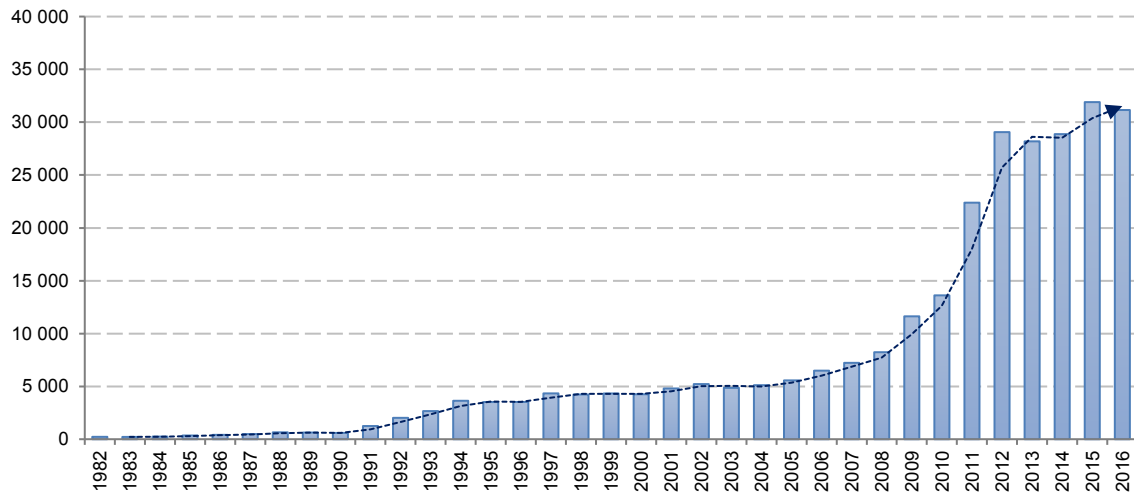
IV. El Servicio Nacional de Geología y Minería

El Servicio Nacional de Geología y Minería es creado en el año 1981 (D.L 3525) como el sucesor legal y continuación del Servicio de Minas del Estado y el Instituto de Investigaciones Geológicas. Su principal división administrativa se conforma en dos subdirecciones: la Subdirección Nacional de Minería y la Subdirección Nacional de Geología. Sus principales funciones, al año 2016, son las siguientes:

- Fiscalización en seguridad minera.
- Constitución de concesiones mineras (Asesoría a Tribunales de Justicia).
- Formación y Capacitación en Seguridad minera y Prevención de Riesgos.
- Publicaciones de Cartografía Geológica del territorio nacional y Estudios de Geología Aplicada.
- Monitoreo de la actividad volcánica del territorio nacional.
- Fiscalización y Evaluación Ambiental, de faenas e instalaciones mineras.

Al igual que en Sernapesca, presentamos inicialmente la evolución del presupuesto de Sernageomin, que nos brinda una primera aproximación al avance de la institución en cuanto al número de funciones y actividades que ejerce.

Gráfico 5
Evolución presupuesto Sernageomin
(En millones de pesos corrientes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección de Presupuestos (Dipres).
 Nota: Montos período 1982-2002 en base a ley de presupuestos, mientras que 2003-2016 en base a presupuesto vigente.
 Línea punteada: Tendencia de media móvil (2 periodos).

A. Inicios del Sernageomin, la labor minera y geológica en un contexto de restricciones presupuestarias

El Sernageomin es creado en 1981 con el siguiente organigrama inicial:

Diagrama 5
Estructura orgánica Sernageomin – 1981



Fuente: Elaboración Propia en base a Decreto Ley 3525 (1981) Ministerio de Minería.

Al ser el continuador del Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG), corporación de derecho privado dependiente de Corfo y creada en 1957, la elaboración de cartografía geológica ha sido desde sus inicios una función principal del Sernageomin, cuyo objetivo es completar la Carta Geológica de Chile. El IIG sentó las bases del desarrollo cartográfico, con logros relevantes tales como la confección de la Carta Geológica de Chile escala 1:1.000.000, el descubrimiento de importantes yacimientos metálicos y no metálicos (cobre, fierro y litio), estudios de aguas subterráneas, y de suelos de fundación para Valparaíso. Su accionar sentó las condiciones básicas para el desarrollo de la industria minera (Naranjo, 2000).

La continuación de esta actividad por parte del Sernageomin, se encontraba, en parte, en la continuación de los proyectos cartográficos del IIG. Con este fin posee un laboratorio propio para el análisis geológico. Sin embargo, en la primera década de su actividad, Sernageomin se encontraba limitado por los escasos recursos financieros destinados a la institución, que hasta 1990 —término del régimen militar— no superó \$1.000 millones de pesos. Debido al alto costo de las actividades asociadas a la confección manual de cartografía, toma de muestras, análisis de laboratorio, etc. una gran parte de las publicaciones geológicas del Sernageomin se financiaban con recursos del FNDR, FONDECYT, gobiernos regionales, y algunos estudios eran comandados y financiados por Codelco. Además, los proyectos de cartografía eran de mediano plazo, y en general tomaban varios años para completarse, dependiendo del tipo de cartografía. Con la vuelta de la democracia, el presupuesto de Sernageomin aumenta en un 241% entre 1990-1992, es decir, crece a más que el triple.

En el año 1993 se da el paso hacia la cartografía digitalizada, a cargo de la Unidad de Sistemas de Información Geológica, avanzando hacia menores tiempos de procesamiento y una mayor calidad de los mapas.

Por otra parte, durante sus primeros decenios, Sernageomin estuvo a cargo de realizar la estadística minera, con acciones tendientes a hacer catastros de las faenas mineras activas, para posteriormente, desde 1990, comenzar los esfuerzos para catastrar a la pequeña minería artesanal, mucho más atomizada y que a la fecha no se conocía cabalmente su actividad ni su localización. En el año 1997 finalmente se completa el primer Catastro Minero, donde se fijan las mensuras en terreno de todas las faenas activas.

En este mismo año se crea el departamento de Informática en el Sernageomin, encargado de administrar las crecientes bases de datos de información geológica y georreferenciación asociadas a la cartografía digital y a la propiedad minera, respectivamente, y de gestionar las plataformas computacionales dentro de la agencia.

Al igual que Sernapesca, desde 1997, en el marco de la puesta en marcha del Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA), el Sernageomin ha estado a cargo de la evaluación de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental (EIA, DIA) de faenas e instalaciones mineras, que son parte del proceso para la obtención de una Resolución de Calificación Ambiental (RCA). El Departamento de Ingeniería y Gestión Ambiental (DIGA) de Sernageomin, creado en 1992, ha estado a cargo de estas evaluaciones. Los esfuerzos de la agencia luego de esta nueva atribución han sido enfocados en agilizar los procesos de evaluación de estos instrumentos y reducir los tiempos de despacho.

La cooperación internacional y los convenios de cooperación técnica, especialmente en temas ambientales, han sido relevantes en la construcción de nuevas capacidades en Sernageomin. Destacan principalmente los convenios con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR) y con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). La JICA, al igual que en acuicultura, ha sido relevante en la transferencia tecnológica y asistencia técnica, en este caso, en materias geológicas, ambientales y de seguridad minera, apoyando a Sernageomin a través de la donación de equipos de última tecnología para el levantamiento de nuevos laboratorios, trayendo expertos para realizar transferencia tecnológica y enviando becarios a Japón.

Los dos principales proyectos con JICA fueron: “Centro de Capacitación en Seguridad Minera y Medio Ambiente” (1994-1999) que consistió en la construcción de un centro de capacitación de nivel internacional, con distintas actividades enfocadas a empresas mineras, a instituciones del Estado y cursos internacionales, además de la habilitación de un laboratorio de análisis químico-ambiental,

principalmente para la determinación de la calidad de aguas y la donación de una unidad móvil de laboratorio. Involucró el envío de 10 expertos japoneses de largo plazo y 12 de corto plazo (Sernageomin, AGCI & JICA, 1997).

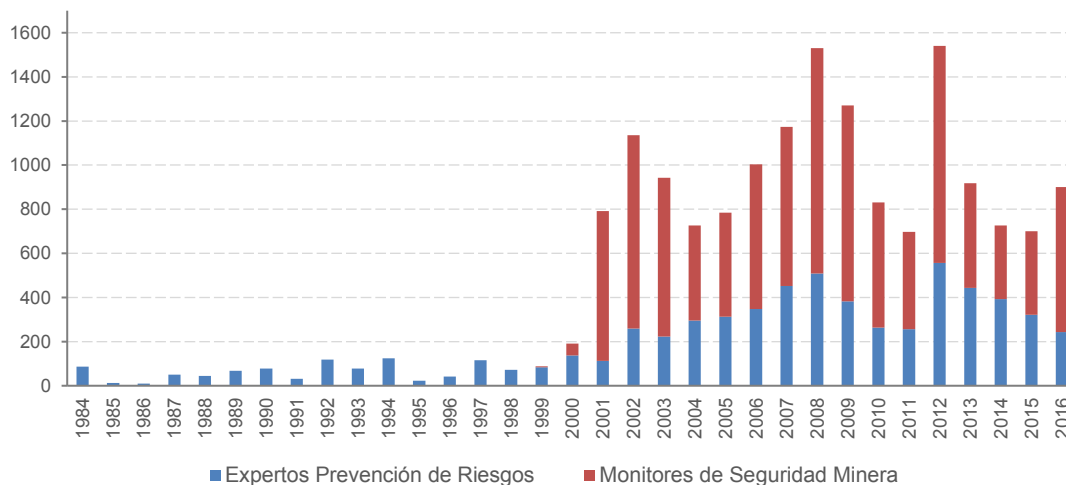
El segundo proyecto es el “Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en Gestión Ambiental Minera FOCIGAM” (2002-2007) que consistió en la transferencia de metodología de investigación de contaminación minera y de evaluación de riesgos, en el que capacitaron a personal en terreno y generaron metodologías e instrumentos para hacer catastros y mediciones de riesgo, como por ejemplo el formulario E-400, para el levantamiento de información en terreno para 213 faenas mineras abandonadas y paralizadas (FMA/P) en el período. Consistió en el envío de 9 expertos japoneses de largo plazo y 8 de corto plazo y, por otro lado, 19 funcionarios del Sernageomin COMO becarios a Japón. El proyecto incluyó la donación de equipos de laboratorio por un valor de USD\$1,37 millones (Sernageomin & JICA, 2007).

Por otra parte, la BGR ha apoyado a Sernageomin prestando asistencia técnica en distintos proyectos, entre ellos el fortalecimiento del departamento de ingeniería y gestión ambiental (1994-2004), el proyecto “Bases para la Remediación de Pasivos Ambientales Mineros” (2003-2008), cuyo objetivo fue la capacitación de funcionarios en la identificación y clasificación de los PAM, en la evaluación de planes de remediación y fiscalización de la ejecución de éstos, además de determinar instrumentos de financiamiento para la remediación de pasivos de responsabilidad estatal (Oblasser & Chaparro, 2008). De este convenio resultó la redacción DEL Anteproyecto de Ley sobre Remediación de Pasivos Ambientales Mineros, que a la fecha aún no ingresa a trámite legislativo.

En minería, las fuentes de riesgo son diversas, y entre las más relevantes podemos mencionar la seguridad laboral para sus trabajadores, que, si bien actualmente es la actividad económica de menor tasa de accidentabilidad, es la que tiene mayor riesgo y causa mayores daños, tanto en pérdida de productividad (horas perdidas) y pudiendo resultar en accidentes graves o la muerte de los operarios. En materias de prevención, aparece el tema de la capacitación de los funcionarios, pues una gran proporción de los accidentes ocurren debido a la poca o nula experiencia de los operarios, y la extracción en faenas no regularizadas. Además, es necesaria la fiscalización en terreno por parte de Sernageomin para verificar el cumplimiento de la normativa de seguridad.

Una de las fuentes de ingresos monetarios para Sernageomin ha sido la venta de capacitaciones y cursos en Seguridad Minera y Prevención de Riesgos. Los dos principales cursos que realiza Sernageomin son “Experto en Prevención de Riesgos de la Industria Extractiva Minera” y “Monitor de Seguridad Minera”. El primero se inicia desde 1985 (Reglamento Seguridad Minera D.S. 72), se norma en 1993 (Resolución 1851); y el segundo se reglamenta en 1999 (Resolución 922). Desde 1993, todas las empresas mineras con más de 100 trabajadores deben contar con un Departamento de Prevención de Riesgos dirigido por un Experto Categoría “A” o “B” que califica Sernageomin, asegurando la demanda por esta formación. Cabe destacar que estos cursos han aumentado su valor agregado y se han complejizado, como en el año 2001 en que incrementan los requisitos para acceder al curso de Experto en Prevención de Riesgos. Además, se han reformado las mallas curriculares y ha aumentado la duración de las formaciones. El ítem de capacitaciones se ha fortalecido de forma importante desde la creación del Centro de Capacitación en Copiapó, pues para Sernageomin representan un doble dividendo, a saber, por una parte, los recursos recaudados por los cursos y, por otra, la reducción de la accidentabilidad asociada al aumento del personal minero capacitado en seguridad minera. En el período 2002-2016, se han capacitado a más de 37 mil personas. En el siguiente gráfico se presenta la evolución del número de capacitados en los dos principales cursos ya mencionados, para el período 1984-2016.

Gráfico 6
Evolución de números de capacitados anualmente por curso



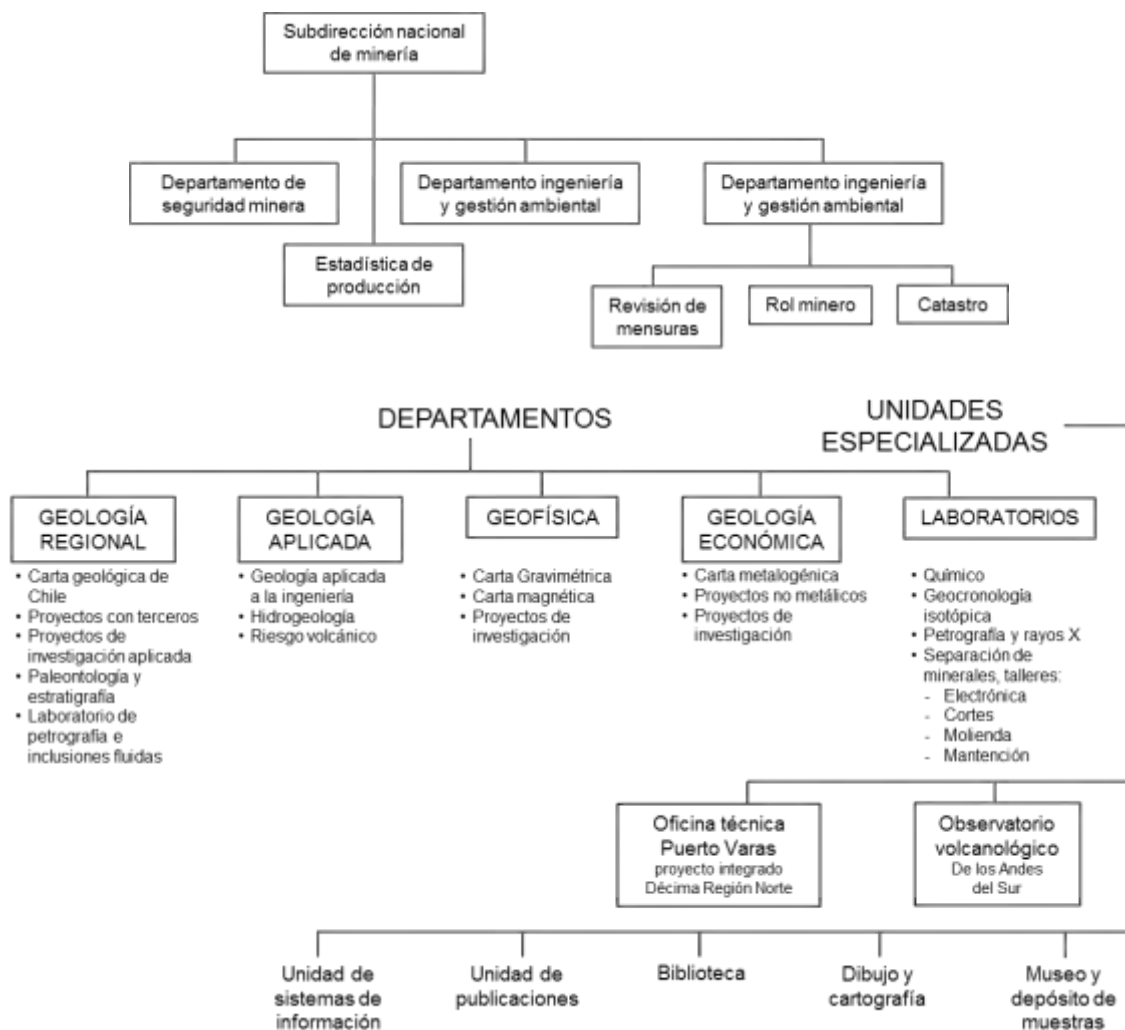
Fuente: Elaboración propia en base a Memorias Anuales 1993-2000 y Balances de Gestión Integral (BGI) 2002-2016 de Sernageomin.

La volatilidad de la serie se explica puesto que la demanda observada por estos cursos depende de diversos factores, pudiéndose argumentar que entre ellos está el nivel de actividad minera, el número de capacitadores y su productividad, y el nivel de riesgo de una faena minera.

El Sernageomin durante sus primeras dos décadas no experimentó ninguna reestructuración orgánica, sin embargo, en base a su organigrama inicial se fueron incorporando nuevos departamentos y unidades, tanto a nivel central como en ambas subdirecciones, en respuesta a las nuevas atribuciones y funciones que obtuvo principalmente con la promulgación del Reglamento de Seguridad Minera (1985), del Código de Minería (1983) y su respectivo reglamento (Decreto 1 – 1986). Los dos últimos incorporaron las funciones de informar técnicamente las concesiones mineras y llevar el Catastro Nacional de Concesiones Mineras. A continuación, se presenta el organigrama del Sernageomin al año 1998:

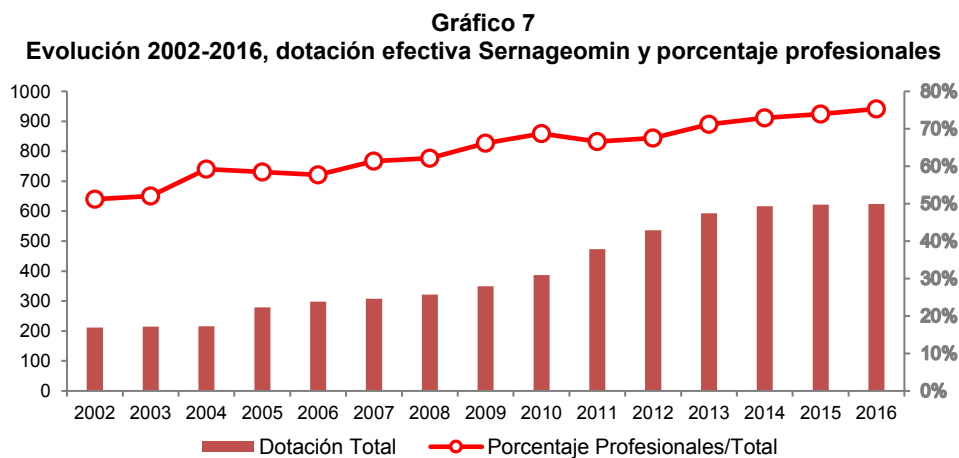
Diagrama 6
Estructura orgánica SERNAGEOMIN 1998





Fuente: Memoria Anual Sernageomin (1998).

A continuación presentamos la evolución del personal de Sernageomin desde el año 2002, en él se observa una marcada tendencia al aumento de la proporción de profesionales en esta agencia.

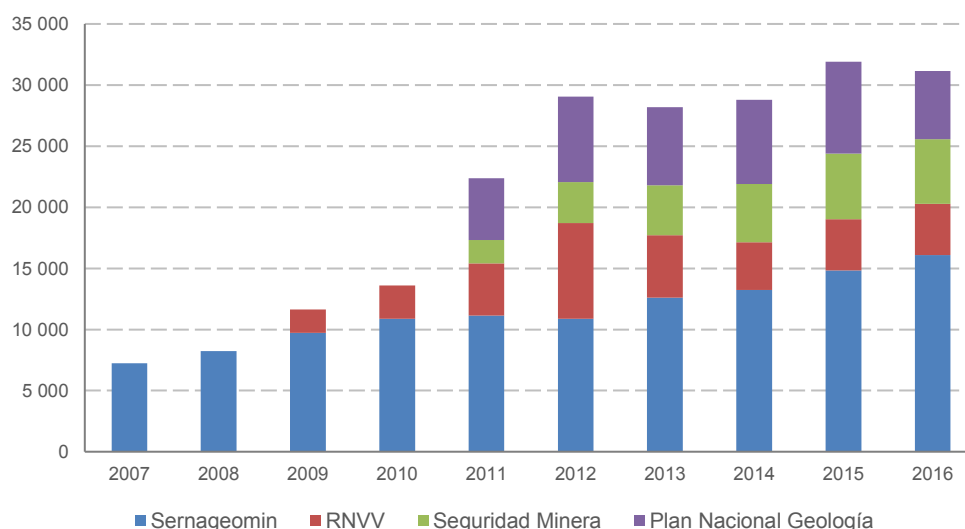


Fuente: Elaboración propia en base a Balances de Gestión Integral (BGI) 2002-2016 de Sernageomin.

B. “Somos 33 y estamos todos vivos”: una nueva fase en la gestión del riesgo

El 2010 marcó un hito por el evento del derrumbe de la mina San José, en Copiapó y el posterior rescate de los 33 mineros que permanecieron atrapados durante 69 días. La cobertura mediática a nivel mundial alrededor del campamento Esperanza, puso las luces sobre este accidente y sobre la relevancia de la seguridad minera. El Sernageomin, al estar a cargo de la fiscalización de la seguridad minera, apareció como el principal blanco de críticas y, en respuesta a las presiones políticas por cambios significativos, para el año siguiente aparecen en la ley de Presupuestos del año 2011 tres nuevos programas bajo el alero de Sernageomin y con un presupuesto independiente: i) El Programa de Seguridad Minera (PSM), ii) el Plan Nacional de Geología (PNG) y iii) la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV). La puesta en marcha de estos programas hace que el presupuesto total de Sernageomin incremente a más que el doble en sólo dos años, desde 2010 a 2012 (aumento 113%). En el siguiente gráfico se puede apreciar el presupuesto diferenciado por cada uno de estos programas.

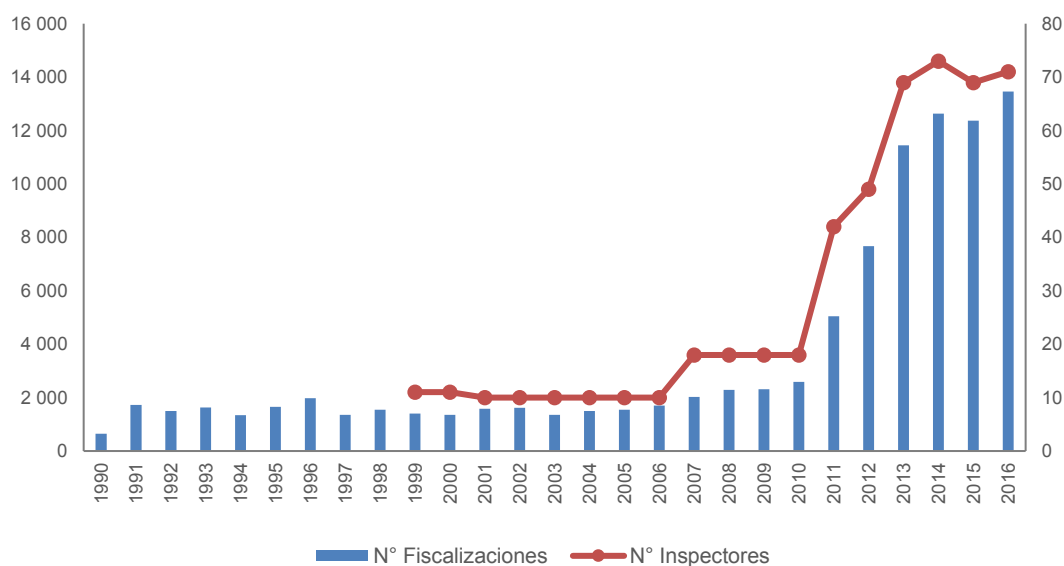
Gráfico 8
Evolución presupuesto Sernageomin por programas
(Millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección de Presupuestos (Dipres).

Con respecto al Programa de Seguridad Minera, si bien desde sus inicios el Sernageomin ha estado a cargo de la fiscalización en seguridad minera, el limitado presupuesto asignado al Sernageomin durante sus primeras dos décadas de labor, se evidenció también en una baja capacidad fiscalizadora. Las acciones de fiscalización que realiza son principalmente: i) Inspección a faenas mineras en base al Reglamento de Seguridad Minera, ii) el seguimiento de acciones correctivas que resultan de dichas inspecciones, iii) regularización de proyectos de explotación, iv) la investigación de accidentes con resultado de muerte y (v) autorización para transporte de explosivos. En el siguiente gráfico se presenta la evolución de la fiscalización en seguridad minera por parte de Sernageomin.

Gráfico 9
Evolución fiscalización en seguridad minera



Fuente: Elaboración propia en base a Balances de Gestión Integral (BGI) 2002-2016 de Sernageomin.

Nota: Para el período 1990-1998 se denota el n° de faenas mineras fiscalizadas, y luego en 1999-2016 el n° de fiscalizaciones.

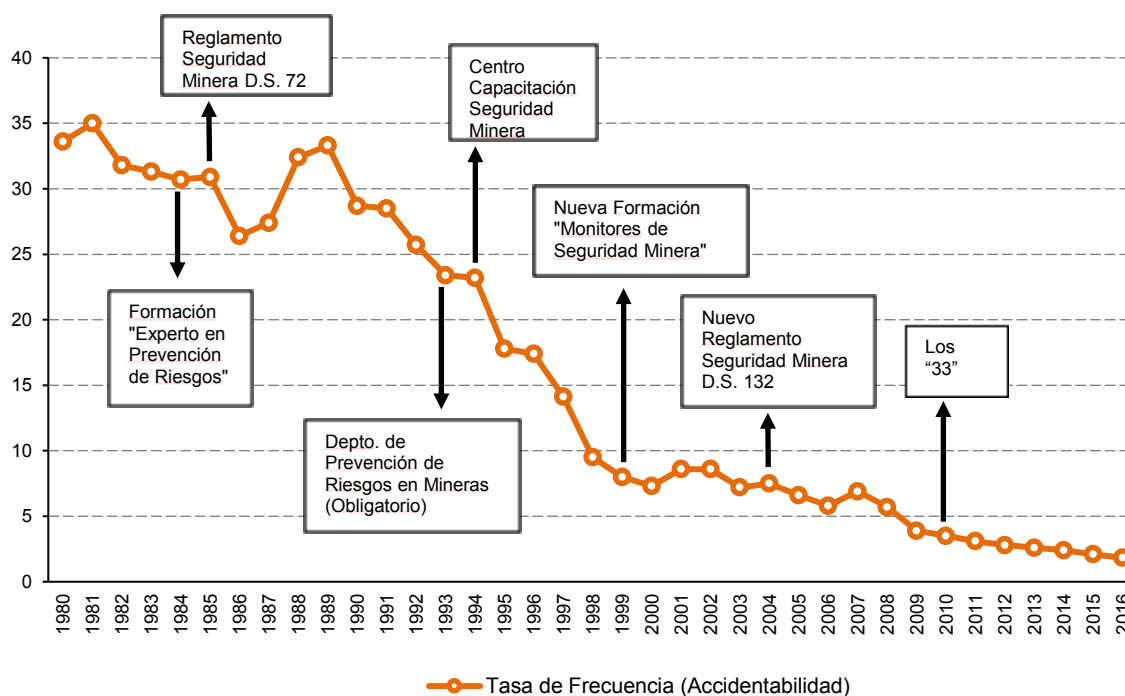
Desde que existen datos disponibles, durante el período 1999-2006, el número de fiscalizadores se mantuvo prácticamente constante (10-11 inspectores) por las restricciones de presupuesto, la cobertura de faenas mineras no era completa²⁰, y el Sernageomin implementaba estrategias para incrementar la productividad de los inspectores sin mayor éxito, pues la dotación de inspectores evidentemente limita la capacidad fiscalizadora. En efecto, el coeficiente de correlación entre ambas series (inspectores y fiscalizaciones) es de 0.99. Analizando el gráfico se puede apreciar claramente el punto de quiebre luego del año 2010 con el episodio de los ‘33’ mineros, pues se da inicio al Programa de Seguridad Minera (PSM) con un presupuesto independiente, incrementando la dotación de 18 a un promedio de 71 inspectores para los años 2013-2016. Con estos incrementos presupuestarios se logra la cobertura total a faenas mineras. Además, se han realizado programas de sensibilización de los peligros mineros, donde destacan las “Reglas de Oro de la Seguridad Minera”, campaña realizada en función de la investigación de las causantes más recurrentes en los accidentes.

Con respecto a la calidad de estas fiscalizaciones, se han incorporado sistemas en línea para el seguimiento de las acciones correctivas y su subsanación (SIMIN 2.0) y la incorporación de equipos como medidores de gases.

La evolución de la accidentabilidad en minería ha ido constantemente a la baja desde los inicios del Sernageomin. Por problemas de causalidad, sólo podemos argumentar que esta caída ha sido resultado de varios factores, que incluyen los esfuerzos de Sernageomin en capacitación y en la fiscalización en seguridad minera, además de la gestión interna en seguridad y prevención de riesgos dentro de las firmas mineras y la incorporación de nuevas tecnologías al proceso productivo minero. El siguiente gráfico presenta la tasa de frecuencia, que corresponde al número de accidentes —trabajadores fallecidos más accidentes con consecuencias de incapacitación o con tiempo perdido—, por cada millón de horas hombre trabajadas. Además, en él se identifican los principales hitos asociados a seguridad minera y a las atribuciones del Sernageomin.

²⁰ Al año 2010 se alcanzaba un 74% de cobertura de faenas mineras.

Gráfico 10
Evolución de la tasa de accidentabilidad, 1980-2016
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración Propia en base a Estadísticas de Accidentabilidad (Sernageomin).

A pesar del desconocimiento de cuál de estos factores afectó más significativamente la caída de la accidentabilidad, es altamente plausible que el efecto de las fiscalizaciones y las capacitaciones esté asociado a rendimientos decrecientes, en el sentido que inicialmente con la formulación del primer Reglamento de Seguridad Minera en 1985, la incorporación de medidas básicas de seguridad a partir de las primeras fiscalizaciones y la difusión de los conocimientos de prevención de riesgos tuvieron un alto impacto en la disminución de accidentes. Sin embargo, luego de la fuerte caída que se observa en la década de 1990, vemos que las reducciones tienden a estabilizarse. De esta manera, la existencia de rendimientos decrecientes se puede apreciar especialmente desde el año 2011 con la aparición del Programa de Seguridad Minera, en que, si bien se cuadruplica la dotación de inspectores, no observamos una reducción igualmente notoria en la tasa de frecuencia, pues ésta ya se encontraba muy baja, con 3,5 accidentes por millón de horas hombre en 2010. Este planteamiento permite deducir que, por una parte, los esfuerzos de fiscalización realizados han tenido resultados satisfactorios, y por otra, que en la fase actual de accidentabilidad el costo marginal de reducir un accidente resulta cada vez mayor, por la creciente calidad y especificidad técnica de las fiscalizaciones, que implica la necesidad de capacitar a los inspectores de seguridad e incorporar nuevos equipos y tecnologías.

En el período 2011-2016, de los tres nuevos programas ya mencionados, el que ha recibido mayor aporte presupuestario acumulado es el Plan Nacional de Geología (PNG). Este proyecto nace en base a la existencia de una brecha entre la demanda por información geocientífica, y una baja capacidad de la Subdirección Nacional de Geología para cubrir esta demanda a través de publicaciones geológicas. Al año 2009, no existían publicaciones de cartografía geoquímica y el diagnóstico era que con los recursos actuales se completaría la cartografía nacional en 2040, a pesar de la alta calificación de los funcionarios de la Subdirección, en efecto, un 34% de ellos poseían estudios de doctorado (Sernageomin, 2009). Su objetivo es acelerar la producción cartográfica a fin de completar la Carta Geológica de Chile escala 1:100.000 al año 2020. Contempla confeccionar, en una primera etapa, la cartografía de Geología Básica, Geofísica y Geoquímica en la zona comprendida entre los paralelos 18° a 30° Sur. La utilidad de estos

mapas está en el fomento a la exploración minera, el conocimiento sobre recursos minerales e hídricos, además de su aplicación para la planificación territorial y la identificación de peligros geológicos. El PNG implicó un fortalecimiento importante de esta subdirección y sus respectivas unidades, la adquisición de equipos y software informáticos, además que un 40% de la inversión de \$38.400 millones totalizada en 2011-2016 se ha destinado a los gastos en personal altamente especializado, a saber, la contratación de geólogos y cartógrafos, además de un fortalecimiento del laboratorio institucional para el análisis de muestras. A continuación, se muestran el número de publicaciones y el avance en el marco del programa Plan Nacional de Geología:

Cuadro 2
Número de publicaciones. Período seleccionado

Carta Geológica de Chile, Zona 18° a 30° Sur	Publicado antes del PNG en la zona (n°)	Mapas Publicados por año con recursos asignados al PNG en la zona (n°)						Acumulado cartas geológicas disponibles (n°)	Total cartas geológicas a confeccionar en la zona (n°)
		AI 2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Serie de Geología Básica, Escala 1:100.000	34	3	11	19	8	7	8	90	134
Serie Geofísica: Levantamiento aeromagnético, Escala 1:100.000	0	4	15	20	0	12	0	51	134
Serie Geoquímica, escala 1:250.000	0	0	1	0	4	1	1	7	n/a

Fuente: Balance de Gestión Integral 2016 - Sernageomin.

Considerando el período 1995-2009, desde que se comienza la publicación de cartas digitalizadas y se escoge la escala 1:100.000 para la geología básica, en él se publicaron un promedio de 3 cartas por año, mientras que en el marco del PNG, en el período 2011-2016 se han publicado 9,3 cartas por año.

C. Depósitos de relaves y gestión de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

La generación de desechos es una característica inherente al proceso productivo minero. En el caso del cobre, su concentración en la roca gira en torno al 1% dependiendo de la ley del mineral. En consecuencia, por cada kilo obtenido de cobre metálico puro, se producen otros 99 kilos de **relave**, residuo que incluye la roca molida, metales pesados, agua y sustancias químicas utilizadas en los procesos de lixiviación. De esta forma, la necesidad de depositar estos relaves generó la aparición de numerosos **depósitos de relaves**, principalmente en el norte de Chile. Debido a que la generación de relaves es tan antigua como la actividad minera, previo al año 1970, la menor disponibilidad de tecnologías, la inexistencia de institucionalidad ambiental y de legislación en torno a su construcción y operación, provocó que muchos de estos depósitos fueran abandonados luego del cese de su operación y no tuvieran las condiciones necesarias de seguridad, ocurriendo así episodios de colapsos de tranques de relaves a causa de sismos de alta magnitud, en 1928 en el Tranque Barahona y en 1965 en el Tranque Mina el Soldado, que en conjunto dieron por resultado 250 muertes. Estos acontecimientos originaron que en el año 1970 se aprobara el “Reglamento de Construcción y Operación de Tranques de Relaves” (D.S. 86) a cargo del Servicio de Minas (posteriormente Sernageomin) que determina las exigencias tecnológicas para su construcción, operación y mantención, sin embargo, en éste no hay disposiciones sobre el cierre de estos depósitos.

Esta normativa estuvo vigente durante 36 años, período en el cual existieron avances tecnológicos relevantes en los métodos de diseño y construcción de depósitos de relaves, además de la creación de la primera institucionalidad ambiental robusta en Chile con la Ley de Bases del Medioambiente (1994) que crea el Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA), a través del cual los proyectos de faenas mineras, entre ellos los depósitos de relave, deben ser aprobados en función de su respectiva evaluación ambiental. Por otra parte, la actualización del Reglamento de Seguridad Minera en 2004 (D.S. 132), incorporó la obligación de presentar un Plan de Cierre, documento que especifica una serie de medidas para mitigar los riesgos y efectos negativos posteriores al cese de actividad de las obras contempladas en una faena minera, entre ellas las plantas de tratamiento, fundiciones, botaderos y rípios de lixiviación, depósitos de relaves, entre otras.

Estos cambios hicieron necesaria la actualización de la legislación de relaves en 2006 con el nuevo “Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves” (D.S. 248) a cargo de Sernageomin, que incluye la supervisión y evaluación de los proyectos de depósitos y su posterior vigilancia.

Como se mencionó anteriormente, la ausencia histórica de legislación sobre el cierre de operaciones mineras tuvo como consecuencia que durante gran parte de la historia minera en Chile las empresas hacían abandono de las faenas mineras luego del término de sus operaciones, sin ejercer medidas para reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente, es decir, no asumían los costos de las externalidades negativas que generaban. La asistencia técnica externa que proporcionaron tanto BGR como JICA se enfocó en gran medida en estos pasivos ambientales, con el fin de tener un registro de cuántos son, evaluar su nivel de riesgo y de establecer una normativa legal que los pudiese regular²¹. Un **Pasivo Ambiental Minero (PAM)** es *aquella faena minera abandonada o paralizada, incluyendo sus residuos, que constituye un riesgo significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente*²² (Sernageomin, BGR, 2008). Gracias a la asistencia de ambas instituciones externas, en el período 2003-2016, Sernageomin ha levantado información en terreno de 809 Faenas Mineras Abandonadas o Paralizadas (FMA/P) a través del formulario E-400, y en el período 2009-2016 ha realizado evaluaciones de riesgo a 149 de estas FMA/P. Por otra parte, los esfuerzos de Sernageomin con respecto a los depósitos de relaves se han focalizado en realizar un catastro a nivel nacional.

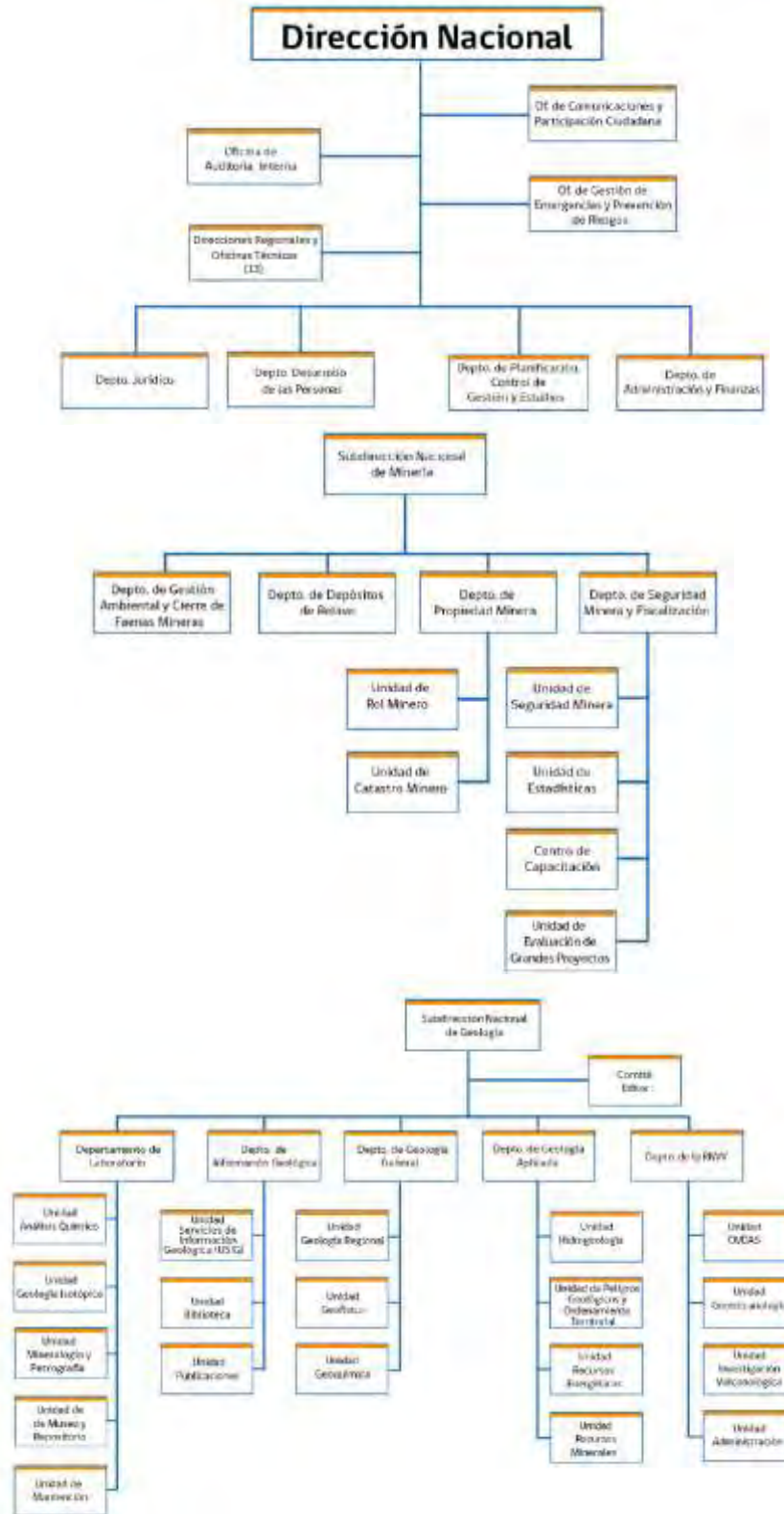
A fin de que las empresas se hicieran cargo de estas externalidades negativas, así como para impedir la generación de nuevas faenas mineras abandonadas, en el año 2012 se regula el cierre de faenas e instalaciones mineras (Ley 20.551) con su respectivo reglamento (Decreto 41 – 2012) dando carácter de obligatoriedad la ejecución de las medidas contempladas en el Plan de Cierre e incluyendo una garantía financiera para su cumplimiento. A su vez, Sernageomin está a cargo de revisar y aprobar estos documentos, de indicar medidas correctivas, fiscalizar la aplicación de las medidas del Plan de Cierre e imponer sanciones por incumplimientos.

Estas nuevas normativas hicieron necesaria una reestructuración orgánica del Sernageomin, especialmente en la Subdirección Nacional de Minería, donde se crea en 2014 **Departamento de Depósitos de Relaves** y se reestructura el departamento ambiental (DIGA) en 2015 pasando a ser el **Departamento de Gestión Ambiental y Cierre de Faenas Mineras**. El departamento de relaves se ha encargado del cumplimiento del D.S 248, actualizó el Catastro Nacional de Depósitos de Relaves y realizó una caracterización geoquímica de cada uno de ellos, a través de muestreo y análisis de laboratorio, permitiendo un primer diagnóstico para la recuperación de elementos de valor en relaves (re-minería o reciclaje de relaves). Después de sucesivas modificaciones entre 2014 y 2015, el Sernageomin posee la siguiente estructura orgánica:

²¹ El “Anteproyecto de Ley de Remediación de Pasivos Ambientales Mineros” elaborado por Sernageomin y BGR no ha ingresado a trámite legislativo, y por ende actualmente no existe Ley de PAM que responsabilice legalmente a los actores (Estado o mineras) por la remediación de los pasivos de la minería histórica.

²² Para una revisión en detalle de los potenciales riesgos y contaminación asociada a los PAM, véase: BCN. (2012). Pasivos Ambientales Mineros en Chile.

Diagrama 7
Estructura orgánica Sernageomin, desde 2016 a la actualidad



Fuente: Portal de Transparencia Activa de Sernageomin (2017).

Con el inicio del Programa Nacional de Minería Alta Ley —iniciativa público-privada impulsada por CORFO y el Ministerio de Minería— y su respectivo Roadmap Tecnológico 2015-2035, se identificó a los relaves como un núcleo fundamental a resolver, en vista de los conflictos que estos desechos generan con las comunidades y que se estima que la generación de relaves podría casi duplicarse al año 2035 con la caída de la ley del mineral (Fundación Chile, 2016). En el marco de este Roadmap y del proyecto Alta Ley, en que se reconoció como un desafío principal el propiciar la inclusión y aceptación comunitaria de los depósitos de relaves, se aprobó el siguiente proyecto bajo el financiamiento del Fondo de Inversión Estratégica (FIE):

- a. Tranque Inclusivo, Programa Tecnológico de Monitoreo en Línea de Relaves 2016-2018** (\$2.300 millones de pesos): Consiste en un sistema de monitoreo de los depósitos de relave, que incluirá modelos matemáticos de estabilidad física y química, sensores, un sistema piloto de monitoreo en línea de relaves que contempla una plataforma de gestión de información y un sistema de comunicación y transferencia de la información a los incumbentes. Este programa es coordinado por Fundación Chile, y sus co-desarrolladores son el Dictuc, el Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC) y el Sustainable Minerals Institute (SMI-ICE Chile). Sernageomin es parte del comité técnico de CORFO para este proyecto.

Los depósitos de relaves constituyen un elemento de importancia estratégica para la actividad minera, puesto que sin ellos la producción se paraliza. El hecho de que el Departamento de Depósitos de Relaves en Sernageomin cuente en 2017 solamente con 9 funcionarios y que durante sus primeros años de funcionamiento no se le asignara presupuesto propio, plantea un escenario paradójico con respecto a la relevancia estratégica que se le otorga en el programa Alta Ley. La disposición de estos desechos mineros —que irán en constante aumento en los próximos años— hace necesario un mayor monitoreo, fiscalización y transparencia con las comunidades que son afectadas directamente, sobre aspectos de su estabilidad física y química, teniendo en cuenta los peligros geológicos y climáticos que pueden ocasionar catástrofes en estas estructuras, en un contexto en que la minería continúa representando una fracción mayoritaria de la matriz exportadora chilena y ha significado un aporte sustantivo a los ingresos fiscales durante las últimas décadas. En este sentido, parece idónea la construcción de capacidades de monitoreo de relaves radicadas dentro de Sernageomin, que posteriormente puedan dialogar y trabajar de forma mancomunada con las capacidades conjuntas que comienzan a construirse en institucionalidad de riesgo de desastres, que revisaremos a continuación.

D. Peligros geológicos, hacia una política nacional de reducción del riesgo de desastres naturales

Se entiende por peligro geológico toda aquella condición o proceso geológico potencialmente catastrófico. Igualmente se concibe como la probabilidad de que suceda un evento de este tipo durante un cierto período de tiempo en un sitio dado (Naranjo, 2000). Entre los principales peligros geológicos se encuentran:

- Sismos
- Remociones en Masa (Deslizamientos de Tierra, Aluviones)
- Erupciones Volcánicas
- Inundaciones

A pesar de que desde los inicios del Sernageomin la problemática de los peligros geológicos no era abordada dentro de sus actividades principales, al tratarse de un servicio geológico altamente técnico, consistentemente aparece como el organismo idóneo para la evaluación de estos fenómenos. Así, crecientemente se comenzaron a realizar asistencias técnicas a distintos actores en temáticas de vialidad, proyectos de urbanización, así como en eventos de aluviones, crisis sísmicas, volcánicas, entre otros peligros geológicos. En estas asistencias se elaboran informes técnicos y se hacen distintas recomendaciones de acción.

El evento del terremoto del 27 de Febrero de 2010, evidenció el rol que el Sernageomin posee en la temática de peligros geológicos y los desastres que ellos causan, puesto que implicó la movilización del 70% de sus profesionales con el fin de apoyar a las autoridades regionales y nacionales en la catástrofe. En el manejo de este evento se distinguen tres etapas asociadas a la gestión del riesgo, que se detallan a continuación.

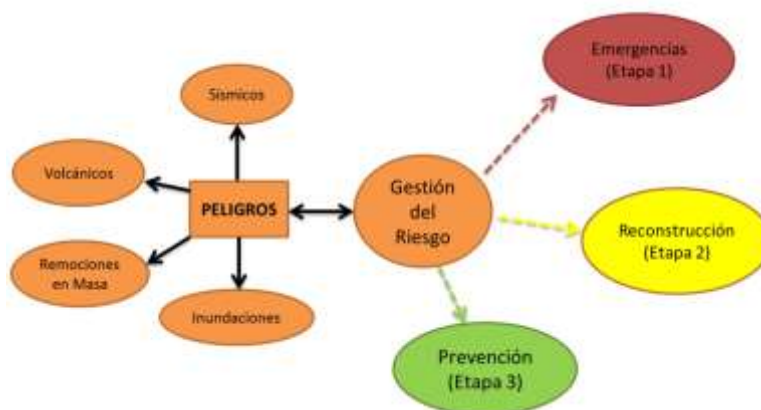
Etapa 1: En la emergencia, se movilizó al personal a las zonas de catástrofe, y las acciones del Sernageomin se focalizaron en la evaluación de los daños causados y de los riesgos existentes para la relocalización de las comunidades, asistiendo así en la elección de sitios para el emplazamiento de campamentos de emergencia.

Etapa 2: Pasando a la reconstrucción, se gestó el programa “Geología para la Reconstrucción” en la cual el papel del Sernageomin pasó a ser la generación de cartografía de peligros geológicos para guiar los esfuerzos de reconstrucción y el ordenamiento territorial en los planes reguladores, hacia sectores que estén fuera del área de influencia de estos peligros. Sin embargo, estos mapas no tienen la calidad de ser vinculantes con la planificación del territorio.

Etapa 3: Finalmente, pasando a la prevención, han existido esfuerzos de generar una institucionalidad para la gestión del riesgo. Chile es un país particularmente vulnerable a desastres naturales, pues entre los peligros geológicos ya mencionados se suman los incendios forestales y los fenómenos climáticos extremos, donde éstos últimos a su vez pueden contribuir a desastres naturales de origen geológico, por ejemplo, la relación entre lluvias extremas y las remociones en masa e inundaciones. Estas interrelaciones hacen necesaria una gestión integrada para la reducción de los riesgos, para lo cual se creó una nueva institución, el “Observatorio Nacional de Riesgos Socionaturales”²³ en 2017, que busca la integración de información para la coordinación del monitoreo de desastres naturales. Sin embargo, no posee presupuesto propio y se financia en base a los aportes de sus participantes. Para el año 2017 se le adjudican \$100 millones para su implementación.

Con el fin de visualizar estas fases, en el siguiente esquema se presentan los principales peligros geológicos y las etapas asociadas a la gestión del riesgo:

Diagrama 8
Peligros geológicos y etapas de gestión del riesgo



Fuente: Arenas (2010).

Cabe destacar que cada uno de estos peligros geológicos presenta desafíos particulares en cuanto a su nivel de predictibilidad, así como la capacidad de respuesta de estos organismos públicos para activar sistemas de alerta temprana, planes de emergencia y el sistema nacional de protección civil. Y desde una

²³ Lo conforman la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), Sernageomin, Dirección Meteorológica de Chile, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y el Centro Sismológico de U. de Chile.

perspectiva preventiva, se diferencian en la factibilidad de realizar acciones de mitigación de riesgos y sus costos económicos. Además, la localización específica de estos peligros tiene una fuerte dimensión dinámica, es decir, los factores como el contexto geográfico, la vulnerabilidad biofísica y social y las acciones de mitigación, son todos elementos que se modifican con el tiempo y cambian las condiciones en que ocurren los desastres naturales. (Cutter, 1996)

Finalizando esta sección, se hace relevante enfatizar la relevancia de construir capacidades de monitoreo integral de desastres naturales, especialmente dado que nos encontramos en un contexto de cambio climático donde serán cada vez más recurrentes los fenómenos climáticos extremos, además de otras consecuencias como el crecimiento del nivel del mar y la desertificación, que pueden impactar en la disponibilidad de recursos hídricos, además del mayor riesgo de activación de peligros geológicos e incendios forestales. En este sentido, la capacidad técnica del Sernageomin lo sitúa como uno de los actores cruciales para liderar el fortalecimiento de la gestión del riesgo para la reducción de la vulnerabilidad frente a riesgos naturales, así como nuevas facultades para influir en el ordenamiento territorial.

Sección aparte merece el tema volcánico, en el cual existen avances significativos por parte de Sernageomin, y que examinaremos a continuación.

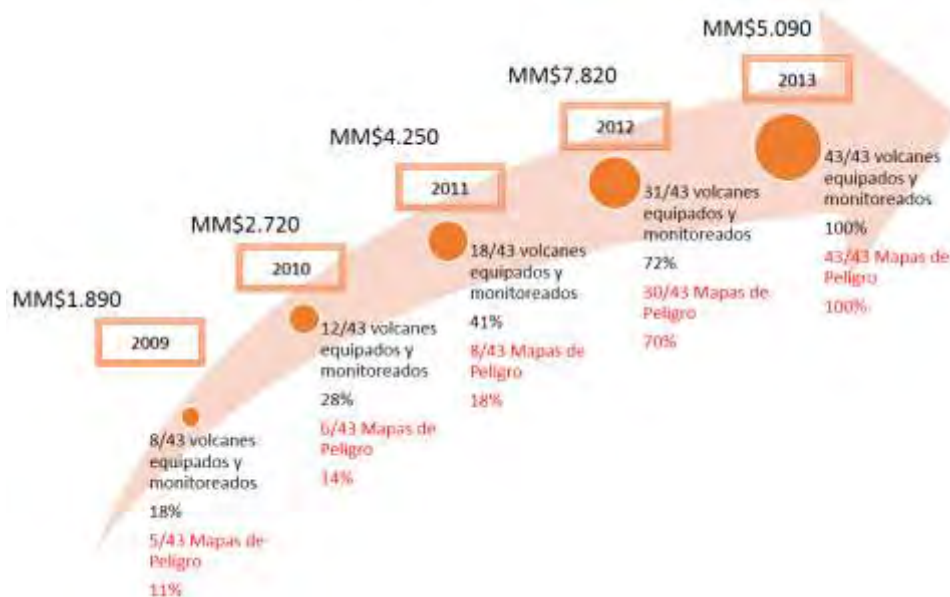
E. Crisis volcánicas, provisión de bienes públicos, monitoreo y gestión del riesgo volcánico

Chile se caracteriza por ser uno de los países con mayor cantidad de volcanes activos en el mundo, y su presencia representa un riesgo para la seguridad de las comunidades que los rodean. En efecto, un 53% de las comunas del territorio nacional se encuentran en área de influencia de alguno de los 90 volcanes activos existentes. La generación de lahares, flujos piroclásticos, ceniza volcánica, entre otros, son potenciales fuentes de riesgos geológicos durante los episodios de erupción volcánica. Desde el año 1900, Chile ha registrado 208 erupciones volcánicas, muchas de ellas con destrucción de localidades y pérdidas humanas. Desde el año 1993, luego de una serie de erupciones a principios de esta década, el Sernageomin dio inicio a la construcción del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), que sería inaugurado finalmente en 1996, a fin de monitorear la actividad de los volcanes más activos y de mayor riesgo en el sur de Chile, entre ellos el Villarrica, Llaima, Calbuco, entre otros. La instalación de equipos en los volcanes fue gradual, principalmente debido a que el OVDAS era financiado con recursos municipales y a través de fondos concursables. En el año 1999 con el equipamiento del volcán Osorno se llega a un total de 6 volcanes monitoreados. Durante la primera década de su actividad, el OVDAS ha destinado esfuerzos a la difusión de información científica y la educación comunitaria sobre los riesgos volcánicos, trabajando con las municipalidades bajo riesgo y con la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI).

En el año 2008, la erupción del volcán Chaitén que forzó una evacuación completa de la comunidad de la ciudad homónima y la sumergió en sedimento volcánico por la generación de lahares, fue la precursora para que al año siguiente se formulara el proyecto bicentenario “Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) 2009-2013” a cargo del Sernageomin, con el objetivo de monitorear en línea y en tiempo real a los 43 volcanes de mayor peligro del país, a través del equipamiento de los mismos así como también la generación de mapas preliminares de peligro, a fin de generar sistemas de alerta temprana, fortalecer la gestión de emergencia y difundir información a actores clave como la Oficina Nacional de Emergencias, para mitigar y anticipar los riesgos naturales asociados.

Esta red de monitoreo instrumental tiene características de bien público, puesto que no es rival en el consumo ni tampoco existe la posibilidad de excluir a sus beneficiarios o de cobrar un precio asociado, por lo que se trata de un bien que necesariamente debía proveer el Estado. Durante el período 2009-2013, la RNVV totalizó una inversión de \$21.700 millones, de los cuales una parte significativa se destinó a la adquisición de equipos, estaciones sismológicas, cámaras infrarrojas, nodos satelitales, repetidores, GPS, entre otros, y a su respectiva instalación y habilitación. El avance del programa durante los 5 años de implementación se puede apreciar en el siguiente esquema:

Diagrama 9
Red nacional de vigilancia volcánica – Proceso implementación 2009-2013



Fuente: Elaboración Propia.

La implementación de esta red ha permitido que se hayan anticipado eventos volcánicos como la alerta a los volcanes Hudson y Cordón Caulle en 2011, el monitoreo del ciclo eruptivo del volcán Copahue en 2012 y la erupción de los volcanes Villarrica y Calbuco en 2015. Para este último, el Sernageomin estuvo 127 días en atención a la crisis volcánica. Luego del término de la instalación de equipos en los 43 volcanes, durante los años posteriores se ha trabajado en ampliar la instrumentación, realizar mantenimientos de tipo correctivos y preventivos, y se han estructurado incipientemente investigaciones de sismología volcánica y modelamiento. Los inlfujos de datos e información que recibe la red, que se materializan en la entrega de reportes periódicos de actividad volcánica y sismología, han permitido estructurar un foco para el desarrollo del conocimiento en volcanología y geociencias, a través de I+D para la comprensión de estos fenómenos naturales y la mitigación de desastres asociados a ellos.

F. Escenarios futuros

La construcción de capacidades de monitoreo sísmico/volcánico que ha conllevado la creación de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica, plantea desafíos en torno a la aplicación de los conocimientos geológicos y volcanológicos para las adaptaciones en materia de decisiones de ordenamiento territorial y para la realización de políticas “*science-based*” para la mitigación de riesgos de desastres.

Por otra parte, parecen ser relevantes los esfuerzos comunicacionales que debe realizar el Sernageomin, puesto que se trata de un organismo altamente calificado y que maneja niveles de lenguaje bastante técnicos. Así, la “brecha técnica” entre el Sernageomin y la comunidad hace necesario fortalecer los esfuerzos para facilitar la información a la ciudadanía en peligros geológicos, por ejemplo, y para aprovechar las potencialidades que ofrece el vasto set cartográfico que ha generado el Sernageomin a lo largo de su historia, a saber, su aplicabilidad en temas de planificación territorial y desarrollo urbano, además del manejo, explotación y conservación de recursos hídricos, energéticos y minerales.

Con respecto a los peligros geológicos, es necesario enfatizar que todas las series de publicaciones cartográficas de peligros geológicos (volcánicos, respuesta sísmica, inundaciones, remociones en masa, licuefacción) que realiza el Sernageomin son instrumentos no vinculantes, es decir, no existen mecanismos legales que garanticen la aplicación de esta cartografía de riesgos en los procesos de planificación territorial y de uso de suelos, es decir, en los planes reguladores comunales. Esta falencia implica que todo el conocimiento

y aprendizaje incorporado en estas series de cartas y mapas no tiene conexión con el ordenamiento del territorio, y se está desaprovechando información que puede evitar desastres y aumentar la resiliencia de las comunidades.

Por último, las proyecciones de aumento de generación de relaves y las fuentes de riesgo que ellos conllevan, hacen necesario un fortalecimiento del respectivo departamento en Sernageomin, en cuanto a sus capacidades de monitoreo de los depósitos ya existentes y de fiscalización de la construcción y operación de los futuros proyectos, en vista de los distintos episodios de colapsos y contaminación que han ocurrido recientemente.

Conclusiones

Luego de haber revisado ambos estudios de casos, cerramos el presente trabajo con una breve reflexión general contrastando los resultados obtenidos en el trabajo de campo con el marco analítico desarrollado en la sección segunda de la monografía:

- En relación a las dinámicas de aprendizaje (Stern), en el caso de Sernageomin se aprecia un alto nivel de especialización en conocimiento geológico y la generación de cartografía más compleja y sofisticada, impulsada en gran parte por el surgimiento de la cartografía digital y de los Sistemas de Información Geológica (SIG), sin embargo, no existen instrumentos legales que permitan vincular y aprovechar los potenciales usos de este conocimiento. En el caso de Sernapesca, se evidencia la sofisticación de las regulaciones y de sus rutinas de fiscalización luego de la crisis ISA, avanzando hacia una gestión *ex ante* del riesgo sanitario, sin embargo, la gestión del proceso judicial luego de las denuncias que imponen, (presentación a tribunales, apelación y sentencia) da cuenta que no hay un adecuado aprovechamiento de lo avanzado por dicha agencia, debido a que un bajo porcentaje de las denuncias culminan con la aplicación de multas.
- Asimismo, con respecto al proceso fiscalizador, en ambas agencias se muestran falencias en el proceso sancionatorio, pues las multas por incumplimientos resultan insignificantes en comparación a los ingresos de las firmas. De esta forma, los incentivos negativos son insuficientes para disuadir incumplimientos, y en consecuencia existen casos en donde se opta por no cumplir la normativa.
- Respecto al desarrollo de la estructura de relaciones, en ambos casos se incrementaron los vínculos a partir de las crisis, pero con actores diferentes. En el caso de Sernapesca, aumentaron los vínculos con autoridades sanitarias internacionales, con los proveedores de servicios de la acuicultura y a través de la subcontratación de servicios de laboratorio, elaboración de informes ambientales y certificadores de bioseguridad. En el caso de Sernageomin, aumentaron los vínculos con las comunidades y con otros organismos públicos, en el caso de riesgo volcánico y la gestión de emergencias asociadas a peligros geológicos.

- La asistencia técnica externa a estas agencias ha resultado significativa en ambos casos, en Sernapesca en el proyecto público-privado de implantación de la acuicultura, y en Sernageomin en la transferencia de capacidades de gestión de la contaminación minera.
- Los episodios de crisis resultan determinantes en ambos casos, identificando distintas fuentes de crisis: riesgos significativos para la vida humana (volcanes, seguridad minera) e inseguridad económica y social (crisis ISA).
- Los ciclos políticos no resultaron ser relevantes en el avance de ambas instituciones, a excepción de aumentos relativamente significativos de presupuesto luego del término del régimen militar (1991-1993).

A pesar de que existen avances y aprendizajes significativos en ambas agencias, en cuanto a los impactos ambientales —particularmente los desechos de la minería y la acuicultura— que generan ambas industrias, no se ha avanzado en capacidades de monitoreo permanente. En el caso de Sernageomin en depósitos de relaves, el respectivo departamento cuenta con muy escasos recursos y personal. En el caso de Sernapesca, no existen regulaciones para reducir el uso de antibióticos²⁴, en un contexto en que el sector salmonero en Chile utiliza 450 toneladas de antibióticos anualmente, 472 veces más que su par de Noruega, que fue capaz de desarrollar vacunas preventivas para enfermedades (Asche et al, 1999). Asimismo, no existen esfuerzos para estimar capacidades de carga local. Estos desafíos son cubiertos en parte por los respectivos proyectos desarrollados bajo financiamiento del FIE, en cuanto al monitoreo de relaves y el programa de gestión sanitaria.

Al comprender que las agencias públicas también transitan a través de procesos de aprendizaje, una recomendación que surge es la de crear la infraestructura pública necesaria para anticipar y monitorear estos procesos, preferentemente a través de un “Observatorio de Agencias Regulatorias” que efectúe el seguimiento de indicadores clave y los relacione con el cumplimiento de metas anuales de desempeño. De este modo, resulta relevante evaluar la pertinencia de los indicadores de desempeño que utilizan actualmente las agencias (y que presentan en la Ley de Presupuestos anualmente) así como su vinculación con los objetivos estratégicos que se plantean, de acuerdo a los mandatos y atribuciones que por ley deben cumplir. Asimismo, resulta importante monitorear la incorporación de nuevos indicadores que pueden surgir desde el aprendizaje de las mismas agencias o bien desde nuevas legislaciones que incorporen nuevas funciones y atribuciones. Así, el monitoreo de estos nuevos indicadores podría anticipar y guiar nuevos cambios en su estructura orgánica. Parece relevante también avanzar hacia construir indicadores vinculantes de más largo plazo que permita a estas agencias canalizar sus acciones estratégicas de mediano-largo plazo, especialmente en lo atinente a la transición a entidades basadas en ciencia y más cercanas al estado del arte internacional. A este respecto, desde la gestión interna de estas agencias se debiese llevar a cabo un seguimiento del progreso de la frontera internacional de conocimiento por disciplina científica, así como de las tecnologías asociadas, para la adaptación y capacitación del personal.

Finalmente, el alto nivel de capital humano presente en ambas agencias, su experiencia y conocimiento de las ciencias de la Tierra en Sernageomin y las ciencias de biología marina y medicina veterinaria en Sernapesca, plantea la oportunidad de radicar líneas de I+D dentro de estas agencias o en otros organismos públicos de investigación, con el fin de desarrollar conocimiento e innovaciones que permitan mejorar la regulación, el desempeño y la sustentabilidad de ambas industrias y reducir la brecha tecnológica de la producción minera y acuícola con la frontera internacional de dichas actividades.

En ambas agencias una temática que se encuentra subyacente a los procesos de aprendizaje es la democratización del conocimiento que generan hacia la ciudadanía. En el caso de Sernageomin, su pericia técnica en peligros geológicos naturalmente lo ha llevado a vincularse directamente con las comunidades, mayoritariamente en torno al conocimiento sobre los peligros volcánicos²⁵. Sin embargo, estas instancias de difusión del conocimiento no han sido transversales a todos los ‘productos’ que ofrece Sernageomin (por ejemplo, cartografía geológica y relaves). Por otra parte, en el caso de Sernapesca estas actividades

²⁴ El Sernapesca, en materia de antibióticos, actualmente solamente emite certificados de salmones libres de antimicrobianos a quienes cumplan los respectivos estándares.

²⁵ Además, Sernageomin cuenta con un Museo propio que promueve la importancia del conocimiento geológico.

son mayoritariamente con respecto a las vedas de pesca extractiva. En este aspecto, las falencias en comunicar la relevancia del cuidado de los recursos pesqueros, han llevado a que por ejemplo en 2015, esta agencia y sus fiscalizadores sufrieran agresiones físicas y destrucción de oficinas.

Una interrogante de mediano-largo plazo que surge en este sentido es cuál será el rol que estas agencias tendrán que cumplir frente a los desafíos e incertidumbre relacionados con futuros escenarios tecnológicos y ambientales de escala global, como son la transición a una nueva frontera de organización industrial de base robótica y digital (Industria 4.0), el cambio climático y el agotamiento de la base de recursos naturales sobre los que hoy se sustenta el desarrollo económico de Chile.

Bibliografía

- Arenas, M. (2010) La labor del Servicio Geológico Nacional en la emergencia y reconstrucción y hacia una gestión integral del riesgo. Terremoto: Recopilación de Presentaciones.
- Arestizabal Contesse, C. F. (2012). Resiliencia en la Industria del Salmón tras años de Shock producido por el virus ISA el año 2007. Recuperado a partir de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112008>.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1997). *Endogenous Growth Theory*. MIT Press Books, 1.
- Arrow, K. (1962a). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609-626). Princeton University Press.
- Arrow, K. (1962b). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2295952>.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Asche, F., Guttormsen, A.G. & Tveterås, R. (1999) Environmental problems, productivity and innovations in Norwegian salmon aquaculture. *Aquacultural Economics and Management* 3, 19–30.
- Asche, F., Hansen, H., Tveteras, R., & Tveterås, S. (2009). The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics*, 24(4), 405–411.
- Barton, J. R. & Román, Á. (2016). Sustainable development? Salmon aquaculture and late modernity in the archipelago of Chiloé, Chile. *Island Studies Journal* 11(2), 651-672.
- Berlin, I. (1969). Two concepts of liberty. *Berlin, I*, 118-172.
- Biblioteca del Congreso Nacional (2012). Pasivos Ambientales Mineros en Chile. Recuperado a partir de: http://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDocto&iddocto=932&tipodoc=docto_comision.
- Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5), 243-249.
- Cáceres, R. (2016). Desarrollo madurativo y el aprendizaje de instituciones regulatorias públicas: el caso de Sernapesca en Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141675>.
- Corden, W. M., & Neary, J. P. (1982). Booming sector and de-industrialisation in a small open economy. *The economic journal*, 92(368), 825-848.
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, 20(4), 529-539.
- Daily, G.C. (1997). Introduction: what are ecosystem services? In: Daily, G.C. (Ed.), *Nature's Services*. Island Press, Washington DC, pp. 1–10.
- Dosi, G., & Nelson, R. R. (1994). An introduction to evolutionary theories in economics. *Journal of evolutionary economics*, 4(3), 153-172.

- Etheredge, L. S. (1981). Government learning. En *The handbook of political behavior* (pp. 73–161). Springer.
- Fundación Chile. (2016). Desde el cobre a la innovación: Roadmap Tecnológico 2015-2035.
- Hall, P. A., & Soskice, D. (2001). *Varieties of capitalism: The institutional foundations of comparative advantage*. OUP Oxford.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Hybels, R. C. (1995, August). On legitimacy, legitimation, and organizations: A critical review and integrative theoretical model. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 1995, No. 1, pp. 241-245). Academy of Management.
- Hosono, A. (2016). Genesis of Chilean Salmon Farming. En A. Hosono, M. Iizuka, & J. Katz (Eds.), *Chile's Salmon Industry* (pp. 21–44). Springer Japan. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55766-1_2.
- Iizuka, M., & Katz, J. (2011). Natural Resource Industries, 'Tragedy of the Commons' and the Case of Chilean Salmon Farming. *Institutions and Economics*, 3(2), 259-286.
- Katz, J. (2008). Una nueva visita a la teoría del desarrollo económico. Recuperado a partir de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/3602>.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Harvard Business School Press.
- Kingdon, J. W. (1984). *Agendas, alternatives, and public policies* (Vol. 45, pp. 165-169). Boston: Little, Brown.
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS.
- Lipsey, R. G. (2002). Some implications of endogenous technological change for technology policies in developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 11(4-5), 321-351.
- Milinski, M., Semmann, D., & Krambeck, H.-J. (2002). Reputation helps solve the "tragedy of the commons". *Nature*, 415(6870), 424–426. <https://doi.org/10.1038/415424a>.
- Musgrave, R.A. (1959). *The theory of public finance: a study in public economy*. International student edition. McGraw-Hill.
- Musgrave, R. A. (1987). Merit goods. *The new Palgrave: a dictionary of economics*, 3, 452.
- Naranjo, J. A. (2000). Geología ambiental y ordenamiento territorial: Hacia una política de ordenamiento territorial. [Informe inédito] Sernageomin.
- Nelson, R. R., & Winter Sidney, G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard Business School Press, Cambridge.
- Nelson, R. R. (1995). Recent Evolutionary Theorizing About Economic Change. *Journal of Economic Literature*, 33(1), 48–90.
- Nelson, R. R. (2003). Physical and social technologies, and their evolution (No. 2003/09). LEM Working Paper Series.
- Oblasser, A., & Chaparro Avila, E. (2008). Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. CEPAL.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Ranestad, K. (2017). The mining sectors in Chile and Norway, ca. 1870–1940: the development of a knowledge gap. *Innovation and Development*, 1-19.
- Rodrik, D. (2008). *One economics, many recipes: globalization, institutions, and economic growth*. Princeton University Press.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.
- Salgado, H., Bailey, J., Tiller, R., & Ellis, J. (2015). Stakeholder perceptions of the impacts from salmon aquaculture in the Chilean Patagonia. *Ocean & Coastal Management*, 118, 189-204.
- Sernageomin, AGCI, JICA. (1999). Proyecto Centro de Capacitación Seguridad Minera y Medio Ambiente: Memoria. Sernageomin, JICA. (2007). Memoria FOCIGAM 2002-2007.
- Sernageomin. (2007). Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo. Proyecto FOCIGAM JICA-Sernageomin.
- Sernageomin, BGR. (2008). Manual de Evaluación de Riesgos de Faenas Mineras Abandonadas o Paralizadas (FMA/P).
- Sernageomin. (2009). Plan Nacional de Geología 2010-2020.
- Sachs, J. D., & Warner, A. M. (1995). Natural resource abundance and economic growth (No. w5398). National Bureau of Economic Research.
- Schiffino, N., Taskin, L., Donis, C., & Raone, J. (2017). Post-crisis learning in public agencies: what do we learn from both actors and institutions? *Policy Studies*, 38(1), 59. <https://doi.org/10.1080/01442872.2016.1188906>.
- Stern, E. (1997). Crisis and learning: A conceptual balance sheet. *Journal of contingencies and crisis management*, 5(2), 69–86.



NACIONES UNIDAS

Serie**CEPAL****Desarrollo Productivo****Números publicados**

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

220. Agencias regulatorias del Estado, aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas internas: los casos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, Rodrigo Cáceres, Marco Dini y Jorge Katz (LC/TS.2018/40) 2018.
219. Capital humano para la transformación digital en América Latina, Raúl L. Katz (LC/TS.2018/25), 2018.
218. Políticas de fomento productivo para el desarrollo de sectores intensivos en recursos naturales. La experiencia del Programa Nacional de Minería “Alta Ley”, Jonathan Castillo, Felipe Correa, Marco Dini y Jorge Katz (LC/TS.2018/16), 2018.
217. El estado de la manufactura avanzada: competencia entre las plataformas de Internet industrial, Mario Castillo (LC/TS.2017/123), 2017.
216. Políticas para la atracción de inversión extranjera directa como impulsora de la creación de capacidades locales y del cambio estructural: el caso de México, Luz María de la Mora Sánchez (LC/TS.2017/122), 2017.
215. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas, Adrián G. Rodríguez, Andrés O. Mondaini y Maureen A. Hitschfeld, (LC/TS.2017/96), 2017.
214. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sistemas alimentarios sostenibles. Una propuesta para la formulación de políticas integradoras, Adrián G. Rodríguez (LC/TS.2017/89), 2017.
213. Las empresas manufactureras de cobre en Chile, Lilia Stubrin y Joaquín Gana, (LC/TS.2017/64), 2017.
212. Micro-macro interactions, growth and income distribution revisited, Mario Cimoli and Gabriel Porcile, (LC/TS.2017/55), 2017.
211. Políticas de desarrollo económico local en Chile. Más allá del asistencialismo, Felipe Correa y Marco Dini, (LC/TS.2017/45) 2017.
210. Modelos de gestión de centros tecnológicos sectoriales. Elementos de un análisis comparado, Marco Dini y Mattia Tassinari, (LC/TS.2017/44), 2017.
209. Gobiernos corporativos e inversión extranjera directa en América Latina: las fusiones y adquisiciones transfronterizas, Carolina Águila Jaramillo, Georgina Núñez Reyes y Marcelo Pereira Dolabella, (LC/TS.2017/41), 2017.
208. Chinese Investments in Latin America. Opportunities for growth and diversification, Miguel Pérez Ludeña (LC/TS.2017/18), 2017.
207. Pobreza, desigualdad y estructura productiva en ciudades: evidencia desde Chile usando datos de panel, Felipe Correa (LC/L.4271), 2016.
206. Pobreza y desigualdades rurales: perspectivas de género, juventud y mercado de trabajo, Sinduja Srinivasan y Adrián Rodríguez (LC/L.4206), 2016.
205. Premature deindustrialization in Latin America, Mario Castillo y Antonio Martins (LC/L.4183), 2016.

DESARROLLO PRODUCTIVO



COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN
www.cepal.org