

Políticas públicas para la innovación y la agregación de valor

del litio en Chile

Rafael Poveda Bonilla



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Documentos de Proyectos

Políticas públicas para la innovación y la agregación de valor del litio en Chile

Rafael Poveda Bonilla



Este documento fue preparado por Rafael Poveda Bonilla, Consultor de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades de la División y de la fase III del programa Cooperación Regional para una Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos, implementado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Se agradecen los comentarios de Mauricio León, José Luis Lewinsohn, Cristina Muñoz, Pablo Chauvet y Orlando Reyes en la elaboración de este documento.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas
ISSN: 2664-4541 (versión electrónica)
ISSN: 2664-4525 (versión impresa)
LC/TS.2021/84
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2021
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.21-00288

Esta publicación debe citarse como: R. Poveda Bonilla, "Políticas públicas para la innovación y la agregación de valor del litio en Chile", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/84), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, 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	7
Introducción.....	9
I. Algunos conceptos sobre recursos naturales y desarrollo.....	11
A. La maldición o bendición de los recursos naturales.....	12
B. Cambios estructurales	12
C. Encadenamientos	13
D. Políticas industriales.....	14
E. Cadenas globales de valor.....	15
II. El litio y la cadena de valor de las baterías de litio para los vehículos eléctricos	17
A. Reservas y producción de litio.....	17
B. Demanda de litio	21
C. Precio del litio	21
D. La cadena de valor del litio: las baterías de litio para vehículos eléctricos	22
E. Reciclaje de baterías de litio para vehículos eléctricos.....	29
III. Marco normativo e institucional del litio	31
A. El aislamiento normativo del litio en la legislación minera	33
B. El auge del litio y las políticas de eslabonamientos productivos e innovación.....	35
1. Licitaciones de valor agregado	37
2. Licitaciones de investigación y desarrollo (I+D)	40
IV. La incubación de la investigación, el desarrollo y la innovación en la minería: políticas horizontales	47
V. Buscando la salida del confinamiento productivo en la minería del cobre: políticas sectoriales	51

VI. Reflexiones finales, desafíos y recomendaciones	57
A. Posibles líneas de análisis	61
Bibliografía	63
Anexos	69
Anexo 1	70
Anexo 2	71
Anexo 3	73
Cuadros	
Cuadro 1	Proyección de la capacidad de producción de baterías de litio por país
Cuadro 2	Comparativo de las condiciones de los contratos de Albemarle y SQM
Cuadro 3	Inversión de I+D como porcentaje del producto interno bruto (PIB) Países seleccionados OCDE y otras economías (año, 2017)
Cuadro A1	Régimen del cobre y del litio en Chile
Cuadro A2	Principales hitos productivos, reformas institucionales y políticas de agregación de valor e innovación del litio (2005-2020)
Cuadro A3	Contexto decisonal (2014-2020)
Gráficos	
Gráfico 1	Reservas y producción de litio en 2020 por país
Gráfico 2	Exportaciones de componentes de litio en Chile, período 1998-2019
Gráfico 3	Exportaciones del carbonato de litio de Chile
Gráfico 4	Principales usos del litio a nivel mundial y demanda del litio por país
Gráfico 5	Estructura de los costos de las celdas de baterías de litio
Gráfico 6	Los eslabones de la cadena de fabricación de baterías de litio por países
Gráfico 7	Principales reformas normativas e institucionales en las políticas productivas y de innovación del litio en Chile
Recuadros	
Recuadro 1	Evaluación de los resultados de las exportaciones de los proveedores mineros, 2019

Acrónimos

AIE: Agencia Internacional de Energía

APRIMIN: Asociación de proveedores Industriales de la Minería

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CGV: Cadenas Globales de Valor

CNL: Comisión Nacional del Litio

CCHEN: Comisión Chilena de Energía Nuclear

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción

CODELCO: Corporación Nacional del Cobre de Chile

CMD: Comisión Minería y Desarrollo

COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre

CONICYT: Comisión Nacional Científica y Tecnológica

CTEC: Centro Tecnológico para la Economía Circular

ENAMI: Empresa Nacional Minera

VE: Vehículos eléctricos

FIC: Fondo de Innovación para la Competitividad

HRT: Hoja de Ruta Tecnológica

IEAM: Impuesto Específico a la Minería

I+D: Investigación y Desarrollo

INAPI: Instituto Nacional de Propiedad Industrial

ITL: Instituto de Tecnologías Limpias

LCE: Carbonato de Litio Equivalente

METS: Equipos, Tecnología y Servicios para la Minería

MINNOVEX: Asociación Gremial de empresas para la innovación y la exportación de productos, insumos y servicios intensivos en conocimiento para el sector minero e industrial

MINSAL: Minera Salar de Atacama

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMC: Organización Mundial del Comercio

PIAM: Programa de Innovación Abierta de Minería

PPCM: Programa de Proveedores de Clase Mundial

SCL: Sociedad Chilena del Litio

SQM: Sociedad Química y Minera de Chile

USGS: Servicio Geológico de Estados Unidos

Resumen

En el paradigma de la transición hacia una economía post fósil, los países del triángulo con alta dotación de recursos de litio (Argentina, Bolivia y Chile) enfrentan el desafío de aprovechar su patrimonio natural con sostenibilidad. Cada uno despliega estrategias de extracción y desarrollo productivo distintas con disímiles resultados. En el caso de Chile, a partir de la creación de la Comisión Nacional del Litio en 2014 y la negociación de los contratos de explotación del litio a partir de 2016, se crea un marco normativo que permite diseñar políticas públicas con enlaces de la actividad primario-exportadora con la innovación, el conocimiento y los encadenamientos productivos.

El estudio busca contribuir con la comprensión de las decisiones políticas adoptadas y las políticas públicas implementadas. Para el efecto, se hará un recorrido por la estrategia adoptada por el gobierno de Chile, a través de la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), en el diseño y ejecución de varios llamamientos internacionales para la atracción de fabricantes especializados en alguno de los eslabones aguas abajo del litio. Y, por otra parte, la creación de institutos o centros de innovación, investigación y desarrollo de tecnologías aplicadas a la energía solar, la minería sustentable y el litio.

Los temas abordados adquieren mayor relevancia con el llamado de atención global ocurrido a inicios de 2020 con la pandemia sanitaria de la COVID-19 con muy serios impactos sociales, económicos y políticos. La emergencia recuerda a la región la alta dependencia económica de los recursos naturales, el impacto del ciclo de precios y la imposibilidad de sostener un crecimiento económico en el largo plazo. Esta vez con la amenaza a la seguridad de los trabajadores en las faenas mineras, las interrupciones de las cadenas de suministro y las eventuales paralizaciones de las actividades productivas, resaltando la fragilidad de las cadenas globales de valor.

Introducción

Uno de los temas que ha sido abordado desde distintas perspectivas en la gobernanza de los recursos naturales en la región de América Latina y el Caribe es el relacionado con el rol tradicional de los países de la región como proveedores de materias primas hacia las economías más avanzadas e industrializadas. De acuerdo con la CEPAL (2018), la participación de las materias primas en las exportaciones regionales de minerales y metales casi se duplicó en el período 1998-2018, lo que tuvo como correlato una disminución del peso de los productos semielaborados y elaborados. Esta reprimarización tomó impulso durante el auge de los *commodities*, período en el cual la región profundizó su especialización como proveedora de materias primas mineras situada en las fases iniciales de la cadena de valor. El impulso de la demanda del litio, propiciado por los cambios tecnológicos que se dieron desde inicios del nuevo milenio con el almacenamiento de la energía y la electromovilidad, permitió a Chile revivir el viejo dilema sobre la función del país como proveedor de materias primas para industrias transnacionales o la posibilidad de transitar hacia una economía basada en el conocimiento y la innovación, sustentada en las energías renovables, la minería de bajas emisiones y los materiales avanzados de litio. El país posee todos los elementos para ser parte de la gran transformación energética sostenible con una matriz eléctrica predominantemente carbónica¹, sin reservas petroleras, con una alta dotación de recursos solares², y de reservas de cobre³ y litio.

Chile, en 2019, tiene las mayores reservas de litio del mundo (50,6%) y es el segundo productor de litio (23,4%) a nivel global. La producción y las exportaciones de litio en Chile se han ido incrementando de forma importante, aunque su peso en relación con el cobre sigue siendo muy bajo. El valor de las exportaciones de litio en Chile en 2019 fue de 816 millones de dólares de Estados Unidos (USD\$) y

¹ A diciembre de 2019, el 53% de la matriz de energía eléctrica corresponde a fuentes fósiles (Coordinador Eléctrico Nacional).

² El potencial de energías renovables (solar, eólica e hidroeléctrica) es de alrededor de 2.000 GW, de los cuales más del 90% son solares (1.800 Gigavatios), superando en más de 70 veces la capacidad de energía instalada en el país (GIZ, 2014).

³ El cobre es un elemento estratégico para la economía de Chile que ha incidido de manera positiva y relevante en las últimas tres décadas en los indicadores de exportaciones, crecimiento económico, aportes al presupuesto fiscal, IED, entre otros. Chile es el principal productor y exportador de cobre del mundo. La producción del año 2018 fue de 5,8 millones de toneladas equivalentes al 28% del cobre producido en mina en el mundo y en los últimos 10 años ha producido el 33,8% en promedio de la producción mundial. El cobre, desde el año 2003 hasta el año 2018, representó en promedio el 50% de las exportaciones de Chile (COCHILCO, 2019).

representó el 1,2% de las exportaciones del país, siendo el segundo producto de exportación mineral luego del cobre. La notoriedad lograda por el litio en la discusión política de Chile alcanzó un momento de quiebre a partir de 2014. Primero, con la creación de la Comisión Nacional del Litio que emitió un informe con recomendaciones de políticas públicas y, posteriormente, con la negociación entre el Estado de Chile (mediante la Corporación de Fomento de la Producción) y las empresas productoras SQM y Albemarle. En este último caso, se produjeron innovaciones y reformas estructurales en el marco normativo, que mejoraron la posición del Estado a través de la creación de regalías y el establecimiento de incentivos para apoyar la innovación y la agregación de valor en las cadenas productivas del litio.

Los esfuerzos que viene impulsando el Gobierno a través de las convocatorias a fabricantes especializados y a centros de investigación y desarrollo tecnológico vinculados al litio hasta el momento registran un intento fallido en la primera licitación y la adjudicación en la segunda licitación a una empresa local para la producción de componentes con valor agregado. Además, el Centro Tecnológico para la Economía Circular que inició sus actividades en 2021. El Instituto de Tecnologías Limpias adjudicado el mismo año. Y, el primer centro para el desarrollo de la electromovilidad de Chile que se espera inicie su operación en 2021. Desde una mirada analítica de las políticas públicas, el presente estudio de caso trata de comprender las políticas, regulaciones e incentivos que Chile ha desplegado en sus estrategias de agregación de valor en los eslabones de la cadena de producción del litio y de innovación y desarrollo de las capacidades tecnológicas, apalancadas en la exploración y explotación de sus recursos minerales y energéticos. En el desarrollo del informe se busca: i) entender el contexto económico, institucional y de políticas públicas en el que se desenvuelve la innovación y la agregación de valor en la cadena productiva del litio; ii) analizar las interacciones entre los actores y los recursos que movilizan para influir en el proceso decisional; iii) determinar las lecciones aprendidas del proceso de gobernanza de la innovación y agregación de valor; e, iv) identificar los desafíos de gobernanza y política pública.

Las principales preguntas que guían el estudio son: ¿Qué políticas públicas se han implementado para incentivar la innovación y la agregación de valor en la industria del litio en Chile? ¿Quiénes han sido los actores principales en este proceso? ¿Cuál ha sido el rol del Estado, de las empresas productoras, de las universidades y de los centros de investigación, entre otras partes interesadas? ¿Cuáles han sido los obstáculos, aprendizajes y resultados preliminares de los esfuerzos de Chile en las convocatorias a los fabricantes especializados y a los centros de investigación y desarrollo tecnológico vinculados a la minería del litio?

En torno a estas interrogantes, en la primera sección se analiza el contexto de la industria del litio, la cadena de las baterías de litio para vehículos eléctricos a nivel global y la situación de Chile dentro de ese marco. A continuación, se analiza el marco normativo e institucional del litio con un énfasis en el *outbreak* del litio y las políticas de eslabonamientos productivos e innovación. A lo largo de las distintas secciones, se revelan los actores protagonistas que participan en la elaboración de las políticas públicas productivas y de innovación del litio, las arenas de acción, los recursos que movilizan y sus modalidades de interacción. Luego, se hace un breve recorrido por las estrategias transversales de impulso productivo y de investigación y desarrollo que ha desplegado Chile a partir del nuevo milenio, que han tenido una mirada orientada principalmente al cobre. Finalmente, se proponen algunas reflexiones y se abordan los desafíos de la gobernanza y recomendaciones de política pública.

El estudio se realizó sobre el marco conceptual y analítico de León y Muñoz (2019). Se busca aportar evidencias empíricas que contribuyan a una gobernanza más efectiva de los recursos mineros en la región, y que permita a los países generar enlaces positivos de la actividad primario-exportadora con la innovación, el conocimiento y los encadenamientos productivos, en conexión con la agenda global de descarbonización de la economía, el acuerdo sobre el cambio climático de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en el marco de los estilos de desarrollo sostenibles y de gobernanza de los recursos naturales propuestos por la CEPAL.

I. Algunos conceptos sobre recursos naturales y desarrollo

Al estudiar las políticas, las regulaciones y los incentivos que Chile ha desplegado en sus estrategias para agregar valor en los eslabones de la cadena de producción del litio y en sus estrategias de innovación y desarrollo de las capacidades tecnológicas, el marco de referencia para el análisis parte de la propuesta de la CEPAL sobre las alteraciones profundas en los patrones de producción, consumo y distribución que se requiere de los países de la región para lograr un desarrollo económico y social sostenible. Es decir, un cambio estructural progresivo basado en un gran impulso ambiental, concebido como la sustitución de las actividades que tienen un alto impacto ambiental, un reducido dinamismo tecnológico y pocos eslabonamientos productivos y empleos, por una estructura productiva basada en actividades de elevado dinamismo tecnológico, fuertes encadenamientos productivos, empleo de calidad y baja huella ambiental (CEPAL, 2018; Padilla y Oddone, 2016; Domínguez y otros, 2019).

Desde la perspectiva de la CEPAL, luego del fin del auge de los *commodities*, la región había sido incapaz de acrecentar sus exportaciones de productos con mayor valor agregado. La estructura de incentivos no fue suficiente para alentar al sector empresarial a invertir significativamente en la incorporación de adelantos tecnológicos que permitan diversificar las exportaciones o la generación de nuevas exportaciones de servicios asociados a los conocimientos técnicos en actividades como la minería. La CEPAL concluye que se necesitan políticas activas más fuertes que estimulen los enlaces con los sectores clave para la innovación y el *upgrading* tecnológico necesario para el desarrollo de economías basadas en conocimiento y un crecimiento de base amplia (CEPAL 2015; Calzada y Foster-McGregor, 2018; Domínguez, 2019).

Sobre la base de estos enunciados cepalinos, a continuación, se exploran brevemente algunas ideas y conceptos que son necesarios abordarlos en el marco del estudio y que comprenden: i) la maldición de los recursos naturales; ii) el cambio estructural; iii) los encadenamientos vinculados a los recursos naturales; iv) las cadenas globales de valor (CGV); y, v) las políticas industriales y de innovación.

A. La maldición o bendición de los recursos naturales

Desde hace varias décadas, ha sido parte del debate político y académico la pregunta sobre la posibilidad de sostener un modelo de desarrollo basado en la riqueza y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y, sobre esa base, impulsar una transformación de los patrones productivos y de exportación hacia bienes y servicios que incorporen la tecnología y la innovación. Esta discusión tomó fuerza en la región durante el auge de precios de las materias primas. En un primer momento, al ver la ventana de oportunidad que se había abierto por el impulso de la demanda generada desde los grandes centros de consumo, especialmente asiáticos, liderados por China. Y, en un segundo momento, al develar la reprimarización de las economías con el fin del auge.

Las respuestas han sido diversas y moldeadas en marcos de pensamiento económico que oscilan entre la “maldición” y la “bendición” de los recursos naturales. La maldición plantea que los países especializados en actividades extractivas tenderán a tener menores niveles de desarrollo relativo en comparación con países con menos dotación de recursos naturales. La bendición, por su parte, interpreta el acervo natural como un activo estratégico a ser usado como palanca para enlazar sectores claves de investigación e innovación y elevar la complejidad de la base productiva, aprovechando la expansión mundial de la demanda de estos recursos, en particular, de aquellos no renovables, como los minerales y fósiles.

La visión determinista de la maldición de los recursos naturales colisiona con la evidencia empírica de países como Estados Unidos, Noruega, Canadá o Australia que, apoyados en la explotación de sus recursos minerales e hidrocarbúricos, han alcanzado altos niveles de riqueza y desarrollo, acompañados de una diversificación de sus matrices productiva y de exportación. Por otra parte, países de América Latina y el Caribe o África, también con una alta dotación de recursos naturales y una elevada dependencia de sus actividades extractivas, han presentado niveles de desarrollo más bajos y con menores tasas de riqueza. De estas evidencias, nace la inquietud de por qué unos países sí han alcanzado niveles de desarrollo y tasas de crecimiento altas y sostenidas, y otro no. Las respuestas dadas a estas interrogantes sugieren la importancia de la gobernanza efectiva de los recursos naturales, la cual está dada por una serie de vectores de contexto institucionales, económicos, tecnológicos y políticos (López y otros, 2019).

B. Cambios estructurales

Las visiones sobre modelos de desarrollo vinculadas a la extracción de recursos naturales se han movilizado, con varios matices, desde los extremos más liberales hasta los desarrollistas. El primero, que promulga el aprovechamiento de las ventajas comparativas para la explotación acelerada de un recurso durante la ventana de oportunidad que se abre, y el segundo, que busca fomentar la transformación productiva impulsada en un recurso natural considerado estratégico en un momento dado.

Desde la perspectiva de la CEPAL, una preocupación fundamental desde el mismo momento de su nacimiento fue la especialización primario-exportadora de la región y el deterioro de los términos de intercambio, causantes de la heterogeneidad intrarregional y la divergencia creciente entre los países de la región (rezagados en términos de innovación y tecnología) y los países industrializados (permanentemente innovadores. Esta situación regional es preocupante debido a los problemas asociados a la dependencia de la exportación de productos básicos mineros e hidrocarbúricos. Entre ellos se cuentan los choques externos que provocan la vulnerabilidad del crecimiento, de las exportaciones, y de los ingresos fiscales. También preocupa la escasa agregación de valor y diversificación hacia nuevos productos y servicios con mayor contenido de conocimiento (CEPAL, 2018).

Parte de las propuestas de cambio estructural de la CEPAL reiteran que la igualdad y la desigualdad se ven fuertemente condicionadas, entre otros factores, por la estructura productiva, el desarrollo tecnológico, el desarrollo de capacidades, el manejo macroeconómico de los ciclos y la participación política. Más aún, la CEPAL marca una inflexión al insistir en que las políticas industriales deben estar en el centro de la orientación del desarrollo e insertas en el contexto de una revolución cognitiva y productiva (CEPAL, 2012).

El cambio estructural resulta de la interacción de dos fuerzas interrelacionadas: i) la innovación, comprendida en forma amplia como la necesidad de nuevas y más variadas actividades y, en especial, los aprendizajes necesarios para realizarlas aprovechando sus oportunidades económicas; y, ii) los encadenamientos que provocan que esa innovación o aprendizaje en una actividad genere cambios tecnológicos y valor agregado en otras actividades complementarias. Los países de América Latina y el Caribe han tenido dificultades para lograr el imperativo de largo plazo aconsejado desde la CEPAL de convertir el capital natural no renovable en otras formas de capital perdurable: capital humano, infraestructura, diversificación de la base productiva y exportadora que sostengan el proceso de desarrollo más allá del ciclo de vida de esos recursos naturales (Padilla, 2014; Altomonte y Sánchez, 2016).

C. Encadenamientos

Albert Hirschman (1958) formuló tres tipos de enlaces o *linkages* para promover la diversificación a partir de las actividades extractivas de recursos naturales. Los primeros, los enlaces fiscales, es decir, la apropiación de la renta por parte del Estado para su utilización en inversiones productivas que sirvan para promover el desarrollo industrial en otros sectores. Los enlaces fiscales asumen una captación de impuestos y rentas de los recursos naturales que son usados con una visión de largo plazo para el desarrollo de infraestructura, servicios y capital humano que van a servir para que la economía crezca y para hacer sostenible el crecimiento y el desarrollo de los países más allá de los recursos naturales. Los segundos, los enlaces de consumo, en virtud de los cuales las ganancias obtenidas a partir de la explotación de los recursos naturales generan demanda de otros bienes y servicios producidos localmente. Los vínculos de consumo aparecen a partir de los ingresos generados por la industria extractiva que producen demanda de bienes y servicios elaborados por otros sectores productivos. Teóricamente, la demanda generada por los trabajadores y accionistas del sector extractivo tiene el potencial de incentivar la producción local. Sin embargo, los enlaces de consumo se han visto afectados en el tiempo por la caída de los costos de transporte, la eliminación mayoritaria de las políticas de sustitución de importaciones y la apertura comercial que permite la importación de bienes de consumo⁴ (Holland y otros, 2016). Los terceros, los enlaces productivos, considerados los de mayor impacto en el procesamiento y transformación de los *commodities* en productos de mayor valor agregado y en el desarrollo de una estructura económica diversificada (Sachs y Maennling, 2015)⁵. Los enlaces productivos tienen dos subcategorías. Por una parte, los encadenamientos aguas arriba, -ascendentes, hacia atrás o *backward linkages*-, donde los bienes y servicios son proporcionados a las industrias extractivas permitiendo que el valor generado en la cadena productiva permanezca dentro de la economía local; es decir, se relacionan con el suministro que el sector extractivo (minería, gas, petróleo)

⁴ No se desconocen las eventuales ventajas de las aperturas comerciales en términos de múltiples factores, incluidos los precios, la entrada de capitales, el acceso a nuevos mercados, insumos y productos, entre otros. Tampoco se pretende desconocer las ineficiencias que se pueden crear al mantener una economía cerrada.

⁵ Otros autores incluyen los denominados enlaces horizontales y los de infraestructura. Los primeros son los encadenamientos que se producen a través del desarrollo de capacidades por parte de los proveedores locales que son utilizados en el desarrollo de otros sectores. Es decir, se requiere en un primer momento que se produzca un enlace hacia arriba o hacia abajo que posteriormente permita el derrame de esas nuevas capacidades o tecnología hacia otras industrias. Los encadenamientos de infraestructura están vinculados a los beneficios asociados a la infraestructura física necesaria para el desarrollo de un proyecto extractivo (red de telecomunicaciones, carretera, puerto, energía, agua) que pueden traer beneficios a otro proyecto o a otros sectores de la economía, promoviendo la inversión planificada conjunta, el acceso y la compartición de su uso.

necesita para operar. Por otra parte, los encadenamientos hacia adelante, descendentes, aguas abajo o *forward linkages*, relacionados con el procesamiento y transformación del recurso para la creación de productos de mayor valor agregado.

En la región, países como Bolivia, Uruguay y Brasil han impulsado con distintos niveles de intensidad y éxito políticas públicas sectoriales vinculadas a las políticas industriales. Entre los países productores de materias primas existe la concepción de que las materias primas deben ser procesadas domésticamente antes que exportadas sin un proceso previo de transformación. En ese sentido, los encadenamientos aguas abajo son considerados una oportunidad para el desarrollo económico, la creación de puestos de trabajo, el mejoramiento de las capacidades locales, la innovación y el desarrollo tecnológico, la diversificación de la base industrial y exportadora y la integración a las cadenas globales de valor (CGV) en los eslabones con mayor contenido científico y tecnológico (Kaplinsky y otros, 2011).

D. Políticas industriales

Existen dos enfoques principales en relación con la innovación y el rol del Estado. Por un lado, el que considera a las políticas como mecanismos centrados en corregir las fallas o imperfecciones del mercado, dentro de un modelo de libre mercado y apertura externa, en donde el Estado no debe participar activamente en actividades productivas o seleccionando sectores ganadores sino que debe limitar sus funciones a proporcionar las condiciones para que surja la innovación, mantener la estabilidad macroeconómica, otorgar certeza y seguridad jurídica sobre la propiedad intelectual e invertir en capital humano. Por otro lado, el que considera que existen fallas sistémicas que demandan un rol más protagónico del Estado. En este caso, se enfatiza el carácter interactivo y la importancia del desarrollo de redes de innovación, en donde el Estado tiene que, además de generar las condiciones de estabilidad, protección legal e inversión en conocimiento científico, crear y coordinar esa estructura de redes innovadoras tal que permita vincular la oferta y la demanda y relacionarse entre sí a los distintos actores, universidades, empresas y centros de investigación. En este enfoque, el Estado tiene un rol protagónico en la planificación, identificación de áreas prioritarias, movilización de los recursos para que la innovación y el conocimiento generados se difundan en los sectores productivos y en toda la economía (Padilla, 2014).

Las políticas industriales o de desarrollo productivo se entienden como un proceso dinámico en que el Estado aplica una serie de instrumentos encaminados a la promoción y el fortalecimiento de actividades específicas o agentes económicos, dentro de una trayectoria industrial definida por el Estado basada en las prioridades del desarrollo nacional (Padilla, 2014). El interés por estas políticas resurgió en el nuevo milenio al ver el crecimiento económico impulsado en América Latina desde la década de 1980, basado en la explotación de sus recursos naturales, sin aumentos sostenidos de la productividad, con escaso valor agregado y dependiente de bajos salarios, lo que imposibilita un desarrollo sostenible e inclusivo. Por otra parte, los países desarrollados y en desarrollo de otras regiones que han logrado un desarrollo económico y social sostenible a largo plazo continúan aplicando políticas industriales activas. Tal es el caso de los denominados Tigres Asiáticos que, a decir de Amsden (2004), reinventaron la sustitución de importaciones de Prebisch (1950) para las industrias de alta tecnología y crecieron más rápidamente que América Latina, región que en los años 80 desmanteló las políticas e instituciones que habían apoyado la sustitución de importaciones y la industrialización. De la misma forma, se ha observado el resurgimiento durante este siglo del papel central de la política industrial en Europa y Estados Unidos, y en economías emergentes como Noruega, Brasil, India y China.

Por otro lado, se encuentran aquellas políticas productivas focalizadas en la provisión de bienes públicos (horizontales o sectoriales) que no tienen vinculación directa con la pertenencia del recurso y que, por lo tanto, no están influenciadas por el marco normativo sectorial. Sin embargo, el ejercicio de este tipo de políticas es independiente de la dotación de recursos naturales no renovables que pueda

tener el país. Se encuentran entre ellas, por ejemplo, el fortalecimiento de los sistemas de formación educativa o el desarrollo de mecanismos de vinculación y transferencia entre el sistema de ciencia y técnica y el sector productivo (Padilla, 2014).

Las políticas industriales se han ido transformando y adaptando a los diferentes contextos políticos y económicos, en línea con las tendencias y la evolución mundial del pensamiento económico y sobre el desarrollo. Como lo afirman Chang y Zach (2018), el punto no está en que herramientas de política pública se puede utilizar o no, sino cuál es el propósito y cómo son usadas, siendo indispensable mantener la voluntad política y no abandonar el objetivo fundamental de la transformación productiva.

E. Cadenas globales de valor

Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta dentro de las estrategias de diversificación de la matriz productiva a partir de los recursos naturales es la comprensión de las cadenas globales de valor (CGV); es decir, el entendimiento de que puedan estar geográficamente deslocalizadas las actividades, bienes o servicios que se requieren para que un producto o servicio transite desde su concepción hasta el consumidor y su disposición final después de su uso.

Esta forma de reorganización en complejas redes de producción y comercio internacional ha creado diversas oportunidades para que los países en desarrollo se integren en la economía mundial. La región enfrenta actualmente el desafío de transitar hacia actividades con mayor valor agregado dentro de esas cadenas y aumentar los beneficios que supone su participación. En particular, los sectores donde los países pueden aprovechar sus dotaciones de recursos naturales para exportar productos y servicios sofisticados representan oportunidades importantes para impulsar el desarrollo de actividades con mayor valor agregado. Sin embargo, ese escalamiento debe estar respaldado en instituciones internas sólidas y exige, además de las políticas comerciales de acceso a mercados, políticas de promoción de financiamiento y atracción de inversiones, y políticas industriales, una fuerza laboral bien preparada para ofrecer productos y servicios de primer nivel (Gereffi y Sturgeon, 2013).

Como complemento, Gelb (2010) resume una serie de estudios (Lederman y Maloney, 2007; Maeir y Wood, 1998; Bravo Ortega y Gregorio, 2007) sobre la relación que existe entre la dotación de capital humano con el crecimiento, la estructura de las exportaciones y la sostenibilidad del desarrollo de los países. De ahí la importancia de la inversión en el desarrollo de capacidades del talento humano local para transitar hacia economías dependientes de productos más sofisticados. En este caso, Gelb señala que no es coincidencia que países como Finlandia y Corea, con una evolución destacada desde economías basadas en recursos naturales a exportadores de manufacturas de alta tecnología, tengan cada año los mejores resultados en la evaluación de su sistema educativo.

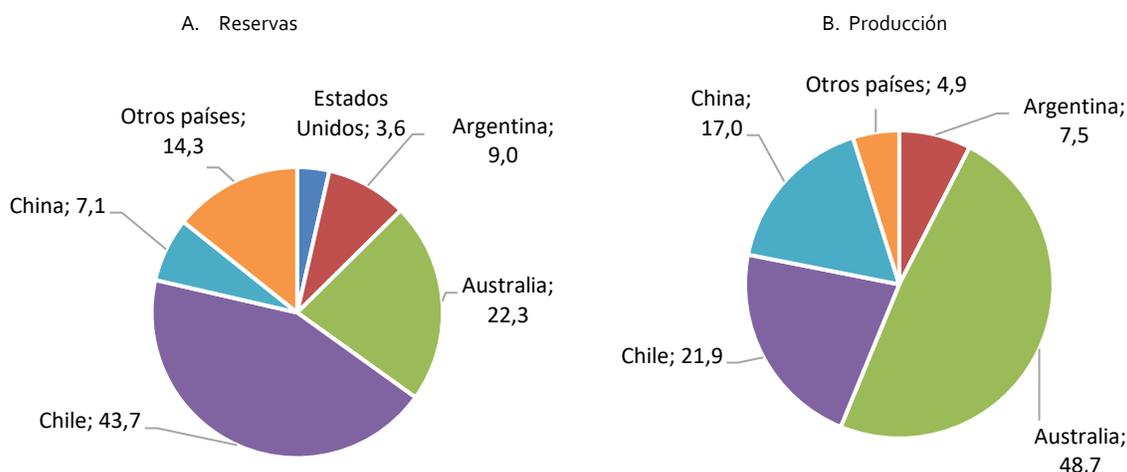
II. El litio y la cadena de valor de las baterías de litio para los vehículos eléctricos

A. Reservas y producción de litio

De acuerdo con la información del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés: *U.S. Geological Survey*) (2021), los recursos de litio a nivel global tuvieron un incremento significativo, debido a la creciente actividad exploratoria, pasando de 62 millones de toneladas en 2018 a 86 millones de toneladas en 2020. Chile concentra el 43,7% de las reservas de litio del mundo y es el segundo productor de litio a nivel global luego de Australia que produce el 54,5% del litio (véase el gráfico 1). Entre Argentina (9%), y Chile (43,7%) sumaron el 52,7% del total de las reservas mundiales en el 2019 y el 31,7% de la producción mundial de litio. China, principal centro de fabricación de productos intermedios y finales en la cadena de valor de las baterías de litio, cuenta con un 7,1% de las reservas globales y representa el 17% de la extracción de litio como materia prima.

En 2020, la producción de litio decreció en un 4,5% en relación con el año anterior pasando de 86,100 a 82,200 toneladas métricas. El país que redujo sustancialmente su producción fue Australia que pasó de 45,000 a 40,000 toneladas métricas, mientras que China aumentó su producción en un 6%. El decrecimiento de la producción global según USGS (2020) estaría explicado por una sobre oferta ocasionada por un consumo proyectado de la industria que no se cumplió. Esta reducción de la demanda, por su parte, estuvo vinculada a la reducción de los subsidios a los vehículos eléctricos (VE) en China, la consecuente reducción de las ventas de VE y la disminución de los inventarios de los fabricantes de componentes y baterías y, a la vez, consumidores de litio.

Gráfico 1
Reservas y producción de litio en 2020 por país
(En porcentajes)

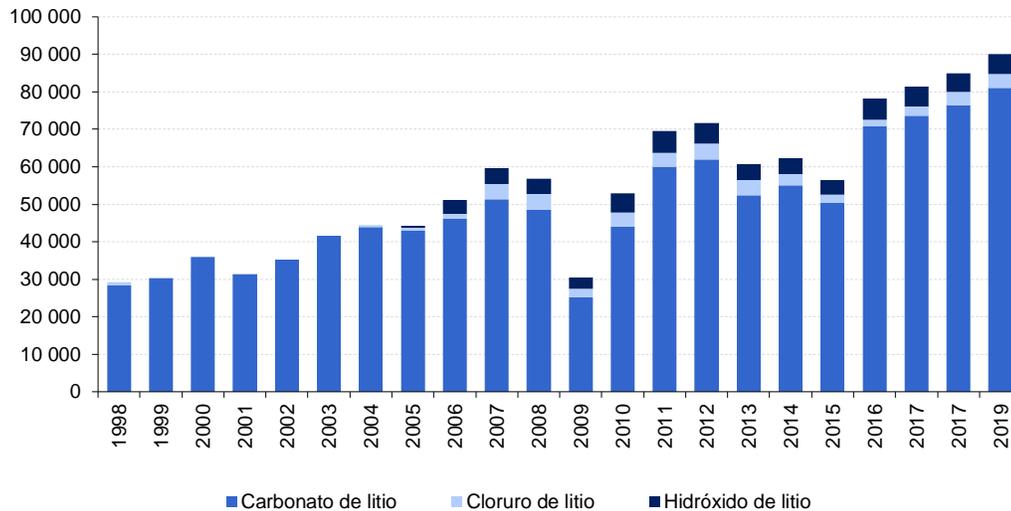


Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de USGS (2020).

La producción y las exportaciones de litio en Chile se han incrementado de forma importante, aunque su peso en relación con el cobre (principal producto de exportación del país) sigue siendo muy bajo. La producción chilena de litio⁶ en 2019 fue de 17,000 toneladas métricas de Carbonato de Litio Equivalente (LCE por sus siglas en inglés: Lithium carbonate equivalent). El 90% de las exportaciones fueron de carbonato de litio, un 6% de hidróxido de litio y el restante 4% de cloruro de litio (véase el gráfico 2). El litio es en 2019 el segundo producto de exportación mineral luego del cobre. Para 2019 el valor de las exportaciones de litio en Chile ascendió a USD\$ 816 millones y representó el 1,2% de las exportaciones del país. En el mismo año, las exportaciones de cobre estuvieron valoradas en USD\$ 33,500 millones (COCHILCO, 2018a; BCCH, 2020).

⁶ Estas cifras incluyen componentes que contienen litio en su conjunto, es decir, carbonato de litio, hidróxido de litio y cloruro de litio.

Gráfico 2
Exportaciones de componentes de litio en Chile, período 1998-2019
(En toneladas equivalentes de componentes de litio)



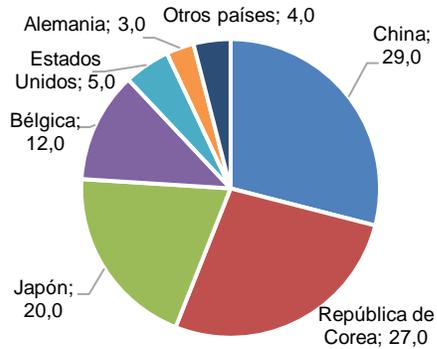
Fuente: Elaboración propia con datos de COCHILCO (2018), BCCH (2020).

Las exportaciones del carbonato de litio de Chile tienen como destino principal las naciones asiáticas que concentran el 76% de las exportaciones: China (29%), Japón (20%) y la República de Corea (27%); el resto se vende a Bélgica (12%), Estados Unidos (5%), Alemania (3%) y la diferencia del 4% a otros países. Los referidos países, a su vez, figuran entre los principales exportadores de productos de mayor valor agregado, como el hidróxido de litio y las baterías. Los principales países exportadores de hidróxido de litio son China (37,6%) y Estados Unidos (19%), Chile (17,8%), la Federación de Rusia (11,8%) y Bélgica (8,5%) (CEPAL, 2018). Las exportaciones de baterías las encabezan China (21,6%), Estados Unidos (14,1%) Singapur (13,9%), Indonesia (7,4%) y Japón (6,5%)⁷.

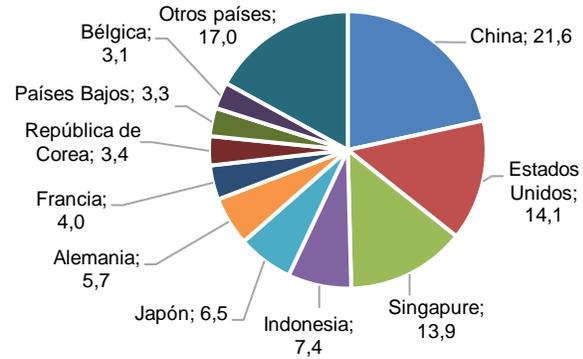
⁷ En línea: [<http://www.worldstopexports.com/lithium-ion-batteries-exports-by-count>] [fecha de consulta: mayo de 2020].

Gráfico 3
Exportaciones del carbonato de litio de Chile
(En porcentajes)

A. Distribución de exportaciones de LCE por destino, 2017



B. Distribución de exportaciones de baterías, 2018



Fuente: Elaboración propia sobre la base de CEPAL (2018).

En la actualidad, seis operaciones de roca mineral en Australia, cuatro operaciones de litio en salmueras en Argentina y Chile (dos en cada país), y dos producciones en China, una en salmuera y una en roca⁸, contabilizan la mayoría de la producción mundial de litio (Signum Box, 2019; USGS, 2020; Roskill, 2019a). A pesar de la incursión de nuevos actores, la oferta mundial concentrada en un pequeño número de empresas y países indicaría que se trata de una estructura oligopólica: cuatro países (Australia, Argentina, Chile y China) representaron el 96% de la producción en el 2019 (USGS, 2020). Asimismo, cuatro empresas, Talison, SQM, Albemarle y Livent, controlan la mayor parte de la producción (CEPAL, 2018).

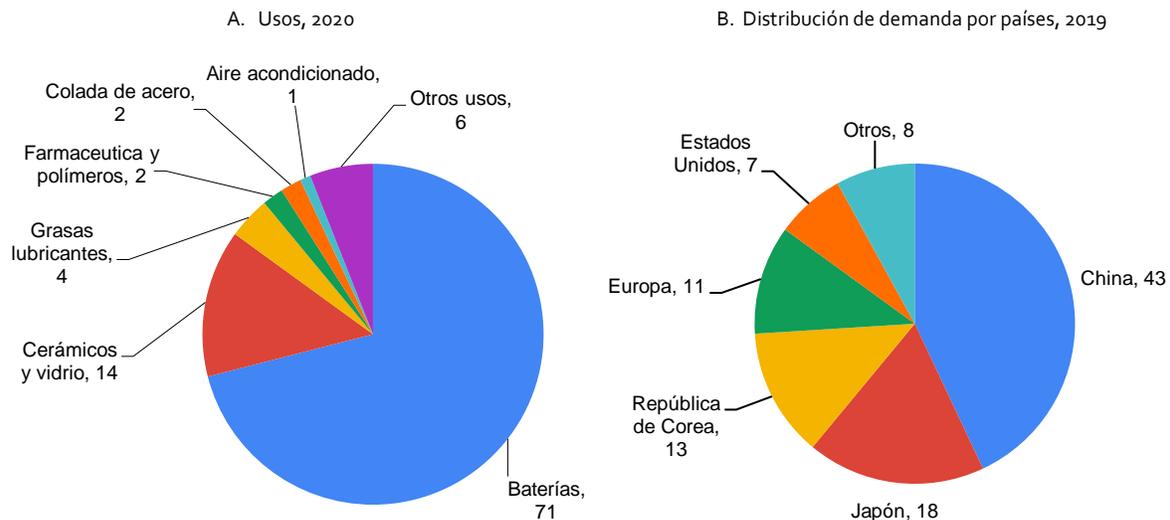
El mercado del litio es un mercado tradicionalmente concentrado pero que, en los últimos años, ha crecido y se ha diversificado en virtud del crecimiento de la demanda, los precios en ascenso y las oportunidades de inversión en nuevos proyectos. Sin embargo, la sobre capacidad de la producción de 2019 hizo que algunas operaciones establecidas pospusieran sus planes de expansión de capacidades, sacando de operación a mineras junior en Australia, Canadá y Namibia (USGS, 2020).

⁸ De acuerdo con el USGS, las principales fuentes de litio son los salares en cuencas cerradas (58%), rocas pegmatitas y granitos (26%), arcillas enriquecidas en litio (7%), salmueras de yacimientos petroleros (3%), salmueras geotermales (3%) y zeolitas enriquecidas con litio (3%) (COCHILCO, 2017).

B. Demanda de litio

El litio tiene muchos usos, el más importante en la actualidad es en las baterías de dispositivos celulares, computadores portátiles y vehículos eléctricos. El litio es un elemento que ha sido utilizado principalmente para la producción de grasas, lubricantes, vidrios, cerámicas, aluminio, componentes para el aire acondicionado, farmacéutica y baterías. Sin embargo, la composición porcentual de su utilización como materia prima de estas industrias ha cambiado significativamente. Así, las baterías pasaron de una participación del consumo total de litio producido en el mundo del 31% en el 2009 al 65% en el 2019 (gráfico 4), impulsadas principalmente por la demanda de los centros de fabricación de los países asiáticos liderados por China. Este país, fue el mayor consumidor, representando el 43% del total del consumo a nivel global en 2019. Se proyecta que el segmento de baterías represente más del 90% del consumo mundial de litio en 2040 (USGS, 2010; 2020; Roskill, 2019a, SignumBox, 2019).

Gráfico 4
Principales usos del litio a nivel mundial
y demanda del litio por país
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos de USGS (2021), Roskill (2019a).

Las proyecciones de varias agencias especializadas prevén que este apetito por el litio continuará y se incrementará en los siguientes años, impulsado por la descarbonización de la economía que tiene como pivote a las políticas ambientales y a la gran transformación energética hacia las energías renovables no convencionales, el almacenamiento de energía y la electromovilidad (COCHILCO, 2018; Wood Mackenzie, 2018; SignumBox, 2019).

C. Precio del litio

El incremento de la demanda del litio permitió un aumento acelerado del precio del metal. El precio del litio no tiene los mismos niveles de transparencia que otros minerales como el oro o el cobre ya que no existe una bolsa de metales donde se pueda transar públicamente. Además, en el caso del litio, existen

diversos productos, calidades y especificaciones⁹, lo cual hace complejo la estandarización de su precio, el mismo que se acuerda directamente entre productores y *traders* o clientes finales. El mercado spot en el litio es marginal ya que la mayoría de los fabricantes de productos procuran asegurar la provisión de su materia prima (con diferentes grados de especificidades) con la suscripción de contratos a largo plazo. Esta característica del mercado ha impulsado alianzas estratégicas y *joint ventures* entre empresas mineras y tecnológicas con la finalidad de diversificar y asegurar la provisión de materias primas a los fabricantes de baterías y vehículos eléctricos.

Los precios del carbonato e hidróxido de litio, que tuvieron una escalada importante a partir de 2015, se ajustaron y cayeron sobre todo en 2019¹⁰, luego de la reducción de la demanda esperada de VE en China, el crecimiento en la producción de Australia, China y Canadá, y el equilibrio en el mercado chino por la entrada en operación de su producción doméstica. Esta caída corresponde a una “normalización” de los precios que estaban elevados por una percepción de escasez del mercado frente a los atrasos de los proyectos anunciados en Argentina y la incertidumbre generada por la renegociación de los contratos de Albemarle y SQM en Chile entre los años 2015 y 2018 (Roskill, 2019a; USGS, 2020).

En el mismo sentido, de acuerdo con CRU (2019) y Wood Mackenzie (2018), con la entrada en operación de nueva capacidad de producción en los siguientes años, se espera que los precios caigan desde los valores máximos observados en el primer semestre de 2018, hasta los USD\$ 7,150/t (dólares por tonelada) en el momento en que el crecimiento de la demanda supere la adición de una nueva oferta y se produzcan los ajustes de mercado correspondientes, con una tendencia a largo plazo, de precios en el rango de USD\$ 6,000/t-8,000/t.

D. La cadena de valor del litio: las baterías de litio para vehículos eléctricos

Pese a los múltiples usos del litio, en este estudio la cadena de valor del litio se enfocará en los eslabonamientos vinculados a la fabricación de baterías como parte de la cadena de suministro de los vehículos eléctricos (VE). De acuerdo con CRU (2018), la proyección de la demanda general indica que el consumo para la fabricación de baterías será el principal impulsor de consumo de litio en el futuro. El rápido crecimiento de los VE, además de las políticas, incentivos, y regulaciones económicas, ambientales y de salud pública, ha sido también impulsado por la mejora del desempeño y la reducción de costos de las baterías de ion-litio ocurridas en los últimos años¹¹; factores en los que se enfocan permanentemente los esfuerzos tecnológicos. El desempeño de las baterías está directamente relacionado con la cantidad de energía que pueden almacenar y, por lo tanto, la autonomía que puede brindar a un VE. Este desempeño y el precio de la batería son elementos diferenciadores de competitividad para los fabricantes de VE.

La demanda de baterías creció en promedio un 30% anual entre los años 2010 y 2018, esperándose un crecimiento proyectado del 25% anual al 2030, impulsado principalmente por la electrificación de los sistemas de transporte y la incorporación de las baterías de almacenamiento de energía en las redes eléctricas. Se estima que, en el 2030, los vehículos de pasajeros y comerciales tendrán una participación del 83% de la demanda de baterías, siendo el mercado más grande el de China

⁹ Desde la visión de las empresas productoras, el proceso de aprovechamiento del litio no es similar al de los minerales metálicos tradicionales como el cobre (concentrado) ya que se produce una serie de productos con características muy particulares a requerimiento de los clientes, lo que lo alejaría de la definición de *commodity*.

¹⁰ EL precio del carbonato de litio en los contratos a largo plazo tuvo un decremento del 24% en relación con el precio de 2018 y se ubicó en USD\$ 13,000 por tonelada métrica.

¹¹ De acuerdo con una publicación de Bloomberg, el precio de la batería de ion litio ha caído de un valor de USD\$ 1,160 por kilovatio hora en el 2010 a USD\$ 176 el kilovatio hora en el 2018 y se proyecta que podría estar por debajo de los USD\$ 100 en el 2024. Bloomberg (2019), [en línea] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-04-03/battery-reality-there-s-nothing-better-than-lithium-ion-coming-soon>. Fecha de consulta: mayo de 2019.

con un 43% del uso de baterías (WEF, 2019). La cadena de valor del litio desde la fuente de extracción (mineral de roca o salmuera) hasta el reciclaje de los productos finales (batería) puede dividirse en seis grandes eslabones: i) materias primas (carbonato de litio); ii) procesamiento o refinamiento (hidróxido de litio, litio metálico o simplemente litio grado batería); iii) fabricación de componentes (cátodos, ánodos, electrolitos, separadores, auxiliares); iv) fabricación de celdas¹²; v) baterías (empaquetamiento de celdas); y, vi) reciclaje de las baterías cuando alcanzan el final de su uso en la primera aplicación y pueden ser empleadas en un segundo uso (López y otros, 2019; Cademartori y otros, 2018).

Cada uno de los segmentos de la cadena presenta características que los diferencian por sus altos niveles de especialidad y, al igual que muchos productos tecnológicos, tienen una cadena de suministro compleja que puede ser separada en diferentes etapas y cada etapa puede ser completada en geografías distintas. A su vez, cada uno de los eslabones de esta CGV representa una oportunidad futura en el contexto del escalamiento en la producción de baterías. Según McKinsey (2019), habrá un crecimiento del mercado desde aproximadamente USD\$ 40,000 millones en 2019 hasta USD\$ 300 mil millones al 2030¹³, en el que la fabricación de componentes, celdas, y baterías representa el 70%. Este incremento de capacidad demandará inversiones acumuladas valoradas en USD\$ 400 mil millones a lo largo de toda la cadena.

Tratando de simplificar la explicación de la cadena, en el caso de Chile y Argentina, el litio se extrae de las salmueras y se exporta mayoritariamente como carbonato de litio (Li_2CO_3) o hidróxido de litio (LiOH) para ser procesado y llegar a litio grado batería en el extranjero. En el caso de Australia el litio es extraído y procesado como mineral de roca y es exportado como material concentrado para ser refinado principalmente en China. Posteriormente, con la participación de otros minerales: cobre, cobalto, níquel y grafito, entre otros, se fabrican los componentes (ánodos, cátodos, separadores) que son más adelante unidos entre sí conformando una celda de batería eléctrica. El conjunto de celdas empaquetadas se ensambla y forman la batería eléctrica que almacena la energía que requieren los VE¹⁴. La fabricación de baterías tiene tres procesos de producción principales: la fabricación de celdas, la fabricación de módulos de celdas, y el ensamblaje de baterías. Cada una de estas etapas puede ser hecha en el mismo sitio o pueden estar localizados en distintas ubicaciones geográficas; sin embargo, el ensamblaje de baterías tiende a estar cerca del sitio de fabricación de vehículos para reducir los costos de transporte de los paquetes de baterías que son mucho más grandes y pesados que las celdas y los módulos (Coffin y Horowitz, 2018).

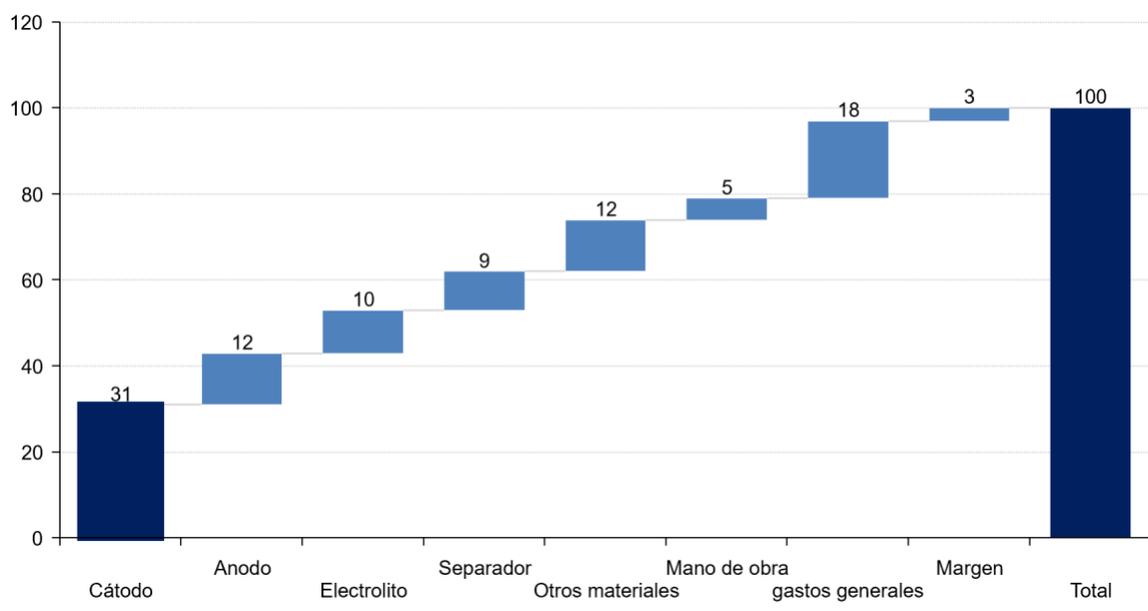
Existen seis tipos diferentes de baterías de ion litio. Los tres compuestos químicos más utilizados en la fabricación de baterías son fosfato de litio y hierro (LFP por sus siglas en inglés: *lithium iron phosphate*); óxido de litio, cobalto y aluminio (NCA por sus siglas en inglés: *lithium nickel cobalt aluminium oxides*) y óxido de litio, manganeso y cobalto (NMC por sus siglas en inglés: *lithium nickel manganese cobalt oxide*) (Yang y otros, 2021). Uno de los factores de competitividad en la industria de baterías de litio es su desempeño, que va ligado a la pureza y calidad de los cátodos que representan entre el 22% y el 31% de los costos de manufactura de las celdas de baterías (véase el gráfico a continuación), mientras que los minerales (litio y cobalto principalmente) representan dos tercios del valor de la producción de los cátodos de batería. A su vez, las celdas pueden significar en promedio un 75% del costo total del ensamblaje de la batería (Austrade, 2018; Roskill, 2019a).

¹² Las celdas son ensambladas también para ser usadas en baterías de aparatos electrónicos portátiles como computadores, teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros.

¹³ Estos valores no se incluyen en la cadena a los vehículos eléctricos.

¹⁴ El almacenamiento en baterías, al ser flexible, con capacidad de despliegue rápido, tener múltiples aplicaciones que agregan valor en la cadena de suministro de electricidad, se acopla dentro de las políticas de integración de las energías renovables no convencionales y de modernización de las redes incluyendo la transición hacia las "redes inteligentes", y la descentralización de energía a nivel de ciudades e idealmente en áreas rurales.

Gráfico 5
Estructura de los costos de las celdas de baterías de litio
 (En porcentajes)



Fuente: Roskill, 2019a.

La fabricación de los componentes, las celdas y las baterías está concentrada en el *cluster* asiático, con el liderazgo de China, país que se proyecta tendrá un 41% del mercado de los eslabones antes citados (Mckinsey, 2019). Al analizar la producción de litio como *materia* prima se observa que Australia (54,5%), Chile (23,4%) y Argentina (8,3%) representan el 86,3% de la producción global; mientras que, el eje asiático representa el 65,7% de las importaciones de carbonato de litio, liderado por China (26,13%), seguido de la República de Corea (22,10%) y Japón (17,43%). Por su parte, en la producción de baterías, nuevamente el *cluster* asiático liderado por China (27,2%), Singapur (22,3%), Japón (14,8%) e Indonesia (14,4%), contabiliza el 78,5% de las exportaciones de baterías de ion litio. Esta delantera de lo importado y de la agregación de valor en la cadena del litio a través de bienes industriales de alto contenido tecnológico permite confirmar la reconfiguración tecnológica e industrial que ha ido asumiendo la economía mundial, con un protagonismo de países del sudeste asiático, dejando en lugares secundarios y decrecientes a economías capitalistas que dominaron el siglo XX (CEPAL, 2018; Zicari y otros, 2019).

Este nuevo liderazgo industrial y tecnológico en la CGV del litio está acompañado de la producción científica vinculada al mineral, en la que los países asiáticos, incluyendo China, representan el 49% de las investigaciones publicadas sobre litio. Si se considera la generación de conocimiento en la CGV del litio aportada por Estados Unidos y Alemania se llega al 85% de las invenciones a nivel global (Zicari y otros, 2019).

Si bien la tecnología inicial en la fabricación de baterías de litio fue desarrollada por la República de Corea y Japón¹⁵, la estrategia de China se apalancó en su producción de mineral de litio, su liderazgo global en la capacidad de refinación y su proximidad a los centros de consumo, estableciendo su propia capacidad de fabricación de celdas de baterías. Posición que fue acompañada por las inversiones de

¹⁵ A comienzos de la década de 1990 se incorporó en el mercado la primera batería de ion-litio por parte de la marca SONY, lo cual desencadenó una explosión de la producción de este tipo de baterías (Zicari y otros, 2019).

empresas coreanas y japonesas en territorio chino y la transferencia tecnológica hacia empresas chinas, que en conjunto con las políticas e incentivos del gobierno desde el lado de la oferta y la demanda de la electromovilidad impulsaron el desarrollo de toda la cadena de valor desde la materia prima hasta la fabricación y reciclaje de baterías de ion litio.

El liderazgo chino en los distintos eslabones de la cadena de valor de las baterías de ion litio se inserta en el nuevo paradigma energético que prevé esa gran transformación de los patrones de consumo y de producción de energía, en la cual el gigante asiático se posiciona en el concierto global como uno de los líderes industriales en el consumo y en la fabricación de baterías y VE¹⁶, así como de paneles solares y molinos eólicos¹⁷. La posición china se observa también en la capacidad de refinamiento de cobalto y de procesamiento de toda la cadena de tierras raras, siendo responsable del 70% y el 85% de la producción a nivel global, respectivamente. Esta situación dominante genera incertidumbre a nivel de las cadenas de suministros y de fabricación de paneles solares, turbinas eólicas y baterías eléctricas, por las implicaciones que podrían existir de producirse cambios regulatorios o restricciones comerciales¹⁸. Estos esfuerzos chinos forman parte de su estrategia *Made in China 2025* anunciada por el gobierno en 2015 y que prevé que China se convierta en una potencia tecnológica, industrial y de conocimiento, reduciendo su dependencia hacia los sectores de punta como el de la inteligencia artificial, la biotecnología, las tecnologías de la información, los materiales avanzados, la manufactura avanzada y la tecnología aeroespacial. Sectores en los que actualmente Estados Unidos sustenta su liderazgo económico y tecnológico (Austrade, 2018; CEPAL, 2018).

La fragilidad y vulnerabilidad de las CGV que han privilegiado la deslocalización por factores de costos se hace más evidente a raíz de la pandemia sanitaria mundial de inicios de 2020. De acuerdo con el Banco Mundial (2020), la interrupción de las empresas que dependen de las cadenas de suministro mundiales podría alentar la reestructuración de la producción. Estos cambios podrían resultar en el desenrollamiento parcial de las CGV a medida que las corporaciones reestructuran sus cadenas de suministro. Afectando eventualmente, en el caso de las materias primas, la demanda del transporte hacia los nuevos centros de fabricación, con la consecuente reducción de la demanda de petróleo y cambios en las fuentes de la demanda de productos básicos a medida que cambian los centros de fabricación.

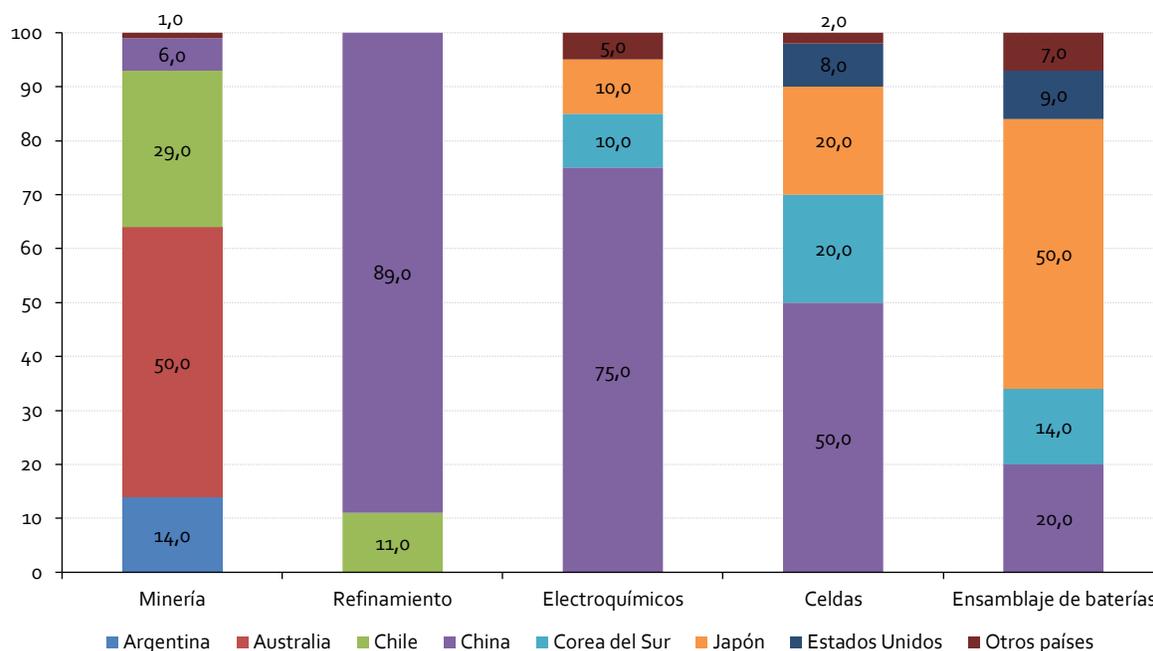
Como se refirió anteriormente, en la actividad extractiva del litio los principales países productores son Chile, Australia, Argentina y China, y las cinco empresas que tienen la mayor capacidad extractiva son de origen estadounidense (2), chino (2) y chileno (1). En cambio, si se avanza en los eslabones de la cadena de valor, quienes se constituyen en los principales importadores del recurso y a la vez fabricantes de productos intermedios y finales son los países asiáticos Japón, República de Corea y China, con empresas de esa misma procedencia además de Tesla, de origen estadounidense, que participa en tres de los componentes de la cadena, como muestra el gráfico a continuación. Es decir, siguiendo a Cademartori y otros (2019), la cadena de valor agregado mundial del litio empieza donde termina para Chile, Argentina y Australia.

¹⁶ De los 2 millones de vehículos eléctricos vendidos en el 2018, alrededor de 1.3 millones fueron comercializados en el mercado chino, una cifra importante considerando que al finalizar 2018 había en todo el mundo un poco más de cinco millones de EV de los cuales el 45% está circulando en territorio chino.

¹⁷ China se ha convertido en líder mundial en términos de capacidad instalada y consumo de energía renovable, contabilizando en 2019 un tercio de toda la capacidad eólica y un cuarto de la capacidad fotovoltaica instalada en el globo. También, China ha invertido en infraestructura de energía limpia más recursos que sus similares de Estados Unidos y Europa juntos. [información en línea, fecha de consulta: marzo de 2020] <https://www.renewableenergyworld.com/wind-power/end-of-the-year-wrap-up-five-figures-show-chinas-renewable-energy-growth-in-2019/#gref>.

¹⁸ Para mayor información véase [En línea] <https://www.iea.org/articles/clean-energy-progress-after-the-covid-19-crisis-will-need-reliable-supplies-of-critical-minerals>.

Gráfico 6
Los eslabones de la cadena de fabricación de baterías de litio por países
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Austrade (2018).

Esta breve mirada sobre la CGV del litio y, en particular, de las baterías de ion litio para la industria automotriz en un mundo globalizado de deslocalización y *outsourcing*¹⁹, devela la participación subsidiaria de los países de la región ricos en recursos de litio. En estos primeros eslabones de la cadena existe poco valor agregado y la investigación y el desarrollo tecnológico son menores. Por otra parte, la generación de valor, la investigación y la innovación tecnológica que, a pesar de la mudanza de los centros de producción de conocimiento y fabricación industrial hacia el eje asiático liderado por China, están concentradas en cinco economías (China, República de Corea, Japón, Estados Unidos y Alemania).

Este avance de Asia, liderado por China, no significa que en la carrera tecnológica y de innovación Europa y Estados Unidos hayan resignado su posición. La Unión Europea (UE), evocando su lógica de bloque, estableció una estrategia cooperativa para aprovechar sus capacidades productivas consolidadas en sectores de automóviles y baterías tradicionales como en el desarrollo de tecnologías disruptivas en la electromovilidad. En mayo de 2019, Francia y Alemania anunciaron un programa de inversión común para la UE de USD\$ 6,900 millones para la construcción de mega fábricas de baterías de litio, de los cuales USD\$ 1,5 millones serían en calidad de subsidios a los fabricantes, con la finalidad de no quedar rezagados en el desarrollo tecnológico y evitar la dependencia respecto de Estados Unidos y China²⁰. En este marco, empresas líderes como Tesla, BASF, VW Volkswagen y CATL, entre otras, han anunciado la construcción de al menos cuatro fábricas en Alemania, que incluyen desde componentes

¹⁹ Para describir cómo operan el offshoring y el outsourcing de las CGV de las baterías de ion litio, se puede observar que TESLA ensambla sus baterías usando celdas provenientes de Japón y fabricadas por Panasonic. LG Chem ensambla baterías en Michigan y República de Corea para Ford, General Motors y Chrysler usando celdas fabricadas en la República de Corea o Estados Unidos. Samsung SDI produce celdas y ensambla baterías para BMW y Volkswagen en una planta en Hungría. A su vez estas baterías serán instaladas en vehículos en Alemania (Coffin y Horowitz, 2018).

²⁰ Agencia de Noticias Reuters. Recuperado de: <https://www.reuters.com/article/us-france-germany-industry/france-and-germany-commit-to-european-electric-battery-industry-idUSKCN1S8oSF>.

de celdas de baterías hasta automóviles eléctricos²¹. En 2017, en el marco de la UE, se lanzó la Alianza Europea de Baterías, con la finalidad de aunar esfuerzos y definir una hoja de ruta para crear una cadena de valor en la fabricación de baterías con el núcleo de la estrategia en la fabricación de celdas de baterías, considerando que para cubrir la demanda europea se requerirían entre 10 y 20 instalaciones de producción de celdas de baterías a gran escala (López y otros, 2019).

En el caso de Estados Unidos, a partir de 2011, se estableció como meta ser el primer país del mundo en tener un millón de VE, fijando un programa de subsidios federales valorado en USD\$ 2.4 mil millones para incentivar la fabricación de baterías y componentes de la cadena de valor de VE. La megafábrica de Tesla en Nevada fue el inicio de un camino hacia el crecimiento de la capacidad de producción de baterías de litio. Desde el lado de la demanda, a partir de 2010, se ofreció un incentivo de crédito fiscal de hasta USD\$ 7,500 dólares para la compra de VE, con un límite de hasta 200,000 vehículos producidos por cada fabricante. A partir de ahí, muchos Estados han establecido una serie de incentivos para promover la compra de VE²². Desde el 2017, la política comercial e industrial de Estados Unidos ha tenido como pilares recetas tradicionalmente vetadas para los países en desarrollo. Estas han consistido fundamentalmente en subsidios y gasto estatal para impulsar el desarrollo de empresas tecnológicas, la protección de la manufactura nacional vía la renegociación de los acuerdos con sus principales socios comerciales, la fijación de aranceles y la disputa comercial y tecnológica con su principal competidor estratégico, China²³, que ha tenido varios episodios con efectos colaterales a nivel mundial y que, a la fecha de la redacción de este estudio, no ha finalizado (Zicari y otros, 2019).

De acuerdo con las proyecciones, habrá un incremento del 400% en la capacidad de producción de las baterías de litio el próximo decenio. La mayoría de esta capacidad proyectada estará en China (57%). El resto de la capacidad se espera esté distribuida entre Europa, América del Norte y el resto de Asia, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 1
Proyección de la capacidad de producción de baterías de litio por país

Región	Capacidad (GWh, 2018)	Capacidad (GWh, 2023)	Capacidad (GWh, 2028)
China	134,5	405,0	631,0
Europa	19,6	93,5	207,0
América del Norte	20,9	81,0	148,0
Asia (sin China)	45,5	78,5	111,5
Otros	0	0	5
Total	220,5	658,0	1 102,50

Fuente: Elaboración con base en Visual Capitalist con datos de Benchmark Mineral Intelligence.

El aseguramiento de la provisión de litio para los fabricantes de baterías y de vehículos eléctricos se ha convertido en un factor de alta prioridad para las empresas en Asia, Estados Unidos y Europa. Las estrategias de seguridad en la disponibilidad de materias primas y de diversificación de fuentes y mercados incluyen las alianzas estratégicas y *joint ventures* entre las empresas de tecnología y empresas de exploración y explotación de minerales; y, por otra parte, el desarrollo de nuevos proyectos en salmueras (Argentina, Estado Plurinacional de Bolivia, China y Estados Unidos) y en minerales de roca (Canadá, Finlandia, Portugal, España, Serbia, México y Rusia), algunos de estos con la participación en

²¹ Fuente: [en línea] <https://seekingalpha.com/article/4265367-european-battery-plant-expansion-and-implied-lithium-demands>.

²² Daily energy insider. [en línea] <https://dailyenergyinsider.com/news/11363-utilities-ask-congress-keep-electric-vehicle-tax-incentive/>.

²³ De acuerdo con CEPAL (2018), China es el principal manufacturero mundial desde 2010 y el primer exportador de bienes desde 2009. Desde 2008, China se ha situado como el segundo receptor mundial de IED y en 2016 fue el segundo inversionista extranjero. En 2016 China presentó el 43% de las patentes duplicando a Estados Unidos (19%). El déficit comercial de Estados Unidos con China casi se ha quintuplicado durante este siglo.

el negocio extractivo de fabricantes de componentes o productos finales. Ganfeng Lithium, por ejemplo, tiene una participación en la explotación de mineral de espodumeno en Mount Marion, Australia y en los proyectos de salares de Mariana y de Cauchari-Olaroz en Argentina. BYD, principal fabricante de vehículos eléctricos de China, desde marzo de 2017 forma parte de un *joint venture* para actividades de exploración, procesamiento y venta de litio en los salares de China (López y otros, 2019). Esta integración vertical es propiciada por aspectos de rentabilidad y competitividad, es decir, para lograr capturar una mayor renta en la cadena que se ve mermada por los incrementos de costos de producción en mina y la tendencia a la baja de los precios del litio, así como asegurar la calidad y desempeño de los componentes como lo hecho por los fabricantes de baterías LG Chem, Panasonic y BYD que han iniciado la fabricación de cátodos a través de integración vertical hacia atrás (Roskill, 2019a; Austrade, 2018).

Chile, Argentina y el Estado Plurinacional de Bolivia tratan de aprovechar la ventaja estratégica que representan sus reservas de litio y procuran, con estrategias distintas, mejorar su posición en la cadena de valor del litio de la electromovilidad. En el caso argentino, con una organización federal que agrega una complejidad adicional en términos de coordinación, el diseño del sistema normativo responde a los objetivos de la estrategia extractivista, que prioriza la atracción de inversiones en actividades de exploración, explotación y procesamiento del recurso, dejando la utilización o uso del mineral aguas abajo desconectado de las políticas productivas. En este modelo, han emergido visiones locales de industrialización como es el caso de Jujuy, donde se han establecido, por una parte la participación de la provincia a través de una empresa estatal en alianza con una empresa privada y además se ha fijado una cuota de producción como un incentivo para la radicación de emprendimientos productivos en la cadena de valor del litio, sin que se haya verificado hasta el momento la efectividad de estas políticas (CEPAL, 2018; López y otros, 2019; Obaya y Pascuini, 2020). El gobierno que asumió en diciembre de 2019, de orientación política distinta al saliente, ha dado claras señales de respaldo y prioridad a la industria minera como un pilar de atracción de inversiones, crecimiento de las exportaciones y generación de divisas, sin que esté todavía claro el nexo entre el aprovechamiento de los minerales y la política industrial²⁴.

El caso boliviano es distinto. Aquí la implementación de la estrategia está controlada en su totalidad por el estado central a lo largo de la cadena de valor, desde la extracción del mineral, considerado estratégico, hasta la producción de baterías de ion litio, teniendo como eje transversal la investigación y el desarrollo de tecnologías. Para la ejecución de la estrategia, el Estado Plurinacional de Bolivia optó inicialmente por una estrategia de aprendizaje local, liderada en la actualidad por Yacimientos del Litio Boliviano, con escasos resultados hasta el momento tanto en la producción a escala industrial de carbonato o hidróxido de litio como en la fabricación de baterías de ion litio. La implementación de la estrategia de industrialización de los recursos evaporíticos del Estado Plurinacional de Bolivia no se ha cumplido dentro de los plazos previstos y ha ido mutando desde su concepción original con autonomía productiva y tecnológica hasta la incorporación de empresas internacionales como socios estratégicos (López y otros, 2019; Obaya y Pascuini, 2020).

Australia, con las terceras reservas de mineral de litio y como mayor productor de mineral de litio del mundo, además de su característica producción minera polimetálica, que le permite explotar nueve de los diez elementos minerales más usados en los eslabones de fabricación de las baterías de ion litio, se encuentra en una posición privilegiada para capitalizar las oportunidades que se presenten en la era de las baterías eléctricas. Además de su riqueza mineral, Australia cuenta con importantes ventajas competitivas creadas por el impulso de las políticas de inversión en infraestructura y en el financiamiento de programas para el desarrollo de industrias globales. Adicionalmente, el establecimiento de programas a largo plazo con inversiones en innovación a través del Sistema Nacional

²⁴ Fuente: Emol [en línea] <https://www.emol.com/noticias/Economia/2020/01/24/974484/argentina-exporta-litio.html>.

de Innovación, en habilitadores como la educación, la ciencia y la investigación, y el emprendimiento. En el mismo sentido, Australia exige a los proyectos con inversiones de más de USD\$ 500 millones implementar un plan de participación de la industria australiana (AIP por sus siglas en inglés: *Australian Industry Participation*). Parte de los logros del país en los encadenamientos productivos, aunque en este caso aguas arriba, constituye la industria exportadora de los proveedores de Equipos, Tecnologías y Servicios para la Minería (METS por sus siglas en inglés: *Mining Equipment, Technology and Services*), que con un crecimiento entre el 15% y el 20% anual en la primera década de 2000 y del 7% en la segunda década, es uno de los sectores claves de la economía. Los METS en 2019 agruparon a 600 empresas, con ingresos anuales valorados en USD\$ 57,000 millones, exportaciones por más USD\$ 9,500 millones en productos y servicios, e inversiones en I+D de USD\$ 2,500 millones anuales.

En ese contexto, Australia se encuentra impulsando una agenda estratégica que le permita, pasar de un desarrollo incipiente de tecnología y de capacidades locales a pequeña escala, a la atracción de inversiones y transferencia tecnológica de los fabricantes líderes en el mundo con el equipamiento, procesos y tecnología para convertir las materias primas minerales en productos intermedios y finales en la cadena de producción de las baterías de ion litio (Austmine, 2020; Austrade, 2018; IGF, 2018a)²⁵.

El caso de Chile, que produce principalmente carbonato de litio y en menor cantidad hidróxido de litio, como se verá en los siguientes capítulos, a partir de la negociación de los contratos para la explotación de litio entre la entidad estatal Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y las empresas Albemarle y la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), en 2016 y 2018, respectivamente, se fijó un nuevo marco jurídico que permitió al Estado recuperar su capacidad de regulación y control y establecer un marco normativo e institucional que conecta su estrategia extractiva con sus políticas productivas.

E. Reciclaje de baterías de litio para vehículos eléctricos

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2020), a pesar del bajo porcentaje (1%) en el stock de vehículos en 2019 (7.2 millones), los vehículos eléctricos (VE) continúan creciendo a tasas muy elevadas (40% en 2019). Se espera que para 2030 las ventas anuales de VE sean de 28 millones de unidades (Bloomberg, 2019), estimándose que entre 100 y 120 GWh de baterías de vehículos eléctricos deban ser retiradas de circulación, un volumen equivalente a toda la fabricación de 2019 (AIE, 2020). Este crecimiento de VE y baterías, presenta serios desafíos en la gestión de residuos que, sin un adecuado modelo, representa un riesgo ambiental que opacaría las bondades de la electromovilidad y el almacenamiento de energía. Sin embargo, las baterías usadas también representan una oportunidad para el desarrollo de mercados de segundo uso y de reciclaje²⁶. En ambos casos se requerirán de políticas públicas que logren canalizar las demandas de responsabilidad social y ambiental de la sociedad, hacia innovaciones en modelos de negocio, nuevas tecnologías y alianzas público-privadas que permitan el impulso sostenible de estos nuevos mercados.

La importancia del segundo uso o del reciclaje de baterías no sólo está dada por aspectos ambientales, de eficiencia o de reducción de contingencias en la seguridad de los trabajadores mineros, sino que se configura como una forma de reducir los riesgos de abastecimiento de los elementos y materiales hacia la cadena de suministro de los fabricantes. El reciclaje de baterías de VE puede constituirse en una invaluable

²⁵ Otra de las experiencias australianas, en esta ocasión en los enlaces aguas abajo del mineral de hierro, es la industria local de acero desarrollada sobre la base de una política industrial con restricción a las importaciones, inversión estatal e infraestructura de soporte. Industria que luego del levantamiento de las restricciones de exportación de materia prima e importación de acero a partir de la segunda década de 2000 ha visto reducidas sus capacidades competitivas y productivas de exportación.

²⁶ Las baterías de plomo ácido usada en vehículos convencionales (diésel y gasolina) son en la actualidad recicladas prácticamente en un 100% en Europa, Japón, Estados Unidos y otros países, constituyéndose en el producto de mayor tasa de reciclaje del mundo, sobre el papel, plástico, ruedas y otros bienes.

fuentes secundarias de recursos y materiales. Algunas empresas alrededor del mundo²⁷ están desarrollando proyectos de segundo uso de baterías eléctricas para aplicaciones de almacenamiento de energía en transporte, edificios e industria (Harper y otros, 2019). La industria del reciclaje de baterías está todavía en una etapa inicial, esperando las economías de escala requeridas y las regulaciones a nivel global y local por ser establecidas (Roskill, 2019b). En ese sentido, existe un espacio en el recorrido tecnológico hacia la optimización y estandarización de las baterías, de los materiales y de los métodos que hagan más económico, seguro y viable ambientalmente el proceso de reciclaje.

Además de los desafíos tecnológicos del reciclaje de baterías de litio, la industria estará influenciada por una serie de factores no técnicos, tales como la naturaleza de la recolección, el transporte, el almacenamiento y la logística. La investigación para dar respuesta a estas interrogantes avanza en los diferentes países y regiones²⁸, y requerirá importantes esfuerzos de I+D (Harper y otros, 2019). Asimismo, otro de los aspectos que tendrá efectos en el avance de la industria del reciclaje de baterías estará dado por las políticas y regulaciones que adopten los distintos países y regiones.

La innovación en la política pública será muy relevante en la sostenibilidad de la electromovilidad y del reuso y reciclaje de baterías. China reguló la responsabilidad del fabricante de baterías hasta el reciclaje incluyendo la logística de transporte. La Unión Europea se encuentra en un proceso de revisión de su Directiva de Baterías a través de una discusión amplia a través de la Alianza Europea de Baterías con las distintas partes interesadas. En Estados Unidos, en el Estado de California se reguló la creación de un Grupo Asesor de Reciclaje de Baterías de Litio para asesorar al Congreso en las políticas de reciclaje de baterías (AIE, 2020). En Chile, bajo el principio de “el que contamina paga” se aprobó en junio de 2016 la Ley 20.920 conocida como la Ley de Reciclaje²⁹, que establece el marco de gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje. En el marco de esta ley se determinaron cinco productos prioritarios: a) Aceites lubricantes, b) Aparatos eléctricos y electrónicos, c) Baterías, d) Envases y embalajes, e) Neumáticos, y, f) Pilas. De acuerdo con la ley, los productores o importadores de estos productos son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de estos bienes (Poveda, 2020). Hasta el 2020 no se han emitido los respectivos reglamentos y no se conoce si en el caso de las baterías se ampliará su alcance a las eléctricas.

²⁷ La alianza Audi y Umicore, el vínculo entre Brunp y CATL, o el *joint venture* entre el gigante fabricante de autos Geely, la compañía minera Zijin Mining y el fabricante de cátodos Hunan Shanshan, son algunos de los ejemplos (Roskill, 2019b).

²⁸ La investigación está en marcha en diferentes centros: Faraday Institution ReLiB Project, en el Reino Unido; the ReCell Project en Estados Unidos; CSIRO en Australia y en diferentes proyectos en Europa incluyendo ReLieVe, Lithorec y Amplifil (Harper, 2019).

²⁹ Se esperaba que la Ley estuviera implementada en el plazo de un año, luego de dictar cada uno de los reglamentos; sin embargo, hasta la fecha todavía no se han emitido los decretos ejecutivos. De acuerdo con los compromisos adoptados por Chile con la suscripción del Convenio de Basilea y la normativa interna del Ministerio de Salud, la exportación de baterías está prohibida al estar categorizada como residuo peligroso y existir una planta de tratamiento en el país.

III. Marco normativo e institucional del litio

Poveda, (2020), en el estudio de caso de la gobernanza del litio en Chile, describe los hitos en la construcción de la política pública del litio en Chile. Identifica cuatro etapas con configuraciones distintas que recorren desde un Estado que interviene con políticas activas hasta un Estado que confía en el mercado, con resultados diversos en cada momento. En la última etapa, observa que el Estado definió lineamientos de gobernanza del litio con una mirada más integral. Además, revisa las condiciones que regulan el aprovechamiento del mineral y la implementación de políticas públicas desde una perspectiva más exigente de apropiación de la renta, distribución territorial real, valor compartido tangible, salvaguardas ambientales, y encadenamientos productivos e innovación asociados a la cadena de valor del litio.

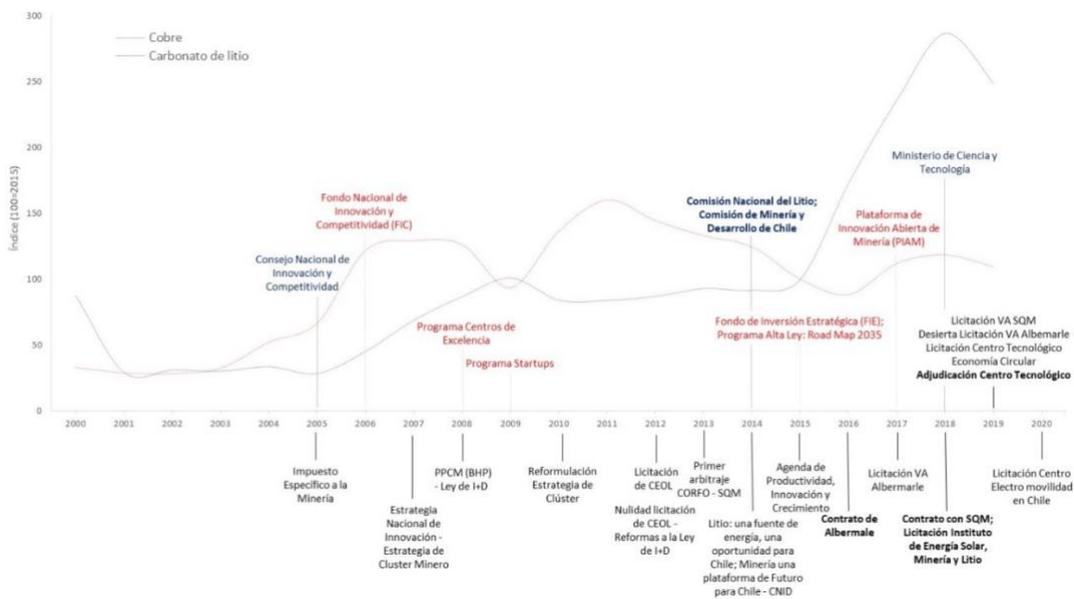
En esta ocasión se realiza una mirada más cercana a las políticas públicas desplegadas por Chile en busca de la sofisticación productiva y el fomento de la investigación y desarrollo en la cadena de aprovechamiento del litio. De esta manera, en esta sección se analiza el marco normativo e institucional que regula las actividades de aprovechamiento del litio desde su exploración, explotación, procesamiento y uso en Chile. Discernir el marco normativo permite tener mayor claridad respecto de las reglas institucionales, generalmente formalizadas jurídicamente, y las normas informales implícitas. Este marco brinda las oportunidades y herramientas de acción y establece los límites y las barreras a la capacidad de gestión e incidencia de los actores en su interacción y movilización de recursos.

Con la finalidad de comprender el marco normativo del litio en Chile, es necesario establecer un punto de quiebre en la historia de las políticas públicas que se han creado, reformado o eliminado, que, como se verá más adelante, está conectado con las estrategias e institucionalidad minera, productiva y de investigación, y las políticas horizontales y sectoriales (véase gráfico 7). Si bien buena parte de las estrategias, decisiones políticas y políticas públicas no han estado asociadas directamente con la minería litífera y, en general, han sido adoptadas con un carácter horizontal y, en algunos casos, ligadas al sector cuprífero, existen puntos de encuentro en las trayectorias fijadas y los derrames producidos que impactarán a la cadena productiva del litio y en la estrategia de agregación de valor del litio de Chile.

El punto de partida en el caso de las políticas, regulaciones, estrategias, e incentivos para la agregación de valor y la innovación e investigación asociada a los eslabones productivos del litio está dado por la creación de la Comisión Nacional del Litio (CNL) en 2014 y la posterior negociación de los contratos de Albemarle (2016) y SQM (2018) a cargo de la CORFO. Luego de establecidos los términos y condiciones de las nuevas cláusulas contractuales, la CORFO se encuentra implementando las políticas de valor agregado e innovación a través varias licitaciones que serán abordadas en detalle en la siguiente sección. El fijar un punto de inicio dentro de los procesos dinámicos de elaboración de política pública no quiere decir que se desconozca el preámbulo de políticas e hitos productivos que existieron (véase anexo 2) y que configuró la voluntad política de los actores en relación a un problema colectivo determinado: en este caso la necesidad de incorporar innovación, tecnología y valor agregado a los procesos productivos más allá de la extracción de los minerales, en particular del litio como materia prima.

Durante el recorrido del estudio se identificará el rol protagónico de ciertos actores³⁰ que dentro de los ámbitos de acción (formales e informales) y con la heterogeneidad de alcance y disposición de recursos³¹ inciden en la colocación y notoriedad de un tema en la agenda mediática, su posterior inclusión en el debate político y, finalmente, la elaboración de una política que busca dar una solución a un determinado problema colectivo.

Gráfico 7
Principales reformas normativas e institucionales en las políticas productivas y de innovación del litio en Chile
(precios del cobre y litio, índice 2015 = 100)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se incluyen los precios históricos del cobre y del litio (2000-2020). Sobre la base estadística del World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet) y del BP Statistical Review of World Energy. En rojo: las políticas sectoriales mineras. En verde: las políticas horizontales. En negro: las políticas e hitos normativos del litio.

³⁰ Para el efecto se tendrá como marco de referencia la metodología de análisis de política pública y gobernanza de los recursos naturales de Dente y Subirats (2014) y León y Muñoz (2019) y siguiendo a Knoepfel et. al (2007).

³¹ Estos recursos son de varios tipos y están desigualmente distribuidos entre los actores. Los actores más poderosos tendrán mayores cantidades y tipos de recursos para tratar de incidir en el proceso decisonal. Una clasificación completa de recursos en manos de los actores es quizá imposible, y podría traducirse en una larga lista de temas muy dispares; sin embargo León y Muñoz (2019), a partir de Knoepfel, Larrue y Varone (2001), proponen una caracterización que agrupa a los recursos en personal (humano), dinero (económico), información (cognitivo), organización (interactivo), consenso (confianza), tiempo (cronológico), infraestructura (patrimonial), político (mayoría), fuerza (violencia), derecho (jurídico).

A. El aislamiento normativo del litio en la legislación minera

El sistema normativo minero de Chile fue diseñado con una visión extractivista de los recursos naturales, como parte de una estrategia de desarrollo fundamentada en el libre mercado, que prioriza la atracción y protección de inversiones para el aprovechamiento de los recursos mineros y los procesos de privatización de empresas y servicios. En el período de dictadura militar por el que transitó Chile desde 1973 hasta 1990, se diseñaron e implementaron las normas, principios e instituciones que han regido la política pública minera del país. Estas son principalmente: i) la Constitución Política de la República (CP) de 1980; ii) el Estatuto de Inversión Extranjera (Decreto Ley 600) promulgado en 1974, vigente hasta el año 2016; iii) la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras (LOCM) vigente desde el 7 de enero de 1982, y iv) el Código de Minería (CM) promulgado el 26 de septiembre de 1983.

Entre los rasgos característicos de la normativa minera chilena se pueden distinguir, la propiedad minera regulada a nivel constitucional³², el régimen de concesiones³³, y la existencia, dentro de un modelo que pretende limitar la participación directa del Estado en actividades productivas, de dos empresas públicas, la Empresa Nacional de Minería (ENAMI)³⁴ y la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO)³⁵.

En Chile, el litio está regulado por una normativa específica que lo excluye del marco normativo minero descrito. Durante la dictadura militar, que había diseñado el marco jurídico para el aprovechamiento de los recursos mineros, se construyó también el andamiaje jurídico que declaró al litio un recurso estratégico reservado para el Estado y no concesible, y estableció los mecanismos de participación estatal y privada en su explotación. La barrera regulatoria de reserva estatal creada por el régimen militar por razones estratégicas de seguridad no propició la creación de una empresa pública o la delegación de esta actividad a las estatales existentes (CODELCO y ENAMI). El mismo régimen militar diseñó la participación en sociedad con el sector privado como modelo de gestión para la explotación de sus recursos de litio. Sobre la base de este marco legal, durante las décadas de los años 80 y 90 se suscribieron los convenios entre el Estado (CORFO) y las empresas privadas SQM y Albemarle, donde se establecieron las condiciones de exploración y explotación del litio.

En el contexto de la guerra fría, la dictadura militar que gobernaba Chile estableció un marco normativo e institucional sobre los materiales considerados de interés nuclear. Inicialmente en 1976, mediante Decreto Ley No. 1557, le otorgó a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) la capacidad de controlar el comercio y el acopio de materiales de interés nuclear y la potestad de declarar de utilidad pública y expropiables a los materiales nucleares. Luego, en 1979, con la publicación del Decreto Ley No. 2.886, el litio quedó reservado para el Estado por razones de interés nacional, se lo excluyó del régimen concesional minero y se determinó la tutela de la CCHEN para cualquier acto o contrato relacionado con el mineral. Adicionalmente, se reformó el Código de Minería, eliminando al uranio, al litio y al torio como elementos sobre los que se podía establecer pertenencia minera, es decir,

³² En la Constitución Política de Chile, en la parte dogmática donde se recogen los principios y derechos básicos de los ciudadanos, se establece el derecho a la propiedad y dentro de este se regula la propiedad minera, y el derecho de concesión y de dominio sobre las minas. Esta cobertura jurídica constitucional es desarrollada con más detalle en la Ley Orgánica de Concesiones Mineras y en el Código de Minería.

³³ De acuerdo con la Constitución Política de Chile, el organismo estatal que entrega las concesiones mineras es un juez ordinario, mediante un procedimiento no contencioso en el que no intervienen autoridades administrativas y que culmina con una sentencia (auto de amparo) que otorga la concesión de explotación a un particular por tiempo indefinido.

³⁴ La ENAMI se creó en 1960 a partir de la fusión de la Caja de Crédito Minero y la Empresa Nacional de Fundiciones con el objetivo de fomentar el desarrollo de la minería de pequeña y mediana escala.

³⁵ CODELCO se creó en 1976 a partir de la división de la Corporación del Cobre, en dos entidades, la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) y CODELCO como empresa productiva de propiedad estatal. Antes en 1971 las operaciones de dos empresas norteamericanas, que explotaban las minas del Teniente y Chuquibambilla desde inicios del Siglo XX, fueron estatizadas en un 100%, quedando su operación a cargo de la Corporación del Cobre. En la actualidad, CODELCO es la principal productora de cobre de Chile y una de las principales empresas de cobre del mundo.

dejándolos fuera del régimen concesional de los minerales. En la Constitución de 1980 se entregó a la ley la facultad de determinar los elementos no susceptibles de concesión y se dispuso que la exploración, la explotación o el beneficio de los yacimientos que contuvieran sustancias no susceptibles de concesión, podrían ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación.

Posteriormente, mediante la aprobación de la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, en enero de 1982 se ratificó la no susceptibilidad de concesión minera del litio conjuntamente con los hidrocarburos líquidos y gaseosos, reafirmando la exclusión de esta regla de aquellos títulos mineros que se hubieren constituido antes de la vigencia del Decreto o iniciado su proceso de trámite de inscripción antes del 1 de enero de 1979³⁶, excepción en la que se encontraban los títulos mineros de litio en poder de CORFO y que serán posteriormente los únicos que han sido explotados. Finalmente, en octubre de 1983, se dictó el nuevo Código de Minería, en el que se confirma como regla general la concesibilidad de todos los minerales bajo el régimen de propiedad plena garantizado por la Constitución, con excepción del litio. Este marco constitucional y legal está todavía vigente.

La primera iniciativa asociativa del Estado que dio origen al actual contrato de Albemarle es el convenio suscrito en 1975 para realizar los estudios de exploración en el Salar de Atacama entre la empresa estadounidense Foote Mineral Company y el Gobierno de Chile. Posteriormente, en 1980, la CORFO y Foote Mineral constituyeron la Sociedad Chilena del Litio (SCL) con un 55% de la propiedad por parte de Foote Mineral y un 45% de la CORFO. Una vez constituida la sociedad, esta firmó el Convenio Básico con la CORFO en donde se asignó a SCL una cuota de producción por 200,000 toneladas de litio contenido o equivalente y se le dio exclusividad por ocho años a SCL para operar en el salar de Atacama (Gravel, 2015). El Convenio Básico es el contrato suscrito entre la CORFO (Estado de Chile) y la Sociedad Chilena del Litio (hoy Albemarle) que estableció las condiciones de explotación de las pertenencias mineras del Salar de Atacama hasta su modificación en el nuevo contrato del año 2016. En 1984, se puso en marcha la primera planta de la SCL (55% Foote Mineral y 45% CORFO), colocando a Chile en el escenario mundial de producción de carbonato de litio. Entre 1988 y 1989, Foote Mineral Company adquirió el 45% de la participación de la CORFO en SCL (Lagos, 2012). En 1998, Foote Mineral fue comprada por la alemana Chemetall que, en 2004, fue adquirida por la estadounidense Rockwood Holding Inc. Finalmente, en 2015 Albemarle compró Rockwood Holding Inc (Obaya y Pascuini, 2020).

Por otra parte, el antecedente originario de la actual explotación de SQM en el Salar de Atacama se remite a la licitación internacional efectuada por la CORFO en 1983 para producir sales potásicas, ácido bórico y litio, adjudicada a las empresas estadounidense Amax Inc y a la chilena Molymet³⁷. Luego de la adjudicación, en 1986, se constituyó Minsal Minera Salar de Atacama, integrada por Amax Inc. (63,75%), la CORFO (25%) y Molymet (11,25%) con el objeto social de explorar, explotar y comercializar potasio, boro, litio y cualquier otro producto o subproducto proveniente de las salmueras del Salar de Atacama. Además, se acordó limitar la producción total de litio a 180,001 toneladas métricas de litio metálico en un plazo de 30 años. Entre 1993 y 1995, la empresa chilena Sociedad Minera y Química de Chile Soquimich (SQM) compró el 100% de las participaciones que representaban Amax, Molymet y

³⁶ Esta diferencia histórica producida en 1979 generó dos categorías, por una parte, aquellos que tenían pertenencias antes de 1979, mayoritariamente del Estado, y, por otra parte, aquellos con posterioridad a esa fecha. Así, el Estado tenía las siguientes pertenencias mineras antes de 1979: i) CORFO tiene el 55% de la superficie del Salar de Atacama; ii) CODELCO tiene el 100% del Salar de Pedernales y el 18% del Salar de Maricunga; iii) Empresa Nacional de Minería (ENAMI) tiene el 4% del Salar de Aguilar y, finalmente, iv) tres grupos privados tienen el 25% del Salar de Maricunga (CNL, 2015). Los tenedores de estas pertenencias que estaban amparados por el Código de Minería vigente en 1979 tienen el derecho a explotar el litio cumpliendo con la normativa ambiental y sectorial pertinente. Para cualquier concesión posterior a 1979, el Código de Minería en concordancia con la Constitución Política, le otorga al presidente de la República la facultad de establecer las condiciones de explotación dentro de las siguientes opciones: i) por el Estado o por sus empresas (CODELCO-ENAMI); ii) por concesiones administrativas o iii) por un contrato especial de operaciones, otorgados por el Ministerio de Minería a favor de un privado.

³⁷ MOLYMET es una empresa chilena, actualmente es el principal procesador de molibdeno del mundo. La empresa fue creada en 1974 y tiene operaciones en Chile, México, Alemania y Bélgica.

CORFO, consolidando la propiedad de Minsal y cambiando de denominación social a SQM Salar S.A. A partir del inicio de la producción de carbonato de litio de Minsal (SQM) en 1996, se produjo un salto productivo relevante para el país que consolidó su liderazgo a nivel mundial desde 1997 hasta 2011.

En 2012, durante el primer mandato del presidente Piñera se trató de ampliar la oferta productiva del litio a través de una licitación que finalmente fue anulada por incumplimiento de las bases del proceso de la empresa ganadora: SQM. Esta iniciativa fallida impidió que nuevos actores participen en la explotación del mineral, manteniéndose la posición oligopólica histórica de las dos empresas que hasta la actualidad extraen el litio del Salar de Atacama.

B. El auge del litio y las políticas de eslabonamientos productivos e innovación

En la gobernanza del litio en Chile se observa un punto de quiebre a partir de la creación de la Comisión Nacional del Litio (CNL) en 2014, al inicio del segundo mandato de la expresidenta Bachelet; la renegociación de los contratos con las empresas Albemarle y SQM a cargo de la explotación del litio entre 2016 y 2018; y, finalmente, la implementación de las licitaciones de valor agregado e investigación y desarrollo que se encuentran en proceso desde 2017.

En un contexto de altos precios de los *commodities* y de notoriedad del litio en la agenda pública, intensificada en los años previos por las disputas entre el Estado y las empresas productoras y por los intentos fallidos para ampliar la oferta productiva del anterior gobierno, la entonces entrante presidenta Michelle Bachelet, haciendo uso de su liderazgo e influencia política y utilizando el apoyo político y el consenso³⁸ al inicio de su gobierno (2014), convocó a una Comisión Asesora Presidencial³⁹ denominada Comisión Nacional del Litio. Esta Comisión tenía el objetivo de generar una visión estratégica en torno a una política nacional para el litio. Esta señal política era parte de la orientación ideológica del gobierno que buscaba un rol más protagónico del Estado en la gobernanza de los recursos extractivos. Paralelamente, como se analizará en el siguiente capítulo, el mismo gobierno conformaba otra Comisión Asesora Presidencial para discutir los problemas colectivos que se habían posicionado en el debate político minero sobre el modelo de desarrollo basado en la explotación de los recursos naturales, y los desafíos de sostenibilidad que debían enfrentarse en virtud de la desaceleración del ritmo de inversiones mineras, el deterioro de la confianza, las brechas de productividad detectadas y la compleja relación con los pueblos y comunidades de las zonas de influencia extractiva.

En el seno de la CNL se produjo el debate político que inicialmente se enfocó en la fijación de una regalía y que incluyó posteriormente como un tema central el rol que debía tener el Estado en el aprovechamiento del mineral y en el establecimiento de políticas industriales, así como los riesgos en la sustentabilidad de los frágiles sistemas de los salares. Finalmente, la CNL presentó su informe con una serie de lineamientos de política pública orientados a: i) el reconocimiento del litio como un recurso estratégico, esta vez por su vinculación con la transformación energética global; ii) la priorización de la sostenibilidad ambiental y social en el aprovechamiento del recurso en ecosistemas frágiles como los

³⁸ Para que un actor pueda efectivamente influir en el espacio de negociación de la política pública, es indispensable que sus estrategias y acciones puedan generar, al menos potencialmente, efectos relevantes en el proceso de elaboración de una política pública. Así, el tener una buena idea en el bolsillo o que una solución propuesta sea la mejor posible no es suficiente ni garantiza que pueda ser eficaz el accionar de un determinado actor. Los efectos o la incidencia de un determinado actor vendrán determinada por los recursos que disponga. Así, uno de los recursos esenciales en los procesos decisionales de política pública es la cantidad de consenso que un actor es capaz de poner en movimiento (Dente y Subirats, 2014).

³⁹ La creación de esta Comisión se inserta en la cultura del quehacer político de Chile. Este tipo de comisiones han sido utilizadas desde los primeros gobiernos de la Concertación como espacios deliberativos que pretenden aglutinar a actores de diversos orígenes para generar una discusión más amplia y "ciudadana" en los procesos de formación de políticas públicas. El producto final de estos espacios deliberativos generalmente es un informe con recomendaciones o lineamientos de políticas públicas, sin que necesariamente se logre la representatividad deseada y/o resultados concretos en materia de reformas institucionales.

salares; iii) la participación central del Estado en la exploración, explotación, control y fiscalización del recurso natural; y iv) el establecimiento de políticas para fortalecer las capacidades locales de investigación y tecnológicas vinculadas a las cadenas de valor en las formas de extracción y usos del litio, asociadas al potencial solar de Chile.

Luego de presentado el informe, sin que se hubieran materializado las reformas institucionales sugeridas, la CORFO, entre 2016 y 2018, teniendo como antecedente el interés de las empresas SQM y Albemarle de ampliar sus cuotas de extracción, renegoció los convenios vigentes con las referidas empresas. Como se aprecia en el siguiente cuadro, los nuevos términos y condiciones de los contratos establecieron mayores competencias del Estado para el control y la fiscalización, la ampliación de las cuotas de extracción, una mayor apropiación de la renta por parte del Estado vía fijación de regalías variables e incrementales vinculadas al precio extraordinario del mineral y aportes económicos a favor de las comunidades. Así mismo, en los contratos con Albemarle y SQM se incluyeron dos cláusulas contractuales. Una denominada de "valor agregado", que consiste en la obligación de vender una cuota de hasta el 25%⁴⁰ de la producción de cada una de las empresas a un precio preferente a favor de productores especializados de litio que avancen en la cadena de valor del litio y desarrollen sus labores de producción en Chile. La segunda, una cláusula denominada de "Investigación y Desarrollo I+D", en virtud de la cual las empresas se comprometieron a hacer aportes anuales de recursos financieros destinados a la investigación y desarrollo en entidades públicas o privadas⁴¹.

Cuadro 2
Comparativo de las condiciones de los contratos de Albemarle y SQM

Conceptos	Albemarle	SQM
Cuota de venta	Nueva de 262 132 toneladas + remanente de 110 000 de la anterior cuota de 200 000	Nueva de 349 553 toneladas+ remanente de 64 816 de la anterior de 180 001
Extracción salmuera y agua	Se mantiene el uso de 4,42 litros por segundo (l/s) de salmuera y cuenta con derechos de agua por 23,5 l/s	Se mantienen en 1 500 l/s y 240 l/s
Plazo	31-12-2043 (antes no fijado)	31-12-2030 (se mantiene)
Royalty (Pago Comisión)	6,8% a 40% por precio de Li. (antes no existía)	6,8% a 40% por precio de Li (antes 5,8% fijo)
Aportes para I+D	Entre USD\$ 6 y USD\$ 12,4 millones anuales (antes no existían)	Entre USD\$ 10,7 y USD\$ 18,9 millones anuales (antes el 0,8% del 5,8%)
Incentivo al Valor Agregado	Hasta un 25% de la producción a precio preferente	Hasta un 25% de la producción a precio preferente
Comunidades	3,5% de las ventas	Entre USD\$10 y USD\$ 15 millones
Control y fiscalización	Acceso a información operativa, financiera y ambiental	Acceso a información operativa, financiera y ambiental

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los contratos Albemarle (2016) y SQM (2018).

En definitiva, el rol promotor en toda la cadena de valor en la gobernanza del litio, incluidos los encadenamientos productivos y la innovación, es asumido desde lo público por el Gobierno Central a través de la Comisión CNL, liderada por el Ministerio de Minería. El Ministerio de Minería, que tradicionalmente no ha tenido una mayor relevancia política dentro de la estructura de gobierno, tuvo un espacio político importante en la conformación de las dos Comisiones Asesoras Presidenciales antes mencionadas. Posteriormente, la CORFO asumió el liderazgo en la definición de las estrategias y su implementación. Desde la década de los años 80, la CORFO⁴² ha tenido un rol protagónico en la configuración de la industria del litio en Chile. En un primer momento, al solicitar las tenencias mineras en

⁴⁰ El contrato prevé que inicialmente será el 15% de la producción teórica y que una vez cubierta se irá incrementando en tramos de 2,5% anuales hasta completar el 25%.

⁴¹ Para un mayor detalle sobre las condiciones de los contratos, véase Poveda (2020).

⁴² La CORFO fue creada por Ley N°6334 de abril de 1939#. CORFO, como entidad del Estado, ha ido cambiando su enfoque y su rol de acuerdo con la visión y estrategia de desarrollo que se ha implementado en el país. Actualmente es una agencia dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que tiene como principal objetivo la promoción de la innovación, la capacidad de emprender y la competitividad del país.

los salares e impulsar los estudios de exploración y al suscribir alianzas estratégicas con empresas privadas para la explotación del litio. Después, entre la década de los años 80 y 90, sin un rol principal al haber resignado su papel en la actividad productiva a favor de sus anteriores socios privados. A partir de 2014, en la participación en la construcción de la Política Nacional del Litio y en la compleja negociación de los contratos con las empresas que operan en los salares⁴³. Finalmente, a partir de 2017, liderando las estrategias y licitaciones para promover las políticas de valor agregado aguas abajo e innovación que se detallan a continuación. La CORFO ha sido no solo una agencia de gobierno clave en el sector de litio, sino también un brazo ejecutor de las políticas transversales de desarrollo productivo e innovación diseñadas desde el Ministerio de Economía e implementadas por esta institución a través de programas como Startup, Centros de Excelencia de Investigación y Alta Ley que se describirán en el siguiente capítulo.

Como se vio en el primer capítulo, las dos principales empresas de producción de litio del mundo operan en Chile, una de origen estadounidense Albemarle y la otra originalmente de capitales chilenos SQM⁴⁴. Estas empresas son parte de la gobernanza global del litio en el primer eslabón de producción. Albemarle (antes Rockwood) y SQM, a través de sus recursos económicos y tecnológicos, han tenido un rol promotor de la actividad extractiva en Chile. Sin embargo, esta posición de liderazgo extractivo no se ha conectado de manera significativa con los esfuerzos de innovación, investigación y eslabonamientos productivos. Luego de 35 años de explotación del Salar de Atacama y de la transferencia de tecnología de los procesos de explotación en la salmuera introducida por Foote Mineral (hoy Albemarle) y adoptada por SQM a sus proyectos productivos, además de la formación de capacidades locales y la optimización e innovación de sus procesos con el desarrollo de patentes propias, no ha existido una vinculación significativa con el entorno universitario y científico nacional para avanzar en la investigación y desarrollo de procesos industriales en la cadena de valor del litio. Las desemejanzas que existen entre los intereses e incentivos de SQM o Albemarle en la aplicación de la cláusula de valor agregado frente a los de los fabricantes especializados son un desafío en el corto y largo plazo, y requerirán de relaciones innovadoras que busquen consolidar una vinculación de alianza entre las partes, en donde el rol de la CORFO será concluyente.

1. Licitaciones de valor agregado

En un contexto de consolidación de las megatendencias globales de transición energética y de las políticas globales contra el cambio climático (ver anexo 3) que impulsan la demanda de minerales críticos como el litio, luego de la suscripción de los contratos de la CORFO con las empresas Albemarle y SQM, y en virtud de la aplicación de la cláusula de "valor agregado"⁴⁵, la CORFO decidió realizar dos licitaciones por separado, una por cada uno de los contratos. En el caso de Albemarle, se realizó un

⁴³ En su desempeño desde que comenzó a indagar en los contratos del litio y descubrir las inconsistencias que dieron origen algunos años después a las disputas arbitrales con SQM, fue fortaleciendo sus capacidades tecno burocráticas y enfrentó el proceso de negociación con un equipo institucional sólido que aplicó una estrategia de negociación que tuvo sus frutos para el Estado.

⁴⁴ En el 2018 la china Tianqi compró el 24% de la participación en SQM.

⁴⁵ Precios preferentes de litio. En consonancia con los esfuerzos que realiza el Estado de Chile para atraer industrias que agreguen valor y produzcan en el país, Rockwood (hoy Albermarle), se obliga a que durante toda la vigencia del Convenio Básico (contrato original), y previa aprobación de la Corporación para cada caso, ofrecerá sus productos de litio al precio más bajo de paridad de mercado de exportación (FOB Puerto Chileno) de los últimos seis meses ("obligación de precio más favorable") a los productores especializados, públicos o privados) de productos de valor agregado incluyendo, entre otros, la producción de cátodos de litio, componentes de baterías de litio y sales de litio, que desarrollen sus labores de producción en Chile (Productores Especializados establecidos en Chile). Se considerarán productores especializados establecidos en Chile las empresas que hayan desarrollado o adquirido tecnología que les permita desarrollar productos de valor agregado, como los ya señalados, en base a lo producido por Rockwood (hoy Albemarle) en virtud de este Anexo. En consecuencia, en ningún caso la venta preferente se podrá destinar por los Productores Especializados establecidos en Chile o sus filiales a la comercialización de productos tales como carbonato de litio, hidróxido de litio, o cloruro de litio en cualquiera de sus cualidades. La Obligación de Precio más Favorable no podrá exceder inicialmente del 15% de la capacidad anual de producción teórica (Apéndice VII) de los productos de hidróxido de litio, carbonato de litio y cloruro de litio. Una vez que se haya asignado el 15% antes señalado, dicho porcentaje será incrementado en tramos de 2,5%, anuales, hasta llegar a un 25% de la capacidad de producción teórica. Para hacer efectiva esta Opción, CORFO deberá indicar por escrito la o las empresas que califiquen como Productores Especializados establecidos en Chile, con una participación de al menos un año al inicio de estas ventas. (Contrato CORFO-Rockwood). Una cláusula similar se incluyó en el contrato de SQM.

llamado internacional durante el año 2017 en el que participaron 12 proyectos, se preseleccionaron a siete para una segunda etapa de evaluación⁴⁶ y se seleccionaron tres en marzo de 2018⁴⁷. No obstante, en julio de 2019, la CORFO anunció oficialmente el retiro de las tres empresas seleccionadas, esfumándose las expectativas de inversiones valoradas en USD\$ 750 millones que se habían anunciado en la selección de las empresas y fracasando la primera prueba que había ensayado la CORFO para dar un salto en la cadena de valor del litio en Chile.

El fracaso parece obedecer a una suma de factores. En primer lugar, y quizá el más importante, la falta de claridad en las bases de la licitación sobre el denominado precio preferente. Según entrevistas efectuadas a empresas participantes, las expectativas eran altas respecto de las ventajas que implicaría en el modelo de negocio un precio menor del litio en relación con el valor de mercado. Sin embargo, en la forma en que se definió finalmente el precio preferente no implicaba una ventaja competitiva significativa. Este acuerdo entre la CORFO y Albemarle respecto del precio preferente, que tomó varios meses y que casi termina en un arbitraje internacional, dilató el proceso. Desde que se lanzó la licitación en 2017 y el 2019 cuando fue posible terminar el concurso, las condiciones del mercado internacional del litio cambiaron drásticamente. La percepción de escasez del litio e incertidumbre desde el lado de la oferta que impulsó el crecimiento del precio y el apetito desde la demanda en los centros de fabricación por asegurar su provisión⁴⁸, se transformó en una sobreoferta del mineral que impactó en la demanda reduciendo su valor.

Una de las barreras de entrada que debían enfrentar las empresas que no tenían el desarrollo tecnológico propio eran los altos costos de las regalías por las patentes que se deben usar en el proceso de fabricación de materiales o elementos de la cadena de valor del litio, vinculados ineludiblemente a los estándares y requerimientos técnicos de los fabricantes del siguiente eslabón. De acuerdo con el exvicepresidente Ejecutivo de la CORFO, el rol de Albemarle en el fracaso de la licitación fue determinante, refiriéndose a la fijación del precio preferente, además de la supuesta falta de la CORFO en exigir por la vía arbitral el cumplimiento de las obligaciones de Albemarle⁴⁹.

En definitiva, los desafíos para las inversiones en la cadena de valor del litio son numerosos. El litio es solo una pequeña proporción del costo de las materias primas de una batería de ion litio (el 10% en el precio de 2019), sin que exista en Chile la oferta suficiente de otras materias primas como el níquel o el cobalto que tienen un importante impacto en la estructura de costos. Por otra parte, la inexistencia de un mercado laboral calificado para esta industria en particular y una cadena de provisión establecida y enfocada en Asia hacen que sea posiblemente necesario más que un incentivo de precio preferente para promover las inversiones productivas (CRU, 2019; Roskill, 2019b).

La participación de actores líderes a nivel mundial en las cadenas productivas de litio como Samsung SDI y Pohang Iron and Steel Company (POSCO), o de actores con conocimiento local como Molymet, líder mundial en la extracción de molibdeno, podía haber permitido contar con un grupo de actores que, sobre la base de sus capacidades tecno-productivas y comerciales, impulsaran una implementación exitosa de los procesos productivos de valor agregado del litio en Chile, logrando la vinculación con las capacidades locales y las redes de investigación e innovación nacionales e

⁴⁶ Entre las 7 preseleccionadas estaban TVEL Fuel Company of Rosatom (Rusia), Sichuan Fulin Industrial Group (China), Jiangmen Kanhoo Industry (China), Molymet (Chile), Gansu Daxiang Energy Technology (China), UMICORE (Bélgica), Samsung SDI (Corea).

⁴⁷ Samsung SDI y Pohang Iron and Steel Company (POSCO), la empresa China Sichuan Fulin Industrial Group y la empresa chilena Molymet.

⁴⁸ A partir de 2015, con el auge de la electromovilidad el precio nuevamente tuvo un fuerte impulso, pasando de un valor promedio de USD\$ 5,800/ton., a un valor promedio en 2016 de US\$ 7.700/ton, y a USD\$ 13,700/ton., en 2017. Esto para los contratos a largo plazo, mientras en el mercado spot se observaron precios más altos en los mismos períodos, principalmente en el mercado chino y asiático (Corea del Sur y Japón). El precio spot del carbonato de litio grado batería y del hidróxido de litio grado batería, ambos CIF en China, en algunos períodos del 2016 superó la barrera de los US\$25.000/ton (Lagos, 2018).

⁴⁹ CNN Chile (2019) [disponible en línea] https://www.cnnchile.com/programas-completos/360-chile-nos-farreamos-el-litio_20190801/.

internacionales. Es pertinente recordar que Samsung SDI, Pohang Iron and Steel Company (POSCO) fue parte del consorcio coreano-japonés POSCO CONSORTIUM que participó en la licitación para el Contrato Especial de Operación para la Exploración, Explotación y Beneficio de Yacimientos de Litio (CEOL) de 2012, inicialmente adjudicada a SQM y finalmente anulada. Este interés reiterado de las empresas coreanas en la extracción y en la fabricación de componentes de litio en Chile, puede ser positiva para el proceso en marcha. Desde otra perspectiva, la falta de concreción de las dos iniciativas del Estado de Chile en la atracción de inversiones, en un primer momento para la explotación del mineral en 2012 y posteriormente para la instalación de fabricantes especializados en 2017, puede minar la confianza de las empresas internacionales frente a nuevos proyectos del gobierno.

El gobierno de Chile, en la cláusula de valor agregado (Precios Preferentes del Litio), definió expresamente lo que se consideraría agregar valor al litio, definiendo la producción de cátodos de litio, componentes de baterías de litio y sales de litio, y excluyendo la posibilidad de que el incentivo de precio se pueda destinar a la comercialización de productos como el hidróxido de litio, o cloruro de litio en cualquiera de sus cualidades. Sin embargo, en el contrato con Rockwood (hoy Albemarle) se consideró la opción de una cuota extra (a la adicional de 262.132TM de LME) de producción sujeta a la condición de construir una planta de hidróxido de litio grado batería. Este incentivo se dio considerando que al momento de negociación del contrato -inclusive al 2019- la única capacidad instalada de producción de hidróxido de litio en Chile es de la empresa SQM, mientras que Albemarle mantiene su capacidad productiva de hidróxido de litio fuera de Chile.

En abril de 2019, la CORFO y la Agencia de Promoción de Inversiones de Chile realizaron la segunda convocatoria para la instalación de productores especializados en la cadena de valor del litio, esta vez utilizando como insumo los productos de litio que produce SQM (carbonato e hidróxido de litio) con un precio preferente hasta el año 2030⁵⁰. De acuerdo con el cronograma del llamado internacional, las propuestas debían ser entregadas en marzo de 2020 (antes enero). En este caso, ya se definió oportunamente el precio preferente, la disponibilidad de productos y los tiempos de provisión. Sin embargo, a decir de las empresas entrevistadas, no existe mayor variación respecto de las condiciones del proceso fallido y, en este caso, el incentivo parece aún menos atractivo si se considera la estructura comercial de SQM y la corta temporalidad del beneficio, de seis a siete años. Como un guiño complementario a este incentivo, en la primera licitación de I+D, de la que se hablará más adelante, se estableció una especie de subsidio cruzado a favor del eventual ganador de esta licitación de valor agregado, que consistía en la obligación de destinar al menos un 10% (USD\$ 19,3 millones) del aporte de I+D entregado por SQM para actividades de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, asistencia tecnológica y técnica especializada, cuyos beneficiarios principales serán aquellos que la CORFO seleccione como fabricantes especializados.

En junio de 2020, CORFO anunció la adjudicación a la empresa chilena Nanotec (única oferta) para convertirse en productor especializado y dar valor agregado al litio. El proyecto presentado a CORFO consiste en producir nanopartículas de litio y aditivos, los que posibilitarán el desarrollo de baterías más livianas, flexibles, de carga más eficiente y mayor rendimiento, aplicables a teléfonos celulares, sensores, y dispositivos médicos, entre otros. El proyecto deberá estar en capacidad para producir nanopartículas de litio en un plazo de dos años, y la nueva infraestructura que Nanotec deberá materializar en un plazo de tres años estará ubicada en San Bernardo, Región Metropolitana⁵¹. Nanotec es una empresa nacional con actividades desde 2010 en el campo de la nanotecnología aplicada, con un

⁵⁰ La licitación prevé un volumen inicial de 12.800 toneladas de carbonato de litio (Li₂CO₃) y 900 toneladas de hidróxido de litio (LiOH), que se irán incrementando hasta un volumen de 27.500 toneladas de Li₂CO₃ y 1.500 toneladas de LiOH a partir del año 2025, dando un total de 243.870 toneladas de Li₂CO₃ y 13.500 toneladas de LiOH.

⁵¹ Para mayor información sobre este proyecto y sus plazos de funcionamiento véase el siguiente enlace [fecha consulta: junio de 2020]: https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476726078582&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FCorfoDetalleNoticiaNacionalWeb.

enfoque en la I+D y la producción de nanocompuestos de cobre⁵². La adjudicación a una empresa local sin las capacidades tecnológicas, productivas y comerciales de los grandes fabricantes internacionales en los distintos eslabones de la cadena del litio no cumple con las aspiraciones iniciales que había proyectado el gobierno de Chile al diseñar e impulsar los procesos. Sin embargo, abre un espacio para el impulso de las capacidades locales en un mercado de nicho.

El poco interés en este proceso parece previsible considerando los pocos ajustes realizados por la CORFO en los términos de la licitación y la no variación de la estructura del mercado internacional del litio desde el fracaso de la licitación anterior. A esto se debe agregar la desconfianza de la industria por la falta de claridad anterior, el contexto local afectado por la incertidumbre que trajo el proceso social y político en el que transita Chile desde octubre de 2019 y la pandemia global del COVID-19 desde inicios de 2020.

2. Licitaciones de investigación y desarrollo (I+D)

En otro frente, de conformidad con la cláusula de I+D⁵³, la CORFO, dentro de la estrategia de implementación de lo estipulado en cada uno de los contratos, definió hasta el momento la ejecución de tres proyectos. El primero, denominado Instituto de Tecnologías Limpias (ITL) con aportes provenientes del contrato de SQM, el segundo denominado Centro Tecnológico para la Economía Circular, y el tercero, el Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad en Chile. Estos dos últimos con fondos del contrato de Albemarle. De acuerdo con las cifras que constan en los contratos de Albemarle y SQM el valor de las aportaciones de I+D disponibles hasta el 2030 alcanzan USD\$355 millones⁵⁴.

En el primer caso, la CORFO publicó en noviembre de 2018 una convocatoria para la instalación de un instituto tecnológico de energía solar, minería de bajas emisiones y materiales avanzados de litio y otros minerales. La entidad que resulte ganadora de este proceso recibirá en el período 2020-2030, USD\$ 193,4 millones provenientes del contrato de SQM, y deberá aportar un 30% de cofinanciamiento privado, para cada una de las etapas de implementación hasta el 2030, constituyéndose de esta forma en la mayor inversión de cofinanciamiento en investigación aplicada hecha en Chile.

⁵² [En línea] <http://www.nanotecchile.com/>. Fecha de consulta [junio de 2020].

⁵³ Esfuerzos de Investigación y Desarrollo en Chile. A partir del año 2018 y durante toda la Vigencia del Contrato, la Sociedad (SQM) se obliga unilateral e irrevocablemente a aportar anualmente recursos para investigación y desarrollo en los términos de esta Cláusula (los Aportes I+D). Los aportes I+D deberán efectuarse a uno o más institutos tecnológicos y/o entidades de investigación y desarrollo tecnológico, públicos o privados sin fines de lucro, que lleven a cabo actividades de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, asistencia tecnológica y técnica especializada, difusión tecnológica o generación de investigación e información de apoyo a la regulación y a las políticas públicas cuyo propósito sea principalmente: (i) estudios, investigación y el desarrollo de tecnología que se centre en uso y/o aplicación de energía solar, sales de litio o de las sales y productos de las pertenencias; minería no metálica; o aprovechamiento de la energía solar, minería metálica baja en emisiones, complementaria a la industria del litio en el desarrollo de baterías; (ii) estudios, investigación y el desarrollo de tecnología de industrias complementarias a la del litio en el desarrollo de la electro movilidad y fuentes de almacenamiento de energía estacionaria. Esto incluye a la minería metálica y no metálica cuyos productos son utilizados para el desarrollo de la electromovilidad, el almacenamiento de energía eléctrica, desarrollo minero sustentable y bajo en emisiones, para la generación de componentes certificados para la electromovilidad que faciliten la penetración de energías intermitentes, que en definitiva demandan baterías de litio (las Entidades I+D). La Sociedad (SQM) reconoce en CORFO la experiencia y conocimiento para determinar las Entidades por medio de las cuales se van a canalizar los aportes El Aporte I+D podrá destinarse solo a aquellas Entidades I+D en las cuales tenga representación, participación o de algún modo injerencia en su administración, representantes de universidades y/o órganos de la Administración del Estado. El Consejo de CORFO, al determinar las Entidades I+D establecerá el plazo por el cual deberán recibir el Aporte I+D, el que no podrá ser superior a diez años o al plazo que le reste a la vigencia del contrato y las finalidades a las que se aplicarán los fondos (Contrato de CORFO con SQM). Una cláusula similar se acordó en el contrato con Rockwood (hoy Albemarle) con la obligación vigente hasta el 2043.

⁵⁴ El plazo del contrato de Albemarle es hasta el 2043. En el contrato de SQM hasta el 2030.

En marzo de 2020 se presentaron cuatro propuestas de distintos consorcios para desarrollar el denominado Instituto de Tecnología Limpia (ITL)⁵⁵. La adjudicación se efectuó en enero de 2021 a favor de un consorcio liderado por la Associated Universities Inc. (AUI)⁵⁶, e intergado por varias universidades de Estados Unidos y algunas universidades privadas de Chile, además de empresas del sector energético. La adjudicación fue impugnada judicialmente por otro de los competidores, el consorcio liderado por la Corporación Alta Ley, en la que participan la Asociación de Industriales de Antofagasta, las principales universidades del país, empresas del sector energético y minero, y centros de investigación vinculados a la energía y minería. Sin embargo, la CORFO defendió su decisión e informó que continuará con la implementación de lo resuelto.

Una de las características del ITL es su orientación más hacia la industria que al mundo académico. Se espera que el Directorio tenga 7 miembros, de entre los cuales 1 deberá ser representante de alguna universidad. El resto del Directorio deberá estar compuesto por 3 representantes del sector privado —excluidos de estos las universidades o institutos profesionales, o centros de formación técnica— y un representante de los socios fundadores. Los dos miembros restantes del directorio deberán ser representantes del presidente de la República. El Directorio, de acuerdo con las bases del concurso, será el encargado de definir la dirección estratégica del Instituto, aprobando las políticas, planes y directrices generales de éste, así como la propuesta a desarrollar.

De acuerdo al diseño del proceso, el ITL tendrá un enfoque más cercano a la investigación aplicada, y deberá asegurar la provisión de los servicios de pilotaje industrial, de pruebas y demostración de tecnologías, creación y validación de prototipos, así como I+D bajo contrato (*contract research*) u otro servicio tecnológico, usando sus capacidades de infraestructura y profesionales propios y la articulación con terceros potenciales asociados, con especial énfasis en garantizar amplio acceso de empresas de menor tamaño, emprendimientos tecnológicos y otras entidades de I+D+i.

La conformación de un instituto o centro de investigaciones vinculado al litio ha sido una inquietud histórica en el quehacer de la política pública de Chile. El primer vestigio se observa en las bases de la licitación que impulsó el Comité de Sales Mixtas en 1983 —que fue adjudicado a MINSAL (antecedente de la operación de SQM)— con la obligación del adjudicatario de pagar a la CORFO el 0,8% sobre el valor bruto de las ventas de las sales de litio para el financiamiento de investigaciones sobre el litio en Chile. Esto se reflejó en el Convenio Base que suscribió la CORFO con MINSAL en donde se estableció que “la contribución de la sociedad al financiamiento de los planes de investigaciones del litio estará comprendida dentro de la suma de regalías (6,8%) que se pagarán a la CORFO por la venta de productos de litio”. Esta regalía estuvo vigente hasta la renegociación del contrato en 2018. Posteriormente, en 1986, el interés del Estado por impulsar la investigación y desarrollo de tecnología en el litio se manifestó en la aprobación de la cuota de exportación de la CCHEN a la entonces MINSAL (antecedente de la operación actual de SQM), en donde recomienda que con el objeto de incrementar el valor agregado del litio que se extraiga del Salar de Atacama, la sociedad MINSAL a través de la CORFO, se compromete a contribuir con aportes anuales de financiamiento a un Centro de Investigaciones de Litio (Lagos, 2018). Más tarde, en la ratificación de los convenios entre la CORFO y SQM en 1995 se hicieron recomendaciones para financiar un futuro centro de investigaciones de litio mediante los montos de arriendo e impuestos cobrados a SQM.

Posteriormente, en 2009, cuando empezaba el debate del litio en Chile, la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) emitió un primer informe con un análisis estratégico sobre política pública del litio, sugiriendo la creación de una institucionalidad pública privada que permitiera desarrollar y administrar proyectos de transferencia tecnológica, atracción de capitales, y seguimiento de la industria y mercado

⁵⁵ Véase: https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476725789962&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FcorfoDetalleNoticiaNacionalWeb. Fecha de consulta: mayo de 2020.

⁵⁶ Una organización internacional experta en el diseño, construcción y gestión de las facilidades necesarias para la implementación de centros de investigación científica.

del litio, entre otras recomendaciones (COCHILCO, 2009). Finalmente, en el marco del Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM), que más adelante se explicará, en uno de los ejes de ejecución de la Hoja de Ruta Tecnológica (HRT) se diseñó la creación de un instituto de transición energética con la incorporación del litio y del cobre como elementos críticos de este proceso, propuesta institucional que fue considerada por la CORFO en la licitación del ITL en 2018.

Con otra mirada estratégica, la CORFO ha decidido dividir las posibles iniciativas provenientes del contrato de Albemarle para I+D hasta el momento en dos iniciativas. Para la primera, en junio 2019, hizo un llamado con una fracción de estos recursos para la creación de un "Centro Tecnológico para la Economía Circular" (CTEC). El objetivo de este Centro es, por una parte, resolver las brechas de infraestructura, equipamiento tecnológico y demanda por innovación, y por otra, activar, diversificar y sofisticar la oferta actual de productos y servicios de alto valor y potencial de mercado. De acuerdo con la convocatoria, el Centro deberá focalizar sus esfuerzos en la implantación de modelos de economía circular en torno a la energía solar, las baterías de litio y el almacenamiento de energía, la minería metálica y no metálica, y estudios e investigaciones aplicadas en las áreas señaladas. En octubre de 2019, la CORFO adjudicó el proyecto a un consorcio liderado por el Centro de Innovación para la Economía Circular de Iquique (CIEC) e integrado por 11 entidades (entre ellas varias universidades). En marzo de 2021 la Corporación Centro Tecnológico de Economía Circular anunció el inicio de sus operaciones.

El nuevo centro que se ubicará en Iquique contará con un presupuesto para los próximos diez años de USD\$ 21 millones, de los cuales USD\$ 10 millones provendrán del cumplimiento de la cláusula de I+D del contrato de Albemarle y el resto será aportado por el Gobierno Regional, el sector privado, las universidades y los centros de investigación. Esta nueva apuesta de la CORFO se encuentra incorporada en sus diversos esfuerzos realizados en materia de economía circular a través de otros programas en años anteriores⁵⁷.

En una segunda convocatoria efectuada en febrero de 2020, con financiamiento de la cláusula de I+D del contrato de Albemarle, se invitó a entidades de investigación y desarrollo tecnológico, público o privado sin fines de lucro, a presentar propuestas para la conformación del "Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad en Chile", el cual estará orientado a contribuir a la aceleración de los procesos de adopción de la electromovilidad, mediante un enfoque en los problemas, requerimientos y soluciones particulares para su desarrollo e implementación. De esta manera, se espera también potenciar el mercado de tecnologías que utilizan cobre y litio. De acuerdo con el llamado público, el programa tendrá una duración de cinco años, el centro recibirá financiamiento de hasta USD\$ 7 millones con un 20% de cofinanciamiento privado del valor total de la propuesta. En mayo de 2020, esta iniciativa que es desarrollada junto a los Ministerios de Energía y al de Transportes y Telecomunicaciones, recibió las ofertas de 2 consorcios. La primera denominada Centro Nacional de Electromovilidad liderado por la Universidad Técnica Federico Santa María y que agrupa a diez universidades más y a varios centros de investigación, empresas del sector energético y a varias organizaciones no gubernamentales. La segunda denominada Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad - CASE, liderada por la Universidad de Chile y que agrupa en menor número a varias universidades y empresas de distintos sectores. En diciembre de 2020, la CORFO anunció la adjudicación al segundo consorcio CASE.

Esta iniciativa se enmarca dentro los esfuerzos de Chile por liderar a nivel regional los sistemas de transporte terrestre eléctricos. A nivel global, después de varias ciudades chinas, Santiago es la ciudad con más buses de transporte público eléctricos en el mundo, 400 (6% de la flota) al 2020 (AIE, 2020), y con metas del 100% del transporte público y 40% de vehículos livianos eléctricos en su parque automotor al 2050. Estas

⁵⁷ En el año 2018, CORFO lanzó su primer programa de Economía Circular: "Prototipos de Innovación en Economía Circular" y la Aceleradora de emprendimientos de triple impacto "Huella", así como el Programa de Capital Humano "Ecodiseño para los Desafíos de la Ley REP" y el diseño de FOCAL B Apoyo para Certificación de Empresas B, los cuales se suman a los programas enfocados en el desarrollo sostenible social y/o medioambiental, tales como SSAF Social e Innova Social, para potenciar la cocreación de innovaciones y/o nuevas prácticas de impacto social.

metas son parte de la Estrategia Nacional de Electromovilidad anunciada por el Gobierno en agosto de 2017 y el compromiso público privado suscrito por los Ministerios de Ambiente, Energía y Transporte con varias empresas e instituciones, para impulsar la electromovilidad, aumentando la oferta de vehículos eléctricos, la disponibilidad de estaciones de carga, el desarrollo de proyectos de investigación, la formación de capital humano y la promoción de instancias de colaboración. Este compromiso ha sido varias veces actualizado, siendo su última versión la de abril de 2021.

En el caso del ITL y del CTEC, se observa una mirada de descentralización hacia las regiones. De acuerdo con las bases de las licitaciones, el ITL deberá ser instalado en la Región de Antofagasta, mientras que el CTEC estará en la denominada Macrozona Norte del país que comprende la Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta y Región de Atacama. Esta ha sido una aspiración permanente de las autoridades regionales de las provincias y ciudades mineras que consideran un derecho legítimo de sus territorios considerando que ahí se encuentran los principales yacimientos de cobre, las reservas de litio más grandes del mundo y el alto potencial de energía solar con el que cuenta el país.

La regionalización, desde una mirada optimista de descentralización de los beneficios económicos de la minería, ve como positivo reducir en algo la característica centralista de poder político, económico, cultural y de investigación y desarrollo de la Región Metropolitana de Santiago. Desde otra perspectiva, las tensiones generadas por las autoridades regionales para reclamar recursos financieros de las regalías o impuestos mineros⁵⁸ suponen una variable más a la ya compleja estrategia de atracción de fabricantes especializados o institutos de investigación de clase mundial. Parte de la matriz de decisión de los actores internacionales es el análisis de los bienes públicos disponibles, la infraestructura, los recursos humanos calificados, y las redes científicas de la zona a la que deberán eventualmente desplazarse.

Los esfuerzos que viene impulsando el Gobierno a través de las convocatorias a fabricantes especializados y a centros de investigación y desarrollo tecnológico, vinculados a la minería del litio, hasta el momento registran un intento fallido en la primera licitación y una adjudicación a una empresa local de nanotecnología en la segunda licitación a productores de insumos con valor agregado en la cadena. Además de la adjudicación del Instituto de Tecnologías Limpias, del centro de economía circular CTEC y del centro de electromovilidad CASE. La implementación de estas tres iniciativas empezará durante el año 2021, siendo ahora muy pronto para evaluar su impacto.

El caso del ITL es el que mayores expectativas de éxito genera. La creación de una institución que nace con una importante asignación de recursos y que ha convocado a una diversidad de actores consorciados puede ser un pilar institucional en el futuro. La coordinación en un ecosistema amplio de actores en una estrategia energético-minera-productiva a largo plazo facilitará la incorporación de Chile en las redes tecnológico-productivas. Estas capacidades institucionales se requerirán además en el marco de los desafíos futuros que debe afrontar Chile en tendencias con mucho potencial para el país como el hidrógeno verde, un sector energético vinculado a la energía renovable, que ahora se encuentran en una etapa más temprana de desarrollo científico y tecnológico.

Antes de estas convocatorias internacionales, Chile había hecho algunos esfuerzos aislados y sin resultados destacados que puedan significar un salto cognitivo en la línea de investigación y desarrollo del litio. Los inicios de Chile en la exploración del litio desde la década de los años 70 y posteriormente su explotación a partir de los años 80 y 90 permitieron, según Lagos (2012), el desarrollo de una suerte de pequeña red nacional de expertos en litio integrada por una veintena de geólogos e ingenieros civiles, químicos y en minas, formados en las universidades tradicionales de Chile y posteriormente vinculados

⁵⁸ En el debate de la regalía minera y posterior IEAM aprobado en 2005 fue parte del debate sin lograrse una aprobación de recursos a favor de los gobiernos subnacionales. En 2011, en la coyuntura del terremoto de 2010, durante la revisión del IEAM se creó temporalmente (2011-2014) el Fondo de Inversión de Reconversión Regional para el financiamiento de obras de desarrollo de los gobiernos regionales y municipalidades del país, asignando un tercio del total a las regiones mineras.

a los institutos de investigación geológica, a la CORFO y a las empresas litíferas que operaban en esa época. La investigación, al igual que el modelo de negocios implementado por las empresas que operan en los salares, estuvo orientada a la producción local de carbonato de litio para el posterior refinamiento y procesamiento de sus derivados en el exterior, y su utilización en los productos intermedios y finales de consumo. Posteriormente, con el aumento del interés global por el litio y con el debate sobre la política pública del litio iniciado en Chile en la segunda mitad de la década de los años 2000, los actores locales vinculados a las redes de investigación científica y tecnológica tuvieron la motivación para impulsar una nueva dinámica socio tecnológica que, sobre la base de la unión de intereses y recursos de los sectores público, privado y academia, dinamizará, por una parte, la investigación de base y aplicada para la optimización de procesos de extracción y operación y, por otro lado, el desarrollo de procesos de industrialización del litio, con el objetivo de incorporarse en la cadena de valor aguas abajo hasta llegar a producir baterías de ion litio.

En ese marco, desde la década de 2010 se han anunciado algunos esfuerzos público-privados investigativos y productivos, sin que hasta el momento se haya concretado la localización de un proceso productivo en alguno de los eslabones de la cadena del litio, distinto al carbonato de litio y al hidróxido de litio producidos por Albemarle y SQM. En 2014, la Universidad de Chile, a través del Centro de Innovación del Litio (CIL) (creado hace cuatro años con líneas de investigación sobre el uso del litio en baterías de avanzada con la concurrencia de Rockwood y SQM), anunció la primera batería eléctrica chilena llamada Elibatt 4.0, desarrollada en conjunto con profesionales de las empresas Cero Motors, Conversiones San José Ltda. y Possumus y Tinnet, sin que la instalación de la fábrica haya prosperado.

Otro esfuerzo es el del Centro de Investigación Avanzada del Litio y Minerales Industriales, de la Universidad de Antofagasta, que lidera un proyecto financiado por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de la Comisión Nacional Científica y Tecnológica (CONICYT), para la fabricación de un prototipo de batería ion litio, empleando compuestos del mineral del Salar de Atacama para desarrollar nuevos materiales con mayor capacidad de carga y estabilidad térmica. El centro también trabaja en desarrollar nuevos materiales activos catódicos a partir de compuestos del litio, con miras a desarrollar nuevas tecnologías que permitan obtener directamente hidróxido de litio a partir de salmueras, saltándose el uso de carbonato de litio, abaratando de esta forma los costos de producción.

En 2016, el Centro de Innovación de la Pontificia Universidad Católica anunció un convenio con Rockwood Lithium (hoy Albemarle) para investigación aplicada, por una parte, en la creación de mecanismos que promuevan el desarrollo de materiales avanzados para el almacenamiento de energía usando sales de litio y nuevas tecnologías para la extracción de litio grado batería, y por otro, centrado en la optimización de los procesos de extracción⁵⁹.

A manera de síntesis, se observa que luego de la renuncia del Estado a su participación directa en la producción de litio ocurrida entre las décadas de los años 80 y 90, el hito más importante en la gobernanza del litio hasta la actualidad fueron las reformas de los contratos de Albemarle y SQM. En los contratos se incluyeron condiciones innovadoras en materia de política pública en aspectos de apropiación y uso de la renta minera, descentralización de recursos hacia los gobiernos subnacionales y las comunidades, compromisos de las empresas con la innovación, la investigación y el desarrollo de tecnologías y producción especializada del litio. A partir de estas obligaciones el Estado va asumiendo un nuevo rol más protagónico en la rectoría, control y fiscalización, y en la orientación de políticas hacia el desarrollo de encadenamientos productivos y en las actividades de investigación y desarrollo asociadas.

Con el propósito de avanzar en un desarrollo integral de la cadena de valor y las labores científicas de investigación vinculadas al litio, Chile implementó un régimen normativo convergente entre las actividades extractivas y aquellas de tipo productivo, orientado a generar condiciones para la localización de actividades de innovación y techno-productivas. El espacio de políticas para el desarrollo

⁵⁹ Para mayor información [en línea] <https://www.terram.cl/2017/04/litio-el-deasfio-de-generar-una-nueva-industria/>.

de actividades científicas aplicadas y productivas aguas abajo está generado por las condiciones fijadas en los nuevos convenios negociados con SQM y Albemarle. Este marco normativo le ha otorgado mayor flexibilidad y poder al Estado chileno que ha orientado estrategias con una mayor apuesta de recursos e incentivos focalizada sin dejar de lado el modelo de mercado que le caracteriza a Chile. Como lo afirman Obaya y Pascuini (2020), las características del marco normativo definen el tipo de relacionamiento entre el Estado y el mercado, el alcance de las competencias de los actores en relación con el recurso y las condiciones de acceso y uso del mineral en las distintas cadenas de valor que utilizan el litio como insumo, constituyéndose en elementos centrales en la configuración del espacio de incidencia en la construcción de política pública.

Para complementar la comprensión del proceso de elaboración de políticas públicas de innovación y valor agregado del litio, es necesario a continuación efectuar un breve repaso de los esfuerzos realizados en Chile a partir del auge de los precios de las materias primas, en materia de estrategias, programas, leyes, fondos y reformas institucionales.

IV. La incubación de la investigación, el desarrollo y la innovación en la minería: políticas horizontales

Chile ha implementado una serie de políticas y estrategias transversales u horizontales enfocadas en el mejoramiento de las capacidades y habilidades locales, y en la investigación y desarrollo científico y tecnológico, con resultados que no le han permitido desplazarse hacia el desarrollo de nuevas capacidades científico-tecnológicas que impacten de manera significativa en su economía. Mantuvo un enfoque lineal de oferta de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, con un rol fuerte del Estado, durante el período de sustitución de importaciones. Luego, durante las décadas de los años 80 y 90, en el período de reformas de apertura comercial, liberalización y reducción del tamaño del Estado, impulsó un enfoque lineal desde la demanda, con un rol protagónico de los actores privados y el mercado en la definición e impulso de las estrategias en términos de tecnología e innovación. Finalmente, a partir del nuevo milenio, ha tenido un enfoque más sistémico de la innovación con políticas en las que el gobierno asume un rol más activo, sin ser protagónico, de coordinación y articulación del sistema junto con las empresas y la academia (Cimoli y otros, 2007; Padilla, 2014; IGF, 2018b).

En un entorno global socio tecnológico en permanente evolución y en un contexto de cambio interno con nuevas aspiraciones y necesidades de la sociedad, las políticas de innovación e investigación adoptadas por Chile a partir del nuevo milenio han estado enfocadas en: i) reformas a la institucionalidad para hacer más efectiva la asignación y coordinación de recursos; ii) establecimiento de aportes financieros desde el Estado hacia las iniciativas públicas y público-privadas en materia de desarrollo de capacidades locales, innovación, e investigación científica; iii) incentivos al emprendimiento, la innovación y la investigación; y, iv) la creación de programas específicos para implementar las diferentes estrategias.

Las reformas institucionales se dieron en 2005 con la creación del Consejo Nacional de Innovación y Competitividad —hoy Consejo Nacional de Innovación y Desarrollo (CNID)—, como un órgano asesor de la Presidencia para la identificación y priorización en las estrategias de políticas públicas de innovación. En 2015, en el marco de la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento del Ministerio de Economía, y siguiendo la experiencia australiana, se creó la Comisión Nacional de Productividad como un órgano

consultor en materias de productividad y competitividad. Posteriormente, en el marco de los lineamientos estratégicos del informe de la Comisión: Ciencia para el desarrollo de Chile⁶⁰, presentados en 2015 juntamente con el CNID, se creó en 2018 el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI), con la finalidad de dar orden, orientar y fortalecer el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. A decir de Jiménez (2019), el modelo de institucionalidad de ciencia, tecnología e innovación (CTI), a pesar de los importantes esfuerzos y avances en el fortalecimiento de capacidades y la curva de aprendizaje institucional en las redes de investigación, ha resultado disperso, sin un responsable claro en la elaboración de políticas públicas y con programas e instrumentos no articulados entre sí.

El establecimiento de fondos para financiar programas y proyectos en innovación se dio, por una parte, a través de la creación del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) en 2006, originariamente vinculado en el espíritu de la ley al Impuesto Específico a la Actividad Minera (IEAM), aunque en la práctica alimentado por recursos del Presupuesto General del Estado⁶¹ e implementado a través de la CORFO y la CONICYT. Esta primera experiencia, que no tuvo los resultados previstos, no se repitió una década más tarde en el caso de la negociación de los nuevos contratos de CORFO con Albemarle y SQM, en donde, en una arena más técnica, como se observó en el capítulo anterior, se logró fijar las regalías a favor del Estado y las comunidades y los aportes financieros a favor de la investigación y desarrollo.

En 2015, en el contexto de la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento del Ministerio de Economía, se creó el Fondo de Inversión Estratégica (FIE) como un instrumento de financiamiento de proyectos estratégicos que contribuyan a la innovación y a la diversificación de la base productiva.

En 2008, en el contexto de la Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad (2007), desarrollada por la CNID, y con la finalidad de fortalecer los recursos humanos e impulsar la innovación en las empresas, se aprobó la denominada Ley de I+D (Ley N°20.241) sobre Incentivos Tributarios a la Inversión Privada en I+D, con el objeto de contribuir a mejorar la capacidad competitiva de las empresas chilenas al establecer un incentivo que otorga un crédito tributario de un 35% de los recursos destinados a actividades de I+D. Sin embargo, debido a que los resultados no fueron los esperados, en 2012 se promulgó la Ley N°20.570 con el fin de resolver las deficiencias en el diseño del sistema de incentivos, ampliar el alcance de los créditos tributarios, e impulsar las alianzas con empresas y centros de investigación nacionales e internacionales. Estos incentivos se vincularon a los programas de desarrollo de *clusters* liderados por la CORFO. Las empresas mineras se han beneficiado del 50% del total de créditos tributarios certificados por la CORFO.

En otro frente, Chile ha venido actualizando sus políticas para favorecer el desarrollo de negocios y, en especial, para crear un entorno colaborativo apropiado para las *startups*. Así, en 2014, se aprobaron tres reformas legales orientadas a mejorar el entorno y generar incentivos para los nuevos emprendimientos. Dentro de los programas creados por el gobierno, se encuentra Startup Chile, iniciada hace una década, y que actualmente es la aceleradora de negocios líder de Latinoamérica y ha acogido a más de 1,900 startups provenientes de 85 países⁶². Esta iniciativa, sumada a las demás políticas horizontales antes mencionadas, le ha permitido a Chile liderar indicadores de emprendimiento a nivel mundial y estar entre los cuatro primeros países con mayor cantidad de startups en minería, luego de Australia, Estados Unidos y Canadá. Santiago es la ciudad líder mundial con más startups mineras en operación, superando a ciudades como Brisbane, Perth y Toronto⁶³.

⁶⁰ La Comisión Asesora Presidencial fue creada en enero de 2015 por la presidenta Michelle Bachelet, integrada por 35 expertos ligados a la materia con el objetivo principal de entregar una propuesta para fortalecer la ciencia en Chile, para que la investigación científica se constituya en un pilar del desarrollo nacional y permita la inserción internacional del país.

⁶¹ En los hechos no ha existido una correspondencia entre los recursos captados por el IEAM y los fondos asignados al FIC, a pesar de que a través de los años ambas partidas han tendido a asemejarse (Correa, 2016).

⁶² Fuente: CORFO [en línea] https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/09_04_2020_start-up_chile_a_10_anos_de_su_creacion.

⁶³ Para mayor información [en línea] <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=554755>.

Como parte de la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento del Ministerio de Economía propuesta en 2014, se crearon los Programas Estratégicos a cargo de la CORFO, como un conjunto de iniciativas para propiciar la diversificación económica con un enfoque de especialización e innovación tecnológica. Uno de ellos en el sector de minería es el Programa Alta Ley que se analizará luego.

También se crearon centros científicos y tecnológicos como parte de las iniciativas de investigación para la innovación que articulan a la academia con el sector privado y constituyen una oportunidad para la creación de conocimiento aplicado. El financiamiento de estos centros de investigación fue parte del Programa de Atracción de Centros de Excelencia impulsado por la CORFO y el Ministerio de Economía, que tenía como objetivo atraer centros de investigación internacionales y generar alianzas estratégicas con actores locales académicos y productivos y generar investigación aplicada orientada a los procesos productivos, las cadenas de valor y el desarrollo de capacidades locales. En el sector minero existen en la actualidad varios centros de investigación de prestigio internacional como el *Sustainable Minerals Institute* (SMI) de la Universidad de Queensland, *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO) del gobierno federal de Australia, *Fraunhofer* de Alemania y el Centro Avanzado de Tecnología para la Minería de la Universidad de Chile (AMTC). Si bien los centros han permitido establecer un potencial estímulo a la investigación, desarrollo e innovación y mejorar en algo los vínculos entre la investigación y las necesidades de la industria, todavía no cumplen con los principales objetivos originalmente propuestos por CORFO que permitan un aporte significativo en el proceso de transformación, diversificación y sofisticación de la economía chilena (Prado, 2017).

En definitiva, pese a los múltiples esfuerzos que está realizando el país desde hace algunos años en materia de fomento de I+D+i a través de las distintas herramientas de política pública, el panorama todavía no es muy alentador. El número de investigadores dedicados a labores de I+D es todavía muy inferior al *stock* de investigadores que poseen otros países mineros como Australia y Canadá. Entre las restricciones se encuentra la inexistencia de espacios de prueba para que en condiciones reales de operación los proveedores puedan probar las soluciones y tecnologías desarrolladas, y la inexistencia de relaciones de abastecimiento “transaccionales” entre proveedores y compañías mineras.

A pesar del importante crecimiento económico, la reducción de la pobreza y la relativa estabilidad logrados en las últimas cuatro décadas, la economía de Chile todavía presenta grandes desafíos en materia de equidad, productividad, diversificación productiva en términos de actividades y mercados, capacidades locales en conexión con las necesidades del mercado laboral y una base más amplia de conocimiento. De acuerdo con la OECD (2018), la Productividad Total de los Factores (PTF) se ha mantenido constante desde 1990. Principalmente, por el declive constante de la productividad en la minería, a su vez afectada por el deterioro en la concentración de los minerales y un mayor consumo energético en los procesos productivos. De acuerdo con la misma fuente, las exportaciones de minerales en la última década representaron el 55% del total de envíos al exterior, con un bajo contenido de valor agregado comparado con otros países, y sin que se haya desarrollado un sector de servicios competitivo internacionalmente.

A pesar de lo avances logrados en términos de educación superior, Chile tiene un exceso de profesionales en áreas como administración de empresas y contabilidad y un déficit en profesionales de ingeniería y tecnologías de la información y comunicación. En uno de los indicadores convencionales asociado a la innovación (ver siguiente cuadro), Chile tiene el segundo nivel más bajo de I+D de los países de la OCDE. Destina apenas el 0,32% del PIB, mientras que los países OCDE alcanzan un 2,36% en promedio y países como Canadá, Australia y República de Corea llegan al 1,66%, 1,78% y al 4,29%, respectivamente. En otro indicador, el Índice de Innovación Global (GII por sus siglas en inglés)⁶⁴, Chile ocupa la posición 51 a nivel mundial en la medición de 2019. La inversión del sector privado (33%) en el total de gasto de I+D es menos

⁶⁴ El Global Innovation Index 2019 (GII), es coeditado por la Universidad de Cornell, INSEAD y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, una agencia especializada de las Naciones Unidas). El núcleo del Informe GII consiste en una clasificación de las capacidades y resultados de innovación de las economías mundiales.

de la mitad del promedio de los países OCDE (68%). Mientras en Australia 22.4 de 1,000 empleados y en Suecia 13.3 están dedicados a actividades de I+D, la cifra en Chile es de apenas 1.2. Esta falta de impulso a la innovación se ve reflejada claramente al comparar la inversión en este rubro de las empresas manufactureras; en el caso de Chile estas invierten el 0,4% del valor agregado de manufactura, mientras que en países como Australia y República de Corea invierten más del 9% (OCDE, 2020; Meller y Parodi, 2017; Korinek, 2020).

Cuadro 3
Inversión de I+D como porcentaje del producto interno bruto (PIB),
países seleccionados OCDE y otras economías (año, 2017)

Países	Porcentaje del PIB
México	0,32
Chile	0,35
Argentina	0,54
España	1,25
Portugal	1,31
Canadá	1,66
China	2,16
Australia	1,78
OCDE	2,36
Estados Unidos	2,81
Alemania	3,06
Japón	3,21
República de Corea	4,29
Israel	4,81

Fuente: Elaboración sobre la base de OECD, 2020 Data base: Main Science and Technology Indicators.

Está ampliamente estudiado y existe abundante evidencia que soporta la relación entre la innovación y el desarrollo. Nuevos productos, procesos y formas de organizar la producción cambian cuantitativa y cualitativamente la estructura de la economía y de la sociedad. En una economía global donde el conocimiento es uno de los principales activos, los procesos de aprendizaje, la generación y difusión de capacidades tecnológicas endógenas son elementos de base de la productividad de la economía, componente fundamental para un crecimiento económico sostenido que además contribuya a una mayor inclusión social y a una distribución del ingreso más equitativa. Estos procesos son específicos en cuanto al contexto geográfico, histórico y cultural donde interactúan diferentes agentes, empresas, institutos de investigación y universidades, y en donde las políticas públicas y las instituciones de apoyo a la tecnología e innovación desempeñan un papel fundamental. Por ende, para que haya innovación, además de un ambiente de negocios e inversiones estable, abierto y competitivo, se requiere: i) recursos humanos calificados e instituciones de formación e investigación de excelencia, ii) empresas que desarrollen proyectos innovadores y una estructura productiva que demande y genere conocimiento, e iii) inversión pública sostenida en un sistema eficiente de apoyo a la inversión en proyectos innovadores, que apoyen la coordinación entre los agentes y la difusión generalizada de los nuevos paradigmas tecnológicos entre las redes y grupos (CEPAL, 2010; CSIRO, 2014; OECD, 2018).

V. Buscando la salida del confinamiento productivo en la minería del cobre: políticas sectoriales

Entre los esfuerzos que en materia de encadenamientos en la minería del cobre ha venido ensayando desde hace varios años Chile, en alianza entre el sector privado y público, en este caso con una mirada “aguas arriba”, se destacan la Estrategia de Clúster Minero, el Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM), que posteriormente se transformó en la Plataforma de Innovación Abierta de la Minería (PIAM), y la Hoja de Ruta Tecnológica (HRT) 2035 del Programa Alta Ley.

La Estrategia de Cluster Minero impulsada durante el primer mandato de la presidenta Bachelet tuvo su origen en la Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad elaborada por el Consejo Nacional de la Innovación y Competitividad -hoy Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID)-, en 2007, sobre la base de los estudios de competitividad en *clusters* contratados con la firma internacional Boston Consulting Group. La Estrategia Nacional de Innovación partía del diagnóstico del agotamiento del modelo altamente dependiente de productos primarios con una muy baja diversificación exportadora y proponía una transformación productiva de la economía, sustentada en el capital humano y el conocimiento, en la generación de valor por la vía de la innovación y en la generación de ventajas comparativas dinámicas, todo esto teniendo como palanca los recursos naturales. La iniciativa fue conceptualizada bajo el paraguas de políticas verticales para el desarrollo productivo y se enfocó en ocho *clusters*, siendo uno de ellos el minero, con objetivos y metas estratégicas con un horizonte hasta el 2020. Posteriormente, en 2010 fue revisada y acotada por el siguiente gobierno que, con un signo político distinto, modificó el enfoque conceptual priorizando las políticas de carácter horizontal.

El PPCM nació en 2008 como una iniciativa privada de la empresa australiana BHP (operador a cargo de la mina Escondida, la más grande de cobre en Chile), a la que se unió en 2010 CODELCO (empresa estatal responsable de un tercio de la producción de cobre del país), ampliando la escala de la iniciativa y el potencial impacto en la base productiva nacional. Posteriormente, desde el lado del Estado se incorporaron el Ministerio de Minería y la CORFO, y desde la industria se sumaron otras empresas mineras y asociaciones gremiales. El objetivo del programa era desarrollar un sector de proveedores

mineros con un alto potencial exportador. Bajo la lógica de un *win-win*, se buscaba mejorar las capacidades de los proveedores locales y encontrar soluciones innovadoras a los problemas productivos que enfrentan las empresas en sus faenas. Como meta inicial se esperaba desarrollar y fortalecer a más de 250 proveedores de clase mundial hacia el 2020 (Meller y Parodi, 2017; Castillo y otros, 2018).

En 2014, al inicio del segundo gobierno de la expresidenta Bachelet, se creó una Comisión Asesora Presidencial denominada Comisión Minería y Desarrollo (CMD) integrada por un grupo de expertos y representantes de distintas organizaciones y gremios de la industria minera, ONG y centros de pensamiento. El CNID, que presidió la Comisión Asesora Presidencial, publicó el informe denominado “Una Plataforma de Futuro para Chile”⁶⁵. Esta agenda minera, entre otros temas, acogió el PPCM con la idea de ampliar y potenciar el programa, y estableció como métricas de impacto, entre otros aspectos, “alcanzar los USD\$ 10,000 millones al año 2035 en exportaciones de bienes y servicios asociados a la minería intensivos en conocimiento y desarrollar al menos 250 empresas proveedoras de clase mundial” (CNID, 2014).

A partir de estos planteamientos, en el año 2015 se creó el Programa Alta Ley⁶⁶ bajo la tutela de la CORFO, con la participación de la industria minera, el Estado, la academia y centros de I+D, con la finalidad de identificar oportunidades, requerimientos de I+D y desafíos para generar capacidades tecnológicas y desarrollar un sector de proveedores con base tecnológica. Como parte de su planificación se construyó una HRT con una visión al 2035, con el objetivo de apoyar a la industria en su competitividad, impulsar la producción hasta 7.5 millones de toneladas de cobre de mina al año, facilitar el surgimiento de 250 proveedores de bienes y servicios de clase mundial, y alcanzar USD\$ 4,000 millones anuales de exportaciones de dichos bienes, servicios y tecnologías aplicadas a la minería. Es decir, como parte de la HRT se fijaron una serie de metas entre la que se rescata el objetivo inicial del PPCM, desplazando la meta de 2020 al 2035 e incluyendo el plan dentro de un programa con cobertura institucional gubernamental.

Para la ejecución de la estrategia a partir de 2016, se han diseñado una serie de proyectos en cada uno de los ejes que se encuentran en distintas etapas de ejecución. En el núcleo específico de proveedores se ubica el PPCM que a partir de 2017 se transformó en el PIAM, que opera bajo el nombre comercial *Expande*⁶⁷. Este nuevo enfoque, basado en el paradigma de la innovación abierta, busca ampliar la base de *stakeholders*, incluyendo a una institucionalidad pública más amplia⁶⁸, a las grandes empresas y centros de investigación no vinculados necesariamente a la minería. Además, pretende promover una relación más interactiva y abierta con la participación de un *broker tecnológico* -en este caso Fundación Chile- que haga ese vínculo entre demandantes y oferentes de soluciones tecnológicas (Meller y Parodi, 2017). La HRT 2035, ahora denominada 2.0, luego de su proceso de actualización terminado en 2019, incluyó tres nuevos núcleos: exploraciones, minería verde y usos del cobre, a los ocho anteriormente existentes: operaciones y planificación minera, concentración de minerales, relaves, hidrometalurgia, fundición y refinación, capital humano, proveedores y minería inteligente (Alta Ley, 2019).

⁶⁵ La CDM tuvo como antecedente una convocatoria hecha en 2013 por el expresidente Lagos a actores de diversas posiciones ideológicas para construir una visión conjunta sobre la minería. Iniciativa que concluyó con un diagnóstico titulado “Minería y Desarrollo Sostenible de Chile. Hacia una Visión Compartida. Una minería virtuosa, sostenible e inclusiva”.

⁶⁶ En el 2018 el Gobierno de Sebastián Piñera fusionó el programa con el Centro de Investigación en Minería y Metalurgia (CIMM), y creó la Corporación Alta Ley para la Minería, liderada por el Ministro de Minería y que tiene como objetivo potenciar la innovación para abordar los desafíos en productividad, sustentabilidad y seguridad de la industria.

⁶⁷ El programa pretende articular y fomentar la generación de redes de colaboración; facilitando el intercambio, escalamiento y transferencia tecnológica; transfiriendo conocimiento y herramientas al ecosistema; y apoyando a empresas proveedoras que habiliten el desarrollo de una industria de bienes y servicios en torno a la minería con potencial exportador.

⁶⁸ Las agencias participantes en la institucionalidad del PIAM son: CNID, Ministerio de Economía, CORFO, ENAMI, CODELCO, INAPI, CONICYT, APRIMIN, MINNOVEX, Consejo Minero, SONAMI, grandes compañías mineras, pymes proveedoras, Asociación de Industriales de Antofagasta y universidades (Universidad de Chile y PUC).

Recuadro 1**Evaluación de los resultados de las exportaciones de los proveedores mineros, 2019**

Durante el año 2018, de las 6,334 empresas registradas como proveedoras de la minería, 478 empresas exportaron productos y/o servicios por un monto total de USD\$ 554 millones^a. Estas empresas exportadoras representan el 5,6% del universo de empresas proveedoras mineras, sus envíos representaron un 0,74% de las exportaciones totales chilenas y un 1,3% de las exportaciones correspondientes del sector minero en el año 2018. El 79% del valor exportado por los proveedores es generado por 21 empresas. El principal destino de las exportaciones es América Latina (83%). Perú ha sido el principal mercado de las exportaciones, concentrando por sí solo el 55% (USD\$MM 254); en segundo lugar, se encuentra Brasil con un 18% de los envíos (USD\$MM 81); Argentina un 8% (USD\$MM 39) y México con un 7% (USD\$MM 30). Las exportaciones de los proveedores mineros se dividen en dos categorías principales: bienes y servicios, donde el mayor porcentaje en términos de valor lo representan los bienes con un 91,4% del total exportado, los servicios por su parte representaron el 8,6% de las exportaciones del sector en 2018. El 41% del monto total exportado por el sector corresponde a productos elaborados en la Región Metropolitana (US\$MM 224,8), siguen las regiones de Antofagasta con 29% (USD\$MM 160,21) y Bío Bío con el 27% (USD\$MM 149,09). El resto de las regiones concentran montos muy bajos o prácticamente nulos.

Fuente: Elaboración propia sobre la base del reporte de exportaciones de los proveedores de la minería chilena 2019 de ProChile.

^a Es importante considerar que estas exportaciones alcanzaron montos máximos de USD\$ 747 millones durante el boom de precios (para el año 2012).

Como se había comentado anteriormente, si comparamos la situación chilena, con exportaciones mineras totales del orden de los USD\$ 38,000 millones y exportaciones de servicios de ingeniería cercanas a los USD\$ 500 millones, con el caso de Australia, con exportaciones de USD\$ 250,000 millones y donde las firmas locales de ingeniería tienen ingresos anuales de USD\$ 57,000 millones y exportaciones por más USD\$ 9,500 millones en productos y servicios, el resultado de las firmas locales de ingeniería no ha sido exitoso en construir una dinámica de transformación y crecimiento.

El PPCM, a decir de Meller y Parodi (2017), puso fin al debate sobre el tipo de encadenamientos (hacia atrás o hacia adelante), seleccionando los encadenamientos hacia atrás dentro de la conceptualización del *cluster* o enclave minero, conectando al cobre con la actividad productiva local a través de la generación de innovación tecnológica e impulsando el desarrollo regional. De esa forma, se esperaba que el sector minero se constituyera en un importante mercado interno que sería la base para desarrollar un sector proveedor de requerimientos de insumos y servicios para las empresas mineras. Katz (2020) atribuye la no materialización de buena parte de las iniciativas del Programa Alta Ley y de manera especial el PPCM a la falta de coordinación entre distintos niveles y secretarías de gobierno y, además, al final del súper ciclo de precios del cobre que trastoca las prioridades de las empresas productoras de cobre, abocadas a reducir los costos de producción. Este escenario dejó sin espacio a las firmas de ingeniería locales, perdiendo fuerza y consistencia la estrategia de crear una industria local de servicios de clase mundial.

En Chile, al igual que en la mayoría de los países ricos en recursos minerales, ha existido por muchos años la inquietud respecto de por qué, a pesar de la abundante riqueza natural, no existe un desarrollo productivo de insumos, servicios y productos elaborados que le permita insertarse en las CGV asociadas a sus recursos minerales, sofisticando su matriz productiva y diversificando su canasta exportadora con productos y servicios basados en la innovación, el conocimiento y la tecnología. Sobre la base de estas disyuntivas, se han desplegado una serie de estrategias para desarrollar los encadenamientos productivos en la cadena de valor del cobre, sin que los resultados logrados puedan ser evaluados como satisfactorios. A nivel comparativo, Australia o Canadá –países que ha tenido Chile como referencia– presentaron mayores niveles de encadenamientos tanto hacia atrás: insumos y proveedores, como hacia adelante: manufactura de metales, productos intermedios y finales (Meller y Parodi, 2017; Castillo y otros, 2018). Siguiendo a Katz (2020), el bajo nivel de desarrollo de proveedores locales de servicios de ingeniería y fabricantes de equipos de capital de la solidez y competitividad

internacional de Chile, en comparación con otros países que crecieron explotando recursos naturales, puede obedecer, entre otras razones, al rol pasivo que el estado fue adoptando en esta materia, en lo que él llama el “dejar hacer”, confiando en el automatismo del mercado, y en la ausencia de una estrategia país de largo plazo que “pusiera énfasis no solo en capturar la renta primaria del recurso... sino también en construir ventajas comparativas dinámicas basadas en el conocimiento y en la acumulación de capacidad tecnológica local”.

Como se observó, el Programa Alta Ley, únicamente a partir de la actualización de la HRT 2.0, elaborada entre 2017 y 2019, incorporó como parte de sus ejes o núcleos articuladores a la minería verde y a los usos del cobre. Como parte de los análisis de los proyectos del núcleo de minería verde, se encuentran en desarrollo los proyectos de electromovilidad en las faenas mineras y el de combustión dual hidrógeno-diesel para camiones mineros. El eje de usos del cobre es el primero en incorporar el concepto de avanzar en la cadena de valor del cobre en términos de productos con mayor valor agregado⁶⁹, sugiriendo la posibilidad de integrar en la cadena de producción al *copper foil*⁷⁰. En esta ocasión también vinculado al litio. Una de las principales aplicaciones para los *foils* de cobre son las baterías de litio. En el mismo eje, se plantea el desarrollo de I+D+i en las denominadas industrias tradicionales del cobre, con especial énfasis en las aplicaciones relacionadas con las energías renovables y la electromovilidad, además de los sistemas de refrigeración. De la misma forma, en las industrias no tradicionales, la salud e higiene, considerando las características antimicrobianas del cobre, se plantea como desafíos los métodos de producción y procesamiento de cobre para la generación de nanopartículas y/o aleaciones, la manufactura de estos y nanotecnología aplicadas en diferentes industrias, tanto en el desarrollo de películas protectoras, telas y materiales, entre otros. Esta última aplicación toma mucha relevancia en el contexto de la pandemia del COVID 19 que azota al planeta y que ha generado expectativa en los centros de investigación de Chile y de otros países⁷¹.

De acuerdo con las entrevistas realizadas, la Corporación Alta Ley, en coordinación con el Ministerio de Minería, se encuentra desarrollando la Hoja de Ruta Tecnológica para el litio. Esta nueva iniciativa de planificación traerá a la mesa a los actores públicos y privados de gobierno, academia, empresas, centros de investigación y desarrollo, e inversionistas, con la finalidad de construir una visión conjunta, ubicar los principales desafíos comunes y definir las prioridades en las que se deberá enfocar Chile en la industria del litio.

Como ocurrió con la creación del Programa Alta Ley y el desarrollo de la HRT del cobre, en el caso del litio, existen varias iniciativas en curso, algunas políticas públicas implementadas en el último lustro, otros ensayos que no prosperaron, y varios lineamientos o sugerencias de estrategias que se quedaron a nivel de diagnóstico, y que serán parte de la “herencia” y a la vez un nuevo punto de partida. La experiencia adquirida en el tiempo y a través de los distintos esfuerzos impulsados en torno al cobre será un activo estratégico a la hora de diseñar e implementar los nuevos programas y proyectos que decantan de la nueva herramienta de planificación en construcción. En esta ocasión, la disponibilidad de recursos económicos provenientes de los contratos de CORFO con Albemarle y SQM para la I+D+i, no parecen ser un limitante. De igual forma, esa desconexión que inicialmente existió entre el cobre y el litio, indefectiblemente encuentran su punto de conexión en la posición decisiva de los dos elementos en la transición energética hacia las energías renovables, el almacenamiento de energía y la electromovilidad, tendencias que a su vez convergen con el alto potencial solar de Chile.

⁶⁹ Inicialmente incorporó únicamente un eje relacionado con la fundición y refinación enfocado en la actualización tecnológica en búsqueda de eficiencia operativa y en la reducción del impacto ambiental por temas regulatorios.

⁷⁰ Hoja muy delgada compuesta por metales maleables, comúnmente de aluminio, estaño y cobre utilizada como conductor eléctrico, térmico y en diferentes aleaciones. De acuerdo a lo planificado en la HRT 2.0 los mayores desafíos de I+D+i para el copper foil están principalmente en la introducción de mejoras en su producción y calidad, lo cual “representa para Chile una oportunidad de generación de capacidades de manufactura local incluyendo la nanotecnología”.

⁷¹ Para mayor información [en línea] <https://www.msn.com/es-cl/noticias/chile/el-cobre-la-solucion%C3%B3n-chilena-para-ayudar-a-frenar-la-pandemia-del-covid-19/ar-BB134KF>.

Si bien la industria minera chilena estuvo originariamente concebida como una actividad fuertemente extractivista y poco volcada a la creación de eslabones tecnológicos domésticos aguas arriba y aguas abajo de la extracción, la discusión sobre la construcción de ventajas comparativas dinámicas basadas en el conocimiento y en la acumulación de capacidad tecnológica local para poder transitar en el tiempo hacia una estructura productiva más sofisticada y compleja, toma relevancia a partir del auge de los precios de las materias primas en el nuevo milenio, luego del desarrollo de la industria y salto productivo del cobre ocurrido a partir de la década del 90. En aquella ocasión el litio no aparecía en los indicadores de exportaciones del país y no había adquirido la notoriedad global otorgada a partir de la transición energética y la electromovilidad de la última década. Con el litio en la agenda, en este caso a diferencia del cobre, este mineral blanco estaba en la frontera tecnológica global y en el imaginario de una economía post fósil más sostenible. A partir de 2014, se van construyendo las reformas institucionales y normativas que alinean los intereses extractivos e industriales tecnológicos que, finalmente, se materializan a través de nuevas condiciones contractuales que mejoran la posición Estatal y permiten ensayar políticas y estrategias para atraer empresas internacionales que aporten sus conocimientos, capacidades y habilidades tecnológicas en el desarrollo de la innovación, investigación, y fabricación de productos con mayor valor agregado en la cadena productiva del litio.

VI. Reflexiones finales, desafíos y recomendaciones

Este estudio se produjo en uno de los momentos más trascendentes de la historia reciente de la humanidad: la crisis sanitaria, social y económica ocasionada por el brote del virus COVID-19 y la consiguiente pandemia global. Según la CEPAL (2020), la crisis que sufrió la región en 2020, con una caída del PIB del 9,1%, será la peor en toda su historia. La gobernanza efectiva de los recursos naturales no renovables adquiere mayor relevancia en las mermadas condiciones económicas de los países de la región, en los que se evidencian las carencias de los sistemas de salud pública, las inequidades de acceso a los servicios básicos de electricidad, agua potable e internet, las brechas educativas, y la fragilidad de los sistemas de seguridad social y de los mercados laborales y de emprendimiento.

La reducción de la demanda energética y la consecuente caída de los precios del petróleo y los minerales durante el primer trimestre de 2020, como efectos colaterales de la pandemia, evidenció nuevamente la fragilidad de varias de las economías de los países primario-exportadores de América Latina y el Caribe. Esta vulnerabilidad recordó los escasos resultados logrados durante y después del auge de precios de las materias primas en los encadenamientos productivos y en la incorporación de investigación, innovación y tecnología en las cadenas de valor de los recursos naturales, factores necesarios para el desarrollo de economías basadas en el conocimiento y la diversificación productiva.

Los países que conforman el denominado triángulo del litio (Chile, Argentina y el Estado Plurinacional de Bolivia) han desplegado estrategias con distintos enfoques para el aprovechamiento de sus reservas litíferas, encontrándose Chile y Argentina entre los principales productores del mineral a nivel global. Sin embargo, ninguno de los tres vértices del triángulo ha logrado una posición en alguno de los eslabones hacia adelante en la cadena del litio. En el otro extremo de la CGV y, en particular, de las baterías de ion litio para la industria automotriz, con un amplio desarrollo de las capacidades de investigación, innovación y tecnológicas, se encuentran en una batalla tecnológica y geopolítica el *cluster* asiático liderado por China y los centros de fabricación de Estados Unidos y Europa. Esta contienda es parte de la paradoja del tránsito hacia una economía baja en carbono que impulsa fuertemente la demanda de productos minerales y la incorporación de centros de fabricación de productos de mayor elaboración tecnológica.

Esta expansión acelerada de los distintos eslabones productivos de las baterías de ion litio tiene riesgos y desafíos. El aprovechamiento de las materias primas y las políticas de diversificación económica deben considerar las deficiencias de los patrones productivos vigentes que han ocasionado tensiones con las comunidades y conflictos por el uso o conservación de otros recursos naturales como el agua, el suelo o la biodiversidad. Uno de los principales factores sobre los que se debe innovar es la reducción de la huella de emisiones en los procesos de fabricación de los componentes y baterías, de tal forma que las evidencias científicas a favor del cambio de los sistemas de transporte convencionales a eléctricos tengan mayor peso. En esa dirección, la demanda de las materias primas minerales y metales puede reducirse significativamente mediante la economía circular, el ecodiseño, la eficiencia, el reuso, el reciclaje y el desarrollo de un mercado secundario. Un segundo factor tiene relación con los impactos sociales y ambientales que conllevan los procesos de extracción del litio y de otros minerales vinculados a la transición energética, los que han generado tensiones e incertidumbre desde el lado de la oferta, sobre todo en las zonas de influencia minera, y preocupaciones en los centros de consumo, sobre todo europeos, sobre las condiciones de explotación en materia ambiental y de derechos humanos⁷².

En el caso de Chile, luego de la notoriedad que cobró el litio a partir de la segunda mitad de la década de 2000, se inició el debate político sobre el rol del Estado en la explotación del mineral -esto es, considerado estratégico por su vinculación con la transición energética-, la capacidad productiva del país, la sostenibilidad del aprovechamiento del litio, la distribución de las rentas y el aporte de la actividad minera en la diversificación productiva a través del desarrollo de capacidades locales, tecnologías, innovación e investigación. En un primer momento, el debate político del litio, que tomó casi un decenio, hizo que Chile perdiera su ventaja comparativa de costos de producción en las salmueras del Salar de Atacama. Así, Chile resignó su posición como principal país productor, cediendo el liderazgo extractivo a Australia que, juntamente con China, logró, sobre la base de un marco institucional apropiado y nuevas tecnologías, desarrollar las reservas de litio provenientes de roca con precios competitivos y en volúmenes relevantes.

A partir de 2014, en el contexto de un constante crecimiento del precio del litio y de un liderazgo político con una orientación que, dentro de los márgenes del modelo liberal de Chile, procura recuperar el rol planificador del Estado, el debate transita hacia un espacio más técnico en la Comisión Nacional del Litio. Allí se busca delinear los ejes estratégicos de una política pública y proponer acciones de corto y largo plazo, sin llegar a un consenso político sobre el rol central del Estado en una eventual política industrial. En paralelo, el mismo gobierno discutía en otra comisión de expertos las estrategias a ser adoptadas en la minería, en esta ocasión teniendo como antecedente la necesidad de fortalecer la confianza y generar la legitimidad social requerida que viabilice las inversiones mineras.

Las altas reservas de cobre y litio, el potencial solar de Chile y el proceso de transición energética hacia las energías renovables y la electromovilidad logran converger a través de la interpretación que realiza la CORFO de las políticas propuestas por la CNL en la negociación de los contratos con Albemarle (2016) y SQM (2018). En esta negociación se incluyen cláusulas de incentivos al valor agregado y de investigación y desarrollo, y se establecen licitaciones internacionales para atraer fabricantes especializados en la cadena de baterías de ión litio y para implementar centros de investigación e institutos vinculados a la energía solar, la minería de bajas emisiones y los materiales avanzados de litio y otros minerales, la economía circular y la electromovilidad. Estas iniciativas, a su vez, confluyen con la actualización de la HRT 2.0 con una mirada hacia los usos aguas abajo del cobre y de una minería más sustentable y con el desarrollo -en una etapa inicial- de la Hoja de Ruta del litio.

⁷² Fabricantes de vehículos europeos en el contexto de la demanda de litio en las cadenas de producción de baterías a partir del auge de los vehículos eléctricos impulsan un estudio sobre la sustentabilidad de la extracción del litio en Chile en donde han existido tensiones en torno al uso del agua, el suelo y otras actividades productivas con las comunidades que habitan en el Salar de Atacama de donde se extrae el mineral. [en línea] <https://www.reuters.com/article/us-chile-lithium-exclusive/exclusive-germanys-volkswagen-and-daimler-push-for-more-sustainable-chile-lithium-idUSKBN20524Z>.

El marco jurídico del litio en Chile, disociado del régimen constitucional y legal de los demás minerales, por una parte, se ha constituido en una barrera de entrada para que nuevos actores productivos participen en la etapa de extracción del mineral y puedan integrarse verticalmente en los eslabones hacia adelante, condición esta última que puede ser muy atractiva para los fabricantes especializados. Por otra parte, esta limitación estructural del modelo ha permitido que la CORFO mantenga la titularidad sobre las propiedades litíferas en el Salar de Atacama e implemente un marco normativo convergente entre las actividades extractivas y aquellas de tipo productivo.

Los resultados de las licitaciones de fabricantes especializados confirman la sobre expectativa generada en relación con el poder de mercado que se pensaba que tenía Chile al contar con reservas de una materia prima considerada crítica en la transición energética. Para empresas fabricantes que buscan asegurar el suministro de litio en condiciones previsibles de volúmenes y precios, un proceso de esta naturaleza a primera vista resulta atractivo. Sin embargo, la decisión estratégica de instalar un centro de producción en un territorio determinado considera una serie de factores: las condiciones de estabilidad política, económica y social; la institucionalidad y el estado de derecho; el régimen fiscal; la seguridad y acceso a servicios de salud, educación, vivienda; la infraestructura y logística de conectividad y transporte; las economías de escala; la cercanía y acceso a los mercados; la disponibilidad de otros insumos y materiales necesarios en los procesos de fabricación; la disponibilidad de capacidades locales; los habilitadores de emprendimientos y negocios locales; y el acceso a redes de investigación consolidadas. Además de estos elementos, en el caso particular de la iniciativa chilena, la ansiedad por obtener resultados dentro de los tiempos políticos puede haber ocasionado que no se tuvieran afinados los detalles necesarios antes de la primera licitación. La falta de claridad respecto del alcance del precio preferente, que debió ser acordado entre la CORFO y Albemarle previo al anuncio y llamado internacional, abrió una grieta de incertidumbre durante el proceso que fue tardíamente cerrada, mermando la confianza de los participantes y de posibles futuros interesados.

En definitiva, la sintonía y afinamiento que deben existir entre el marco normativo e institucional, el diseño ad-hoc de los términos del proceso, las circunstancias económicas nacionales y globales, los *trade-off* en los factores estratégicos de decisión, y las condiciones del mercado internacional, no se alinearon en las licitaciones de fabricantes especializados en la cadena de litio lideradas por la CORFO.

La amplia convocatoria del ITL no sorprende, considerando la cantidad de recursos económicos a disposición. El reto posterior a la adjudicación estará en la alineación de intereses por la heterogénea composición de los consorcios participantes. Aquí, el modelo de gobierno corporativo será clave al establecer los mecanismos de toma de decisiones, coordinación, responsabilidad y transparencia. El principal reto a largo plazo del ITL será garantizar su sustentabilidad económica y su permanencia más allá del 2030, siendo la estrategia de atracción de inversiones y financiamiento, la focalización de sus esfuerzos, la creación de capacidades locales suficientes y la maduración o el escalamiento de tecnologías, los pilares sobre los que deberá enfocarse la estrategia a ser implementada. Las licitaciones de I+D en curso han generado una fuerte interacción entre los centros de investigación y las universidades, nacionales, locales, e internacionales, las instituciones intermedias público - privadas, y los actores del sector productivo, en la conformación de consorcios para participar en los diferentes procesos y captar los recursos de financiamiento. Sin duda, esta dinámica permitirá contar con nuevos actores promotores y aliados de las políticas de innovación, investigación y desarrollo productivo del litio que fortalezcan el núcleo promotor actualmente liderado por la CORFO.

Los esfuerzos que viene impulsando el Gobierno para la creación de un *cluster* productivo tecnológico del litio vinculado a la energía solar y a otros minerales, deben ser reevaluados dinámicamente en las circunstancias actuales del mercado internacional del litio y los procesos de aprendizaje institucional que se han incorporado por la experiencia adquirida en las distintas licitaciones. En la evaluación se deben considerar las políticas, regulaciones e incentivos que desde el lado de la oferta y de la demanda, se han planteado en otros países, que, en algunos casos, buscan recuperar espacios productivos cedidos ante la irrupción de Asia, o,

en otros casos, intentan establecer nuevos territorios de fabricación nacionales como parte de su estrategia de diversificación productiva. Invocando los principios de competencia que prevalecen en el modelo político y económico de Chile, se debe “competir” con estas opciones de localización geográfica que existen para los fabricantes especializados. La competencia que enfrenta Chile, con un mercado interno limitado, un mercado regional incierto y descoordinado, un universo limitado de fabricantes especializados en los eslabones de las baterías de ion litio ubicados en *clusters* asiáticos en su gran mayoría, o cercanos a mercados de gran tamaño y consumo (China, Estados Unidos y Europa), hace necesario pensar en una política más decidida que diseñe herramientas de desarrollo desde el lado de la oferta y de impulso a la demanda, que impliquen un mayor involucramiento y recursos desde el aparato estatal.

Paradójicamente, en esta competencia se debe buscar un distanciamiento de la lógica de mercado que ha prevalecido hasta ahora, ya que, como se observa, contar con la materia prima además de las condiciones de estabilidad económica, política y social, infraestructura y servicios disponibles, un entorno adecuado de emprendimiento y negocios, y los incentivos al precio propuestos parecen no ser suficientes para provocar que los protagonistas de las CGV se trasladen a Chile. La estrategia productiva, requiere una apuesta de largo plazo más amplia y ambiciosa en términos de recursos económicos. Es decir, de gasto estatal, financiamiento y subsidios, que no dependan de proyectos o programas específicos ni se interrumpan por los ciclos políticos, y se constituyan en políticas de Estado. Además del establecimiento y fortalecimiento de programas a largo plazo con inversiones estatales y privadas, en habilitadores como la educación, la ciencia, la investigación, y el emprendimiento. El acuerdo político necesario para fijar estos compromisos de largo aliento requiere de la generación de plataformas de diálogo público-privadas. Chile ha conseguido avances importantes en la institucionalización de esta clase de espacios que constituyen un acervo social que el Estado debería aprovechar, asumiendo un rol protagónico y coordinador que transmita el compromiso político y que logre la colaboración de las distintas partes interesadas.

El diseño de políticas industriales que permitan a Chile generar nuevas capacidades productivas debe considerar las limitaciones tecnológicas, de acceso a mercados y de financiamiento. Para acortar las brechas existentes, se hace necesario pensar en acuerdos regionales que permitan complementar la alta dotación de recursos naturales (Chile, Bolivia, Argentina), con las capacidades productivas existentes en otros países (Argentina, Brasil, México) y la participación de sus empresas en las CGV. De esta forma, se podrá alcanzar la escala requerida para viabilizar nuevas industrias, así como promover redes de producción e investigación compartida entre los distintos países. Esta complementariedad científico - productiva y la necesidad de consolidar un mercado regional que atenúe los impactos de la fabricación globalizada se hacen más evidentes para América Latina y el Caribe a partir de la emergencia económica ocasionada por la COVID-19, que ha puesto de manifiesto las vulnerabilidades de los sistemas de organización productiva con contenido tecnológico localizados mayoritariamente en Asia y Europa y con altos niveles de interdependencia entre países y empresas.

De igual forma, las políticas industriales para Chile deben considerar las reglas de comercio internacional regidas por la Organización Mundial del Comercio (OMC) y los acuerdos comerciales entre naciones, que imponen restricciones a las políticas de encadenamientos productivos, limitando la capacidad regulatoria de los gobiernos en las leyes, contratos, subastas, o regulaciones que se utilizan para definir las condiciones de política industrial nacional. Las experiencias de otros países con distintos grados de desarrollo y de poder económico y comercial, y en diferentes contextos y momentos, demuestran empíricamente que son factibles de aplicar las herramientas de política industrial, en materia de financiamiento, estímulos fiscales, inversión pública, compras públicas, subsidios fiscales, aranceles, entre otras, cuando existe la voluntad y decisión política de los gobiernos.

Finalmente, es importante resaltar que los encadenamientos productivos y la generación de capacidades de innovación y tecnológicas pueden contribuir a la movilización de inversiones complementarias que permitan avanzar hacia el crecimiento bajo en carbono, con una economía basada en el conocimiento. Asimismo, pueden alinearse al Gran Impulso Ambiental propuesto por la CEPAL

(CEPAL, 2016, Domínguez y otros, 2019), el Acuerdo de París de 2015 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, promoviendo el empleo inclusivo, la potenciación de los mecanismos de adquisición local y la aplicación de acuerdos comunitarios participativos, con un enfoque en la innovación, la infraestructura, el emprendimiento y la creación de valor añadido.

A. Posibles líneas de análisis

Los enormes desafíos que se presentan para América Latina y el Caribe, la región más desigual del mundo (CEPAL, 2019; PNUD, 2019), con brechas estructurales que se acentúan con la pandemia de la COVID-19, exhiben una oportunidad para políticas innovadoras que impulsen el tránsito desde economías primario exportadoras dependientes de los recursos naturales a sociedades tecnológicas productivas, basadas en recursos infinitos como el conocimiento. En este sentido, la alta dotación de recursos minerales de la región y las distintas estrategias que se han implementado en el caso de Chile, el Estado Plurinacional de Bolivia o Argentina, buscando la sofisticación de su matriz productiva y exportadora a partir del litio, se constituyen en experiencias a ser estudiadas de forma comparativa (Obaya, y Pascuini, 2020; López y otros, 2019; Viale, 2019), para comprender sus semejanzas y diferencias, y encontrar complementariedades. De igual forma, explorar políticas públicas propuestas e implementadas en otros países de la región, sobre la base de otros recursos minerales o fósiles, puede contribuir con un conocimiento más amplio que sirva para la adopción de esfuerzos coordinados a nivel regional.

Además de los encadenamientos productivos hacia adelante o hacia atrás, de las políticas, incentivos y regulaciones para la agregación de valor en las cadenas productivas del litio o de otros recursos naturales, un tema que es recomendable profundizar por su significancia es el relacionado con los encadenamientos de infraestructura⁷³. Este tipo de encadenamientos se pueden producir en el desarrollo de proyectos mineros o energéticos, permitiendo optimizar recursos económicos, reducir el impacto social y ambiental, y mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos. El estudio de casos existentes en los diferentes países puede permitir replicar las experiencias y transmitir las oportunidades, desafíos y roles que deben asumir las partes interesadas: Estado, comunidad y empresas.

La comprensión de los procesos de elaboración e implementación de políticas públicas coadyuva al fortalecimiento de las capacidades burocráticas de los tomadores de decisión a través de metodologías de análisis estratégico e informado, previo a la aprobación de una iniciativa con consecuencias políticas, económicas, sociales y ambientales.

Finalmente, comprender las dinámicas políticas, territoriales y productivas de las empresas estatales adquiere relevancia por la tenencia, propiedad y aprovechamiento de reservas de hidrocarburos y minerales en la región. Aquellas podrían ser, por una parte, herramientas de políticas públicas activas y verticales que incentiven la investigación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y de menor impacto ambiental en los procesos de extracción de los minerales, de forma directa o en alianzas estratégicas con empresas internacionales. Las empresas estatales pueden promover la creación de capacidades técnicas y científicas de especialización, y constituirse en un vínculo entre la demanda de bienes y servicios y el desarrollo de la cadena de proveedores locales, por un lado, y la cadena de productos de mayor valor agregado, por otro. Además, discernir el rol de las empresas estatales en la transición energética hacia las energías renovables, dentro de los límites de esa varianza de marcos normativos e institucionales que configuran sus mecanismos de acceso a financiamiento, gobierno corporativo, y relacionamiento con las comunidades, puede contribuir con la definición de estrategias nacionales y regionales de transformación productiva y energética (Tordo y otros, 2011; CAF, 2017; Benoit, 2019; Viscidi, 2020).

⁷³ Para una mayor discusión véase: Sánchez y otros, 2017; Isik y otros, 2015; Toledano y otros, 2014; Toledano y Maennling, 2018.

Bibliografía

- Agencia Internacional de Energía (AIE, 2020), "Global EV Outlook 2020", IEA, Paris [en línea] <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.
- Alta Ley (2019), "Road Map Tecnológico de la Minería 2.0", Corporación Alta Ley, Santiago, Chile.
- Altomonte, H., y R. Sánchez (2016), "*Hacia una nueva gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe*". Libros de la CEPAL, No. 139 (LC/G.2679-P), Santiago, Chile.
- Amsden, A. (2004), "La sustitución de importaciones en las industrias de alta tecnología". En: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *El desarrollo económico en los albores del siglo XXI*. Alfaomega Colombiana S.A.
- Austmine (2020), "Industry body for the Australian Mining Equipment, Technology and Services (METS)". [en línea] <http://www.austmine.com.au/>.
- Australian Trade and Investment Commission (Austrade, 2018), "The lithium-ion battery value chain – new economy opportunities for Australia", Canberra, Australian Government.
- Banco Central de Chile (BCCCH, 2020), [en línea] <https://www.bcentral.cl/areas/estadisticas/comercio-exterior-de-bienes> [fecha de consulta: junio de 2020].
- Benoit, P. (2019), "Engaging State-Owned Enterprises in Climate Action." New York, [en línea] <https://energypolicy.columbia.edu/research/report/engaging-state-owned-enterprises-climate-action>.
- Bloomberg (2019), "Electric Vehicle Outlook 2019". [en línea] <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-viewreport>.
- Bravo-Ortega, C., y Gregorio J., (2007), "The relative richness of the poor? natural resources, human capital, and economic growth". Lederman, D., y W. F. Maloney (2007). *Natural resources. Neither curse nor destiny*. The World Bank. Stanford University
- Calzada, B., y Foster-McGregor, N. (2018), "What is the potential of natural resource-based industrialization in Latin America? An Input-Output analysis of the extractive sectors". Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT), Países Bajos.
- Cademartori, J., Ramírez C., Fuentes D., y Castillo K. (2018), "La economía política de la explotación de litio en Chile: 1980-2018", *Revista de Ciencias Sociales*, 10 (34), 83-100.

- Castillo, J., Correa M. F., Dini M., y Katz, J. (2018), "Políticas de fomento productivo para el desarrollo de sectores intensivos en recursos naturales: la experiencia del Programa Nacional de Minería Alta Ley," Desarrollo Productivo 218, (LC/TS.2018/16), Santiago, Chile.
- Chang, H.-J. y K. Zach (2018), "*Industrial development in Asia: trends in industrialization and industrial policy experiences of developing asia*". WIDER Working Paper 2018/120. Helsinki: UNU-WIDER.
- Cimoli, M., Ferraz J. y Primi A. (2007), "*Políticas de ciencia y tecnología en economías abiertas: la situación de América Latina y el Caribe*". Serie Desarrollo Productivo, No. 165, Santiago de Chile.
- Coffin, D. y Horowitz J. (2018), "The supply chain for electric vehicle batteries". *Journal of International Commerce and Economics*, [en línea] <https://www.usitc.gov/journals>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020), "Enfrentar los efectos cada vez mayores del COVID-19 para una reactivación con igualdad: nuevas proyecciones". Informe Especial Covid-19 No. 5, Santiago de Chile.
- _____(2019), "Panorama Social de América Latina, 2019". (LC/PUB.2019/22-P/Re v.1), Santiago, Chile.
- _____(2018), "Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe 2018. (LC/PUB.2018/20-P) Santiago de Chile.
- _____(2016), "Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible". (LC/G.2660/Rev.1), Santiago de Chile.
- _____(2015), "Innovación, cambio estructural y nuevas tecnologías: claves para el desarrollo con igualdad". Presentación hecha por Alicia Bárcena en el III Foro Chile-Unión Europea, Santiago de Chile.
- _____(2012), "Cambio Estructural para la igualdad. Una visión integrada de desarrollo. Síntesis" (LC/G.2524(SES.34/40)), Santiago de Chile.
- CEPAL/Secretaría General Iberoamericana (SEGIB, 2010), "Espacios Iberoamericanos: vínculos entre universidades y empresas para el desarrollo tecnológico". (LC/G.2478), Santiago, Chile.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO, 2018a), "Anuario de Estadísticas del Cobre y otros Minerales". Santiago, Chile.
- _____(2018b), "Mercado internacional del litio y su potencial en Chile". Santiago, Chile.
- _____(2009), "Antecedentes para una política pública en minerales estratégicos: Litio". Santiago, Chile.
- Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID, 2014), "Minería: Una plataforma de futuro para Chile". Santiago, Chile.
- Comisión Nacional del Litio (CNL, 2015), "Informe Final. Conclusiones: principales propuestas para una Política Pública". Santiago, Chile.
- Corporación Andina de Fomento (CAF, 2017), "Gobierno Corporativo en las Empresas de Propiedad del Estado (EPEs) en América Latina y el Caribe". Caracas, Venezuela, [en línea] <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1064>.
- Corporación de Fomento a la Producción (CORFO, 2018), "Modificación de contratos del Estado de Chile con Albemarle y SQM". [en línea] <https://www.corfo.cl/sites/cpp/home>.
- Correa, F., (2016), "Encadenamientos productivos desde la minería en Chile". Series de la CEPAL, Desarrollo Productivo (LC/L.4160/Rev.1), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI, 2019), "Local content legal profile of Brazil - Petroleum, Local Content Laws & Contractual Provisions". [en línea] <http://ccsi.columbia.edu/files/2020/02/Local-Content-Brazil-CCSI-February-2020.pdf>.
- CRU Consulting (2018), "Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035". Santiago, Chile.
- _____(2019), "Lithium market: risks and opportunities for Chile", presentación efectuada en el III Foro Internacional de Litio, agosto, Santiago, Chile.
- CSIRO, (2014), "The Future of Mining in Chile". Santiago, Chile.
- Dente, B. y Subirats J, (2014) "*Decisiones públicas. Análisis y estudio de los procesos de decisión en políticas públicas*". Editorial Ariel, Barcelona, España.
- Domínguez, R., (2019), "Recursos naturales extractivos e industrialización en los países andinos". Informe del Proyecto MINSUS GIZ/DRN, documento inédito, CEPAL, Santiago de Chile.

- Domínguez, R., León M., Samaniego J, Sánchez J., Sunkel O., (2019), "*Recursos Naturales, medio ambiente y sostenibilidad, 70 años de pensamiento de la CEPAL*". Libros de la CEPAL, No. 158 (LC/PUB.2019/18-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Fornillo, B., y otros (2019), "Litio en Sudamérica. Geopolítica, energía y territorios", El Colectivo, CLACSO, IEALC - Instituto de Estudios de América Latina y el Caribe, Buenos Aires, Argentina.
- Gelb, A. (2010), "Economic Diversification in Resource Rich Countries" International Monetary Fund, [en línea] <https://www.imf.org/external/np/seminars/eng/2010/afrfin/pdf/Gelb2.pdf>.
- Gereffi, G. y Sturgeon T., (2013), "Global value chain-oriented industrial policy: The role of emerging economies". En: Elms D. y Low P. (ed.), *Global value chains in a changing world, world trade organization*, Fung Global Institute and Temasek Foundation Centre for Trade & Negotiations, Ginebra, Suiza.
- Gravel, O. L. (2015), "Litio y las dificultades para la obtención de una calificación ambiental favorable en el Salar de Atacama. Análisis de las causas". [En línea] <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136242>.
- Havard, H., Lokanc M., Nair A., y Padmanabhan K., (2016), "El sector de las industrias extractivas: Aspectos esenciales para economistas, profesionales de las finanzas públicas y responsables de políticas". Estudio del Banco Mundial, Washington, DC.
- Harper, G., y otros (2019), "Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles". *Nature*, 575, 75–86.
- Hirschman, A. (1958), "*The strategy of economic development*". New Haven: Yale University.
- Isik, G., Opalo, K., y Toledano P., (2015), "*Breaking out of Enclaves Leveraging Opportunities from Regional Integration in Africa to Promote Resource-Driven Diversification*". World Bank, Washington, USA.
- Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF, 2018a), "Australia: Downstream linkages - Incentives, protectionism and prescriptive measures (Case Study)". International Institute for Sustainable Development, Ontario, Canadá.
- _____(2018b), "Chile: Horizontal linkages - Using taxation to foster horizontal linkages (Case Study)". International Institute for Sustainable Development, Ontario, Canadá.
- _____(2018c), "Botswana: Downstream linkages - Leveraging the negotiation position (Case Study)", International Institute for Sustainable Development, Ontario, Canadá.
- _____(2018d), "Indonesia: Downstream linkages - Using export restriction policies to move downstream (Case Study)". International Institute for Sustainable Development, Ontario, Canadá.
- Jiménez, M., A. (2019), "Entre sistemas y ministerios: nueva institucionalidad de la ciencia en Chile". *Revista Observatorio Económico*, No. 140.
- Kaplinsky, R., Morris, A. y Kaplan, D. (2011), "*Commodities and Linkages: Industrialisation in Sub-Saharan Africa*". The Open University.
- Katz, J. (2020), "Recursos naturales y crecimiento: aspectos macro y microeconómicos, temas regulatorios, derechos ambientales e inclusión social". Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/14), Santiago, Chile.
- Knoepfel, P., C. Larrue, F. Varone y M. Hinojosa (2007), "Hacia un modelo de análisis de políticas públicas operativo. Un enfoque basado en los actores, sus recursos y las instituciones". *Ciencia Política*, 2(3), 9-42.
- Korinek, J. (2020), "The mining global value chain". OECD Trade Policy Papers, No. 235, París.
- Leiderman, D. y Maloney, W. (2007), "Natural Resources: Neither Curse Nor Destiny". World Bank and Stanford University [en línea] <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Natural-Resources-Neither-Curse-nor-Destiny.pdf>.
- Lagos, G. (2012), "El Desarrollo del Litio en Chile: 1984-2012". Programa de Investigación en Economía de Minerales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- León, M. y C. Muñoz (2019), "Guía para la elaboración de estudios de caso sobre la gobernanza de los recursos naturales". Serie Recursos Naturales y Desarrollo, No. 192 (LC/TS.2019/52), Santiago, Chile.
- López, A., Obaya, M., Pascuini P., y Ramos A. (2019), "*Litio en la Argentina. Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*". Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Maier, J., y Wood, A. (1998). "Africa's Export Structure in a Comparative Perspective". Study Number 4, UNCTAD, Geneva
- Meller, P. y Gana, J. (2015), "El cobre chileno como plataforma de innovación tecnológica". Santiago, Chile.
- Meller, P. y Parodi, P. (2017), "Del programa de proveedores a la innovación abierta en minería". Santiago, Chile.
- McKinsey (2019), "Global Battery Alliance-Value chain roadmap". Presentación realizada en agosto de 2019.

- Obaya, M., y Pascuini P. (2020), "Estudio comparativo sobre los modos de gobernanza del litio en Argentina, Chile y el Estado Plurinacional de Bolivia". En: M. León, J. Sánchez y C. Muñoz (eds), *La gobernanza del cobre y del litio en los países andinos*, Santiago, Chile.
- Ostenson, O. y Lof, A. (2017), "Downstream activities: The possibilities and the realities" WIDER Working Paper Series 113, World Institute for Development Economic Research (UNU-WIDER).
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD, 2020), "OECD Main Science and Technology Indicators". OECD Directorate for Science, Technology and Innovation [en línea] <https://www.oecd.org/sti/msti.htm>.
- _____(2018), "Production transformation policy review of Chile: reaping the benefits of new frontiers". OECD Development Pathways, Paris.
- Padilla, R. (2014), "Fortalecimiento de las cadenas de valor como instrumento de política industrial". Libros de la CEPAL, (LC/G.2606-P), Santiago de Chile, CEPAL.
- Padilla R. y Oddone N. (2016), "Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor". (LC/MEX/L.1218) Ciudad de México, México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2019), "Más allá del ingreso, más allá de los promedios, más allá del presente: Desigualdades del desarrollo humano en el siglo XXI". Informe sobre Desarrollo Humano 2019, Nueva York, Estados Unidos.
- Poveda, B. R. (2020), "Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile". Serie Recursos Naturales y Desarrollo, No. 195 (LC/TS.2020/40), Santiago, Chile.
- _____(2019) "Estudio de caso sobre la gobernanza del cobre en Chile". Documentos de Proyectos, (LC/TS.2019/48), Santiago, Chile
- Prado, P. (2017), "Estado actual de los Centros de Excelencia Internacional en Chile y su potencial impacto para la economía". Tesis de Grado, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Rocha, F. (2015) "Recursos naturales como alternativa para la innovación tecnológica: petróleo y gas en Brasil". Santiago, CIEPLAN.
- Roskill (2019a), "Roskill's views on lithium market trends & impacts on downstream competitiveness". Presentación realizada en el III Foro Internacional de Litio, agosto, Santiago de Chile.
- _____(2019b), "Lithium Outlook to 2028". Edición 16th, [en línea] <https://roskill.com/market-report/lithium>.
- Sánchez R., Lardé J., Chauvet P., Azhar J., (2017), "Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades". Serie Recursos Naturales e Infraestructura, No. 187 (LC/TS.2017/132), Santiago, Chile.
- Subirats, J. y otros, (2008), "Análisis y gestión de políticas públicas". Barcelona Ariel.
- United States Geological Service (USGS, varios años), "Mineral commodity summaries". USGS.
- Sachs, L., y Maennling, N. (2015), "Resource Resilience: How to break the commodities cycle". World Politics Review, [en línea] <https://www.worldpoliticsreview.com/articles/15848/resource-resilience-how-to-break-the-commodities-cycle>.
- SignumBox Inteligencia de Mercados (2019), "El Litio (y los Commodities) en un Entorno Incierto". Presentación realizada en el III Foro Internacional de Litio, agosto, Santiago de Chile.
- Toledano, P., Thomashausen S., Maennling N., y Shah A. (2014) "A framework to approach shared use of mining-related infrastructure". Columbia Center on Sustainable Investment, Columbia University.
- Toledano P. y Maennling N., (2018), "Implementing shared-use of mining infrastructure to achieve the sustainable development goals". En: Sumit K. Lodhia, (ed), *Mining and Sustainable Development*, Australia.
- Tordo, S., Tracy B., y Arfaa, T. (2011), "National oil companies and value creation". Working Paper No. 218, World Bank, Washington, Estados Unidos.
- Viale, C. (2019), "Qué diversificación económica queremos en los países andinos? Análisis comparado de políticas de diversificación económica: reflexiones y nuevas propuestas". Natural Resource Governance Institute.
- Viscidi L., Phillips S., Carvajal P., y Sucre C. (2020), "Latin American state oil companies and climate change: decarbonization strategies and role in the energy transition". Inter-American Dialogue and Inter-American Development Bank, Washington, Estados Unidos.
- Warner, M. (2011), "Do Local Content Regulations Drive National Competitiveness or Create a Pathway to Protectionism?". Extractives Hub - Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy, University of Dundee [en línea] <https://extractiveshub.org/servefile/getFile/id/1647>.

- World Bank, (2020), "Commodity market outlook: A Shock Like No Other: The Impact of COVID-19 on Commodity Markets". Washington, DC.
- World Economic Forum, (2019), "A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030: Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation". [en línea] http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf.
- Wood Mackenzie, (2018), "Global copper mine supply summary". Wood Mackenzie a Verisk Business.
- Yang, XG., Liu, T. & Wang, CY (2021), "Thermally modulated lithium iron phosphate batteries for mass-market electric vehicles". *Nature Energy*, 6, 176–185.
- Zícari, J., Fornillo B., y Gamba M. (2019), "El mercado mundial del litio y el eje asiático. Dinámicas comerciales, industriales y tecnológicas (2001-2017)". *Revista Latinoamericana Polis*, No.52.

Anexos

Anexo 1

Cuadro A1
Régimen del cobre y del litio en Chile

Cobre	Litio
<p>Propiedad: Régimen de propiedad minera regulado en el Art. 24 No. 19 de la Constitución Política, Ley Orgánica de Concesiones Mineras, Código de Minería.</p>	<p>Propiedad: Reserva para el Estado No concesible CORFO titular de las pertenencias en explotación.</p>
<p>Delegación: Por resolución judicial título de pertenencia minera por tiempo indefinido</p>	<p>Delegación: Por contratos administrativos de Concesión o Especial de Operación otorgados por el Ministerio de Minería Por empresas públicas</p>
<p>Regalía: 10% de las ventas de CODELCO a las FFAA (derogado julio 2019) Impuesto Específico a la Minería (IEAM) variable en relación con el margen de operación minero (MOM) y desde un 5% hasta un 34,5%</p>	<p>Regalía: Variable, incremental y marginal establecida en contrato. Del 6,8% al 40% del precio de venta del mineral. Impuesto Específico a la Minería (IEAM)</p>
<p>Comunidades y Gobiernos subnacionales: No existe obligación legal de asignación de recursos^a</p>	<p>Comunidades y Gobiernos Subnacionales: Regalía (3,5%) del valor de las ventas o Montos fijos a favor de las comunidades.</p>
<p>Fondos Soberanos</p>	<p>No existen Fondos Soberanos</p>
<p>Empresa Pública: CODELCO ENAMI</p>	<p>Empresa Pública: Sin actividad de explotación de EP.</p>
<p>I+D No existen aportes de I+D por ley</p>	<p>I+D Aportes financieros fijados por contrato</p>
<p>Valor Agregado No existen incentivos de valor agregado</p>	<p>Valor Agregado Incentivo de precio preferente sobre 25% de producción.</p>

Fuente: Elaboración propia.

^a Pueden existir aportes voluntarios por acuerdos entre una determinada empresa y una comunidad o Municipalidad, como política empresarial, sin que sea una norma o un estándar obligatorio.

Anexo 2

Cuadro A2
Principales hitos productivos, reformas institucionales y políticas de agregación de valor e innovación del litio (2005-2020)

Año	Hitos productivos del litio	Políticas del litio	Políticas horizontales y sectoriales
2005	SQM inicia producción de hidróxido de Li con una capacidad de 6.000 toneladas al día.		Creación del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) Creación del Consejo Nacional de Innovación y Desarrollo (CNID)
	Inicio de primer superciclo de precios del Li		
2007			Creación del Programa Clúster Minero
2008	CCHEN niega la solicitud de ampliación de cuota a 1 millón de toneladas de LME presentada por SQM	Informe de CCHEN: "Importancia del Litio en el Futuro Proceso Comercial de la Fusión Nuclear"	Creación del Programa de Proveedores de Clase Mundial
2009	Rockwood (Albemarle) ingresa ante el SEA el EIA	Informe de COCHILCO "Antecedentes de una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio"	Ley de I+D Programa de Atracción de Centros de Excelencia
2010			Programa Startup Chile (2010) Revisión del Programa Cluster Minero (2010)
2011		Inicio de auditorías en CORFO al contrato con SQM	
2012	SQM es adjudicada con el CEOL que posteriormente es anulado.	Licitación fallida de un Contrato Especial de Operación del Li.	
	Chile pierde la posición de número 1 en el mundo en la producción de Li siendo superada por Australia.		
2013	SQM amplía su capacidad de producción de 30 mil a 48 mil toneladas de carbonato de litio	Inicio del procedimiento arbitral de CORFO en contra de SQM	
2014		Conformación de la Comisión Nacional del Li	Conformación de la Comisión Asesora Presidencial
		Presentación de primera demanda arbitral de CORFO en contra de SQM	Presentación del informe "Una Plataforma de Futuro para Chile"
2015		Presentación del informe de la Comisión Nacional del Litio	Creación del Programa Alta Ley
2016	Firma de nuevo contrato entre Albemarle y la Corfo	Presentación de segunda demanda arbitral de Corfo en contra de SQM	Hoja de Ruta Tecnológica 2035
2017	Albemarle anuncia incremento de capacidad a 80.000 ton. de litio a partir de 2019.	Convocatoria a la licitación para fabricantes especializados de productos de Li (valor agregado Albemarle)	Transformación del PPCM en el Programa de Innovación Abierta de la Minería.
2018	Firma del nuevo contrato entre SQM y la Corfo	Convocatoria a licitación para el Instituto de Tecnologías Limpias (I+D SQM)	Creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI)
	Disputa Albemarle - CORFO por precio preferente para fabricantes especializados		
	Aumento de capacidad de SQM de 48,000 a 70,000 toneladas		
	CCHEN niega aumento de cuota a Albemarle de 80,000 a 140,000 toneladas		

Anexo 2 (conclusión)

Año	Hitos productivos del litio	Políticas del litio	Políticas horizontales y sectoriales
2019	Firma de Acuerdo entre Albemarle y CORFO sobre la interpretación de la cláusula de precio preferente para fabricantes especializados Caen los precios del litio Albemarle anuncia retraso en su incremento de capacidad (80,000 toneladas) hasta 2021 y desiste de cuota solicitada de 140,000 toneladas SQM anuncia diferimiento en expansión (120,000 toneladas) hasta 2021	Convocatoria a fabricantes especializados (valor agregado SQM) Convocatoria para Centro de Investigación de Economía Circular (I+D Albemarle) Licitación fallida de fabricantes especializados (valor agregado Albemarle) Adjudicación de Centro de Economía Circular	Actualización de la Hoja de Ruta Tecnológica 2.0
2020	Covid 19	Convocatoria de Centro de electromovilidad Presentación de ofertas de I+D SQM Presentación de ofertas de fabricantes especializados (SQM)	Inicio de la construcción de la Hoja de Ruta Tecnológica del Litio

Fuente: Elaboración propia.

Este estudio contribuye a la comprensión de las políticas, regulaciones e incentivos que Chile ha desplegado para fomentar la agregación de valor en los eslabones de la cadena de producción del litio, por un lado, y la innovación y el desarrollo de las capacidades tecnológicas apalancadas en la exploración y explotación de sus recursos minerales y energéticos, por otro. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos: i) entender el contexto económico, político e institucional en el que se desenvuelve la innovación y la agregación de valor en la cadena productiva del litio; ii) determinar las lecciones aprendidas del proceso de gobernanza de la innovación y agregación de valor, y iii) identificar desafíos de gobernanza y políticas públicas.

En particular, este documento examina la estrategia adoptada por el Gobierno de Chile, a través de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), en el diseño y ejecución de varios llamamientos internacionales para la atracción de fabricantes especializados en alguno de los eslabones aguas abajo del litio y la creación de institutos o centros de innovación, investigación y desarrollo de tecnologías aplicadas a la energía solar, la minería sostenible y el litio.

Anexo 3

Cuadro A3
Contexto decisional (2014-2020)

Reglas institucionales	Contexto económico	Contexto institucional	Contexto cognitivo	Contexto internacional
Comisión Nacional del Litio	Estructura productiva primaria exportadora.	Licitación fallida del CEOL	Modelo de desarrollo funcional al crecimiento económico requiere ajustarse de acuerdo a las expectativas sociales y ambientales de la ciudadanía.	Megatendencias globales: electromovilidad y transición energética impulsan la demanda de litio.
Negociación de los Contratos de Albemarle y SQM	Fin del auge de precios del cobre a partir de 2014	Debate en la arena política sobre la sustentabilidad en la explotación del litio y los salares y la continuidad o no del régimen de excepción en la explotación del litio.	Estallido social de Chile: octubre de 2019 e inicio de un proceso constituyente	Consolidación de políticas globales en contra del Cambio Climática a partir de la Conferencia Río+20 de 2012 y Acuerdo de París en 2015
Licitaciones: I+D y Valor Agregado	Auge de precios del litio a partir del 2005 hasta 2018. Pérdida de liderazgo de Chile en la producción litio a partir de 2012. Bajo crecimiento económico. Crisis 2020 por pandemia de Covid 19	Debilidad institucional para control y fiscalizar los procesos de extracción del litio		Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en 2015 Guerra Comercial: Estados Unidos - China

Fuente: Elaboración propia.