



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

LIV REUNIÓN ANUAL | NOVIEMBRE DE 2019

Industrias Extractivas, Desarrollo e Innovación: El Caso del Litio en la Argentina

López, Andrés
Obaya, Martin
Pascuini, Paulo

ISSN 1852-0022 / ISBN 978-987-28590-7-7

Industrias extractivas, desarrollo e innovación: el caso del litio en la Argentina

Andrés López¹, Martín Obaya² y Paulo Pascuini³

Introducción

La discusión sobre el vínculo entre recursos naturales y desarrollo económico vuelve de manera recurrente a los debates académicos y de política pública. Los momentos de resurgimiento están motivados, particularmente, por los ciclos de auge de los precios de las materias primas (como el que transcurrió por buena para de la década de los 2000), por el descubrimiento de grandes fuentes de recursos (por ejemplo, el Presal en Brasil o Vaca Muerta en Argentina) o bien cuando, como producto cambios tecnológicos, se presentan nuevas oportunidades para el uso de recursos.

Este último ha sido, justamente, el caso del litio, que ha adquirido notoriedad en la última década debido a su creciente uso por parte de fabricantes de baterías de ion litio, ya no solo para la electrónica de consumo, sino, sobre todo, para la industria de la electro movilidad⁴. Mientras que en el primer quinquenio de la década de los 2000, el precio promedio de carbonato de litio grado batería se ubicó en torno a los USD\$ 1.500, en el siguiente aumentó a USD\$ 3.800, subiendo a USD\$ 4.800 en los cinco años sucesivos (MINEM, 2017). A partir de allí, los precios se dispararon: durante el curso de 2016 y 2017, algunas empresas cerraron contratos por la venta de carbonato de litio por encima de los USD\$ 25.000 por tonelada (Bohlsen, 2018).

Esto ha despertado un gran interés tanto en aquellos inversores que buscan nuevas oportunidades de negocios en la actividad minera como en las empresas que desarrollan productos en los que dicho metal es un insumo crítico. Si bien el litio no es un recurso escaso en la naturaleza⁵, la oferta de los insumos utilizados en la producción de material activo de las baterías –principalmente, el carbonato y el hidróxido de litio– no ha logrado responder al sostenido crecimiento de la demanda por parte de los usuarios –lo que explica gran parte del incremento de precios. La puesta a punto de un proyecto para la explotación de salares, que son la principal fuente de reservas en los países del llamado “triángulo del litio” (Argentina, Bolivia, Chile) puede demorar hasta 10 años. Por su parte, los proyectos que obtienen el litio de pegmatitas (la segunda fuente relevante a nivel global) pueden implementarse más rápidamente, como demuestra la experiencia reciente de Australia, que se ha convertido en el principal productor del mundo, aunque con costos operativos mucho más elevados.

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Departamento de Economía. Buenos Aires, Argentina/CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

² CONICET-UNSAM-CENIT

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Departamento de Economía. Buenos Aires, Argentina/CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

⁴ Si bien el litio es utilizado desde hace décadas en distintas actividades industriales –e.g. en la fabricación de cerámicas, vidrios, caucho sintético y lubricantes, en la industria farmacéutica, etc.–, el crecimiento explosivo de su demanda se origina en su utilización como insumo en la fabricación de las baterías de ion-litio.

⁵ El litio ocupa la posición 25 en el ranking de elementos más abundantes de la Tierra. Se encuentra en más de 150 minerales, entre los que se incluyen arcillas, salares continentales, aguas geotermales y agua de mar (Flexer et al., 2018).

El “súper ciclo” del litio ha alentado a los países sudamericanos ricos en el recurso a aprovechar el escenario actual. Cada uno de ellos ha buscado, mediante distintos regímenes de gobernanza, atraer inversiones que permitan aumentar el volumen de producción, con el propósito de incrementar sus ingresos por regalías e impuestos, así como divisas por exportaciones. Asimismo, los gobiernos de la región han buscado sacar partido de la posesión de este codiciado recurso para promover iniciativas que promuevan eslabonamientos productivos, desarrollo local y generen capacidades tecnológicas en sus territorios (Obaya y Pascuini, inédito).

La Argentina es el país con mayor cantidad de recursos de litio (con potencial valor económico, aunque no de probada factibilidad y rentabilidad), con el 24% del total mundial, que se concentran en las provincias de Catamarca, Jujuy y Salta. Además de tener condiciones ambientales y salares cuya composición química favorecen la explotación, el marco normativo argentino es, en relación a sus vecinos del triángulo, particularmente favorable para la llegada de inversiones orientadas a la explotación de los salares (Obaya y Pascuini, inédito). Esto ha motivado que, en el debate local, comúnmente se hable del “oro blanco” (o se haya llegado a hacer referencia al país como la “Arabia Saudita del litio”). Las expectativas generadas sugieren incluso la posibilidad de que el litio se convierta en un nuevo producto “estrella” de la canasta exportadora. Sin embargo, la producción nacional explica solo el 7% del total mundial (el pico máximo de participación lo alcanzó en 2016, cuando explicó el 15%). Hasta el momento, hay solo dos emprendimientos en fase operativa a escala industrial, uno en Catamarca, en marcha desde 1998, y otro en Jujuy, desde 2015. Hay dos que entrarían en operaciones a escala industrial en 2021, y varios más en etapa de exploración avanzada. Entre los grandes productores, Argentina es de los países con peor ratio producción/reservas: 0,31%. En Australia y China, por ejemplo, este cociente alcanzó, en 2018, 1,89% y 0,80%, respectivamente (U.S. Geological Service, 2019).

Por lo tanto, el optimismo es a todas luces desmedido, aun considerando las proyecciones más favorables respecto al potencial volumen de producción del país en los próximos años. Actualmente, con precios que han alcanzado su máximo histórico, las exportaciones de carbonato y cloruro de litio apenas exceden el 0,3% de las exportaciones argentinas. Para alcanzar apenas el 5% de las exportaciones debería, *ceteris paribus*, más que decuplicarse la producción, lo cual, considerando el ritmo de exploración, puesta en marcha y evolución de los proyectos durante sus primeros años de funcionamiento, no parece factible en los próximos 5 años.

La discusión en torno a la estrategia y la naturaleza de las políticas públicas que debería adoptar Argentina reconocen dos grandes campos: por un lado, se encuentran quienes ponen énfasis en la conveniencia de acelerar la explotación del recurso y, por lo tanto, se focalizan en acciones orientadas a atraer inversiones dirigidas a explotar las reservas de litio disponibles; por el otro, están aquellos que pretenden promover proyectos de desarrollo tecnológico y actividades de procesamiento “aguas abajo” en la cadena de valor. Ambas miradas se perciben como alternativas contrapuestas. El primer grupo sostiene que los proyectos de “industrialización” local del litio suponen medidas que disuaden a los potenciales inversores. El segundo, por su parte, define al modelo de explotación minero actualmente vigente como “extractivista” y señala que su perpetuación implica una pérdida de oportunidades para promover estrategias de desarrollo a largo plazo en base a la riqueza natural disponible. Esta segunda posición está más cercana a lo que expresan los dirigentes políticos y una gran parte del mundo académico, que identifican la fabricación de baterías como una especie de proyecto “emblema” para contraponer a la estrategia minera. Sin embargo, la idea de que el mayor potencial radica en los eslabonamientos productivos “aguas abajo” contradice el saber convencional, tal como señalan Morris *et al.* (2012), y desconoce la evidencia que ofrece la experiencia de aquellos países, como Australia y Noruega, donde los recursos naturales jugaron un papel central en su estrategia de desarrollo.

El presente trabajo apunta a discutir ambas visiones extremas y a proponer un enfoque alternativo, orientado a la promoción de encadenamientos “aguas arriba”, fundamentalmente asociados al desarrollo y difusión de conocimientos científico-tecnológicos y la provisión de bienes y servicios conocimiento intensivos en las etapas de exploración y explotación del litio. Esta perspectiva se orienta a aprovechar la “ventana” de oportunidad que ofrece una dotación relativa extraordinaria de un recurso de carácter crítico para crear eslabonamientos que generen capacidades productivas, tecnológicas, de gestión y comerciales que puedan no solo difundirse a lo largo de la cadena de valor o, incluso, encontrar aplicación en otros sectores. Hablamos, por ejemplo, de eslabonamientos intensivos en conocimiento que incluyan el desarrollo de materiales avanzados, de procesos químicos y electroquímicos complejos o de sistemas de acumulación de energía. Pero también eslabonamientos locales de carácter menos sofisticado, pero que sean novedosos para el entorno donde se realizan las explotaciones como, por ejemplo, la prestación de servicios de mantenimiento y logística.

Desde esta perspectiva, hay dos efectos que revisten especial interés en términos de las oportunidades de desarrollo que abre el litio. El primero se relaciona con el impacto que la actividad podría tener sobre las provincias ricas en el recurso –que se encuentran entre las de menor desarrollo relativo del país–, a partir de la multiplicación de actividades de exploración y prospección, así como de la construcción y operación de los proyectos de producción de carbonato de litio. Asimismo, el desarrollo de la actividad podría tener un impacto importante sobre los recursos fiscales y, especialmente, el empleo de dichas provincias. Por su parte, la generación de eslabonamientos productivos locales podría ayudar a potenciar estos impactos. El segundo efecto se refiere al potencial para convertirse en un actor importante en el terreno de las tecnologías utilizadas a lo largo de las cadenas de valor que utilizan al litio como insumo. Esto ya no solo depende de las provincias donde se encuentra el recurso sino de un conjunto de actores más amplio, que incluyen al sector privado y a las instituciones del sistema de ciencia y técnica nacional.

Por cierto, en una estrategia de este tipo, los gobiernos –en sus distintos niveles– son actores centrales, ya que son quienes manejan las herramientas normativas capaces de propiciar los procesos deseados. Sin embargo, también es necesario alinear y articular los intereses y las acciones de un conjunto más amplio de actores, que incluye a las empresas –extranjeras y locales– que operan a lo largo de la cadena y a los actores del sistema científico y tecnológico. La necesidad de esta articulación era ya señalada por Sábato y Botana (1968), quienes se refirieron a ella como el “triángulo de relaciones entre gobierno, ciencia–tecnología y estructura productiva”. Más cerca en el tiempo, la literatura evolucionista la ha conceptualizado mediante el concepto de “sistema de innovación” (Edquist, 2005; Lundvall, 1992). Asimismo, toda estrategia de construcción de eslabonamientos debe concebirse en el marco de una creciente fragmentación e internacionalización de los procesos de creación de valor y consumo a nivel global (cadenas globales de valor), el cual genera oportunidades, pero está marcado por importantes restricciones, tanto para su ingreso como para escalar posiciones en su interior.

En función de estos antecedentes, el presente trabajo se propone examinar los factores determinantes de las posibilidades de construir a nivel nacional y, especialmente, en los territorios locales, eslabonamientos y capacidades productivas y tecnológicas en base a la explotación del litio. En base al objetivo descripto, el trabajo se organiza del siguiente modo. La primera sección introduce el marco analítico básico para estructurar la discusión acerca de los impactos de las industrias extractivas sobre el desarrollo. La sección 2 presenta brevemente la “cadena del litio” a nivel global y en la Argentina. En la tercera sección se examinan los diversos proyectos existentes en torno al litio y se discuten sus condicionantes y potenciales impactos. Finalmente, el último apartado cierra con las principales conclusiones y algunas lecciones de política.

1. Industrias extractivas y desarrollo económico

Existe una larga tradición de debate académico acerca de las relaciones entre recursos naturales y desarrollo. Los economistas, ya desde la época clásica (Smith-Ricardo), han sugerido que el crecimiento implica moverse desde las actividades primarias hacia las industriales. En buena parte de América Latina y otras partes del mundo en desarrollo esa fue también la lógica predominante desde los años '50 hasta los '70, avalada por el enfoque cepalino-estructuralista que, entre otras cuestiones, sobre la base de las tesis de Prebisch y Singer, destacaba el problema del deterioro de los términos de intercambio que teóricamente afectaba a los países exportadores de bienes primarios (Sánchez et al., 2019). Más cerca en el tiempo, la literatura sobre “maldición” de los recursos naturales argumenta que la abundancia de recursos naturales tiene impactos negativos sobre el crecimiento (Auty, 2001; Sachs y Warner, 1995). Aún más recientemente autores como Rodrik (2015) también han insistido en que la industria ofrece mayores oportunidades de acercarse a los niveles de ingreso de los países desarrollados.

En sentido contrario, otros autores destacan los ejemplos históricos exitosos de procesos de desarrollo basados en recursos naturales (Wright y Czelusta, 2002; 2004), mientras que otros argumentan que al presente las actividades primarias ofrecen mayores oportunidades de desarrollo que en el pasado, vía generación de encadenamientos y actividades de innovación (Andersen et al., 2018; Kaplan et al., 2011). Lederman y Maloney (2012), en tanto, señalan que lo importante no es qué se produce, sino cómo se produce, ya que esto es lo que define las posibilidades de generar derrames de conocimiento y encadenamientos. Finalmente, la literatura cuantitativa más reciente encuentra que, en todo caso, no es la abundancia sino la dependencia de un país respecto de sus recursos naturales lo que genera efectos negativos sobre el crecimiento (ver López, 2012 para un resumen).

La observación de los datos crudos sugiere que los recursos naturales, per se, no son una “bendición” ni una “maldición” para el desarrollo económico. Una de las economías más ricas del mundo y la primera en el Índice de Desarrollo Humano que elabora el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Noruega, es el séptimo país con mayor abundancia de activos del subsuelo per cápita en todo el planeta, mientras que otra nación rica, Suiza, es la última en ese ranking (Lange et al., 2018). En otro extremo, varias de las economías más pobres y con menores niveles de desarrollo humano, mayormente localizadas en África, son fuertemente dependientes de sus recursos extractivos, en especial en lo que se refiere a la generación de divisas y recursos fiscales.

En nuestra visión, y más allá del debate sobre si la industria tiene o no determinadas propiedades “especiales” a la hora de impulsar el crecimiento, la diversidad de experiencias históricas sugiere que una parte sustancial de los efectos sistémicos generados por las industrias extractivas (sobre las cuales nos centramos en este apartado de ahora en más, dado que el foco de este artículo es el litio) se canaliza a través de los procesos de generación, adopción y difusión de innovaciones, así como por los encadenamientos que aquellas industrias motorizan. En el primer caso, los cambios tecnológicos pueden ayudar tanto a mejorar la eficiencia y reducir los impactos negativos de estas industrias (en el plano ambiental, por ejemplo), como a producir derrames de conocimiento a través de procesos de imitación y difusión, el establecimiento de redes de innovación, la cooperación con proveedores, clientes y organismos científico-tecnológicos, la movilidad del personal, etc. En el segundo caso, los encadenamientos generados por las industrias extractivas pueden contribuir a elevar sus impactos en materia de empleo o nivel de actividad, así como a diversificar las economías a través del desarrollo de proveedores de bienes y servicios o la industrialización de las materias primas respectivas (Halland et al., 2015; López, 2017; Morris et al., 2012; Venables, 2016).

En base al trabajo seminal de Hirschman (1977), varios autores han buscado identificar los distintos tipos de eslabonamientos que pueden generarse a partir de las industrias extractivas, buscando comprender su dinámica, sus impactos sobre el desarrollo y las herramientas necesarias para promoverlos (Kaplinsky et al., 2012; Lorentzen, 2006, 2008; Morris et al., 2012; UNECA, 2011). La taxonomía propuesta, que se sintetiza en el Cuadro 1, ofrece un marco conceptual útil para el análisis del presente caso de estudio.

Cuadro 1. Taxonomía de eslabonamientos

Tipo de eslabonamiento		Descripción
Fiscal		A partir de la recaudación impositiva y de las regalías generadas por el sector, el gobierno promueve el desarrollo de actividades que no se vinculan con el recurso natural.
Consumo		Los mayores ingresos generados por la industria extractiva generan demanda de productos elaborados por otros sectores productivos.
Productivo	Hacia atrás	Insumos y procesos desarrollados para la producción del recurso.
	Hacia adelante	Procesamiento y transformación del recurso.
	Horizontales (o laterales o de conocimiento)	El conocimiento, los bienes de capital y los servicios asociados al sector de recursos naturales son utilizados en áreas que no están directamente vinculadas con dicho sector.

Fuente: elaboración propia en base a Lorentzen (2008), Lorentzen (2006) y Morris *et al.* (2012).

De acuerdo a Hirschman (1977), los eslabonamientos productivos –que incluyen a los de naturaleza científico-tecnológica– son aquellos con mayor capacidad para impulsar el crecimiento económico. Los de tipo fiscal, según dicho autor, presentan dificultades tanto por el lado de la recaudación como por la del uso de los recursos. En particular, los países en desarrollo tienen pocas capacidades para seleccionar proyectos de inversión, así como también para implementarlos. En cuanto a los eslabonamientos de consumo, Hirschman consideraba que no era seguro que el aumento de ingresos en el sector extractivo se canalizara hacia una demanda de bienes y servicios generados localmente; por el contrario, en estructuras productivas poco diversificadas, era más probable que ello derivara en un aumento de las importaciones.

Una de las ventajas de los eslabonamientos de tipo productivo frente al resto radica en su relación directa con el sector de recursos naturales. Dentro de este grupo, siempre según Hirschman (1977), los eslabonamientos hacia atrás tienen mayor potencial de desarrollo porque se vinculan con sectores que son, por lo general, tecnológicamente más “familiares” a los actores que operan en las industrias basadas en recursos naturales; en cambio, los eslabonamientos hacia adelante, que involucran el procesamiento de los recursos, a menudo utilizan tecnologías que son menos conocidas para los actores locales.

Mientras que la taxonomía básica discutida brevemente aquí permite examinar la naturaleza y el potencial de los eslabonamientos, cabe preguntarse qué factores promueven su desarrollo. Morris et al. (2012) distinguen dos tipos de factores, que son sintetizados en el Cuadro 2: i) intrínsecos al sector de recursos en cuestión; y ii) contextuales.

Cuadro 2. Factores que afectan el desarrollo de eslabonamientos

Categoría	Tipo	Descripción
Intrínsecos	Exigencias de la eficiencia productiva	Se relacionan con la capacidad de los actores para ser competitivos a nivel internacional. El nivel de las exigencias en el sector determina las presiones para llevar adelante actividades de tercerización allí cuando resulten convenientes. Esto puede generar oportunidades de eslabonamientos en el entorno local donde se realizan las actividades extractivas, en particular cuando sea relevante la necesidad de operar cerca de proveedores y clientes.
	Especificidad de los depósitos del recurso	La especificidad de los recursos mineros requiere que ciertas actividades necesarias para la identificación y explotación eficiente del recurso se desarrollen localmente. Esto supone una oportunidad para los agentes locales que tienen un conocimiento privilegiado del ambiente.
	Intensidad tecnológica de la extracción y procesamiento del recurso	Las actividades de menor complejidad tecnológica presentan menos barreras a la entrada para los actores locales (por ejemplo, provisión de servicios básicos, logística, seguridad, mantenimiento). Sin embargo, en los últimos años, se ha registrado una creciente descentralización en actividades más intensivas en conocimiento en países de menor desarrollo relativo.
Contextuales	Propiedad	<i>Origen:</i> en general, las firmas de origen nacional tienen un vínculo más profundo con la economía local y un grado mayor de familiaridad con los proveedores y clientes, conocen mejor el entorno institucional y están más comprometidas con el desarrollo local que las extranjeras. Por lo tanto, es más probable que generen eslabonamientos más amplios y profundos. <i>Nacionalidad de las firmas:</i> las condiciones que prevalecen en el país de origen de la firma pueden tener importancia en la disposición al riesgo de las subsidiarias en el exterior, los niveles y el origen de contenido importado de los insumos utilizados o, como en el caso de las firmas provenientes de países nórdicos, por ejemplo, ciertas reglas éticas de comportamiento. <i>Atributos específicos</i> de la firma que responden a su propia trayectoria y pueden determinar su disposición a establecer eslabonamientos. Aquí se encuentran, por ejemplo, los tipos de capacidades desarrollados, su visión estratégica o si se trata de una firma pionera o no.
	Infraestructura (física y social)	Es importante tanto para la firma exportadora como para el desarrollo local de proveedores y clientes. La relevancia de la infraestructura para el desarrollo de eslabonamientos dependerá de la naturaleza del recurso (que afecta, por ejemplo, las modalidades de exportación). Asimismo, el nivel de especificidad de la infraestructura requerida por el recurso habilitará o no su uso por parte de otros sectores de la economía.
	Capacidades locales y sistema de innovación	El desarrollo de eslabonamientos requiere que existan en el territorio ciertas capacidades, cuya complejidad aumenta a medida que dichos eslabonamientos se vuelven más intensivos en conocimiento. La creación de eslabonamientos locales requiere, entonces, contar con recursos humanos debidamente capacitados y con instituciones eficientes que faciliten la creación y difusión de conocimiento dentro del sistema.
	Contexto de política	Además de las políticas dirigidas a mejorar la eficiencia a nivel de firma y facilitar el aprendizaje tecnológico, las políticas a nivel macro (por ejemplo, estabilidad macroeconómica o la política de propiedad intelectual) y meso (por ejemplo, políticas sectoriales específicas) tienen gran incidencia para determinar las condiciones de localización de eslabonamientos productivos. Una política efectiva requiere, en primer lugar, la elaboración de una estrategia realista respecto al desarrollo del sector y, en particular, sobre los canales para la promoción de eslabonamientos. En segundo lugar, es necesario que la estrategia esté acompañada por instrumentos de política específicos que estén alineados y se refuerzan entre sí. Asimismo, los gobiernos deben tener las capacidades y la legitimidad para implementar la estrategia diseñada y las políticas que la acompañan. La política debe ser capaz de alinear las visiones y capacidades del sector público, privado y de la sociedad civil (incluyendo a las comunidades que viven en los territorios donde se encuentra el recurso).

Fuente: elaboración propia en base a Morris *et al.* (2012).

En la actualidad, una de las dimensiones centrales dentro de los factores contextuales proviene del hecho de que, como se mencionó en la introducción, la estrategia de construcción de eslabonamientos debe pensarse en el marco de las así llamadas cadenas globales de valor (Gereffi, 2005) o redes globales de producción (Coe y Yeung, 2015). En este sentido, hay que tomar en cuenta que las industrias extractivas están dominadas a nivel global por un conjunto de grandes empresas transnacionales (de capital privado o público según el caso) y se caracterizan por la presencia de elevadas barreras a la entrada, como consecuencia de las dificultades para acceder a la tecnología y de los elevados costos de capital. Por ello, estas industrias a menudo ofrecen limitadas oportunidades para establecer eslabonamientos locales o para desarrollar innovaciones que sean incorporadas en sus procesos de producción (Bridge, 2008), más allá de la tendencia de las empresas líderes a tercerizar las actividades que no forman parte de su *core business* (Morris et al., 2012)⁶.

Aquellas mismas restricciones se trasladan, en muchos casos, “aguas abajo” a través de las sucesivas fases de la cadena de producción en las que teóricamente se agrega valor al recurso –en el caso del litio que aquí nos ocupa, se trataría, por ejemplo, de la batería. Como veremos más adelante, en estos eslabones suele prevalecer la competencia por costos y la misma debe darse con empresas que no solo gozan de mayores niveles de competitividad, sino que también cuentan con un gran volumen de recursos para invertir en actividades de investigación y desarrollo (en la cadena del litio este es el caso de las empresas asiáticas).

En este contexto, el diseño y puesta en marcha de políticas que promuevan los encadenamientos y las actividades de innovación asociadas a las industrias extractivas exige tomar en consideración la estructura de las cadenas globales de valor y los mecanismos por los cuales se gobiernan, así como las estrategias de las multinacionales que lideran dichas cadenas. Estos son factores clave a la hora de identificar las oportunidades para ingresar y escalar posiciones en la división de tareas al interior de cada cadena (Gereffi et al., 2005; Morris et al., 2012) e, incluso, para conocer mejor cuál es el espacio disponible para ampliar la base de proveedores locales en las diferentes industrias.

Para ejemplificar esta discusión es útil recurrir a los casos de Australia y Noruega, dos países de altos ingresos con experiencias de desarrollo basado en recursos naturales. En línea con el argumento que venimos desarrollando, en gran medida los procesos virtuosos detrás de estas experiencias se asentaron en la dinámica de encadenamientos e innovación en las industrias extractivas (Ville y Wicken, 2012). A su vez, la construcción de estos eslabonamientos y la acumulación de capacidades de innovación estuvieron, en gran medida, impulsadas por políticas específicas. En el caso noruego, las empresas extranjeras fueron invitadas a entrar en arreglos cooperativos de capacitación e investigación con las universidades nacionales, lo que permitió generar capital humano y programas de formación específicos para el sector. También se introdujeron instrumentos para promover las actividades de investigación y desarrollo, la transferencia de tecnología en la industria petrolera, así como exigencias de localización de ciertas actividades innovativas en el país. En tanto, si bien no existieron mandatos de contenido local mínimo, las empresas extranjeras fueron proclives a contratar proveedores locales, aunque no fueran decisiones eficientes en términos de sus costos,

⁶ En efecto, en las industrias extractivas se ha observado una creciente descentralización de actividades previamente desarrolladas por las empresas productoras hacia firmas especializadas que proveen servicios de exploración y testeo, diseño de equipamiento y procesos, servicios de perforación, manejo de proyectos, planeamiento, servicios ambientales, automatización, etc. (Sasson y Blomgren, 2011; Urzúa 2012).

bajo la presunción de que esas iniciativas serían bien vistas por el gobierno de cara a futuras renovaciones de las licencias de explotación. Asimismo, se establecieron normas para asegurar que las empresas locales estuvieran en pie de igualdad para competir y acceder a la información sobre potenciales contratos vis-à-vis los proveedores extranjeros (Halland et al., 2015; Sasson y Blomgren, 2011; Tordo y Anouti, 2013).

En el caso australiano, el menú de políticas incluyó el diálogo público-privado para desarrollar estrategias de generación de capacidades a largo plazo, incentivos para proyectos de innovación y formación de personal, apoyo a la exportación y al desarrollo de capacidades empresariales y cooperación con universidades e institutos de investigación (Boston Consulting Group, 2007, Urzúa 2012). Por ejemplo, el gobierno australiano exige que todos los proyectos mayores a los USD 500 millones desarrollen un estudio de impacto que incluya las posibilidades de vinculaciones, transferencia de conocimiento y alianzas estratégicas, así como la comunicación de los resultados respectivos, lo que facilita que las empresas locales tengan oportunidad de convertirse en proveedores de las firmas mineras, para lo cual también reciben asistencia técnica de parte del gobierno (CEPAL, 2016).

Son varios los países en desarrollo que han tratado de implementar iniciativas similares. En el caso de los eslabonamientos hacia atrás, algunas de esas iniciativas podrían, en principio, ser beneficiosas también para las propias multinacionales, considerando que los salarios en los países receptores suelen ser menores que los que se pagan al personal expatriado, y que habría también ganancias potenciales de costos y tiempos de entrega en un marco de mayores conexiones con proveedores locales. Sin embargo, en general, las políticas de contenido local mínimo de carácter obligatorio parecen no haber funcionado bien debido a que son relativamente pocas las firmas de países en desarrollo que cuentan con el capital humano, la tecnología y la información requeridas para convertirse en proveedores eficientes de las multinacionales que dominan las industrias extractivas (Halland *et al.*, 2015; Tordo & Anouti, 2013; Venables, 2016)⁷. En tanto, iniciativas no mandatorias, como el caso del Programa de Proveedores de Clase Mundial implementado en Chile en la pasada década, tampoco tuvieron resultados significativos (Urzúa et al., 2016).

Este caso es un ejemplo específico que ilustra la situación de América Latina y el Caribe en su conjunto. La evidencia disponible sugiere que los encadenamientos productivos y de conocimiento generados por las industrias extractivas en la región son relativamente modestos y, en general, avanzan poco hacia las tareas tecnológicamente más complejas, donde se enfrentan a la competencia con proveedores internacionales ya establecidos. Incluso, cuando se logra avanzar en esta dirección, las actividades más intensivas en conocimiento no se llevan adelante en los territorios donde se explotan los recursos, sino en los grandes centros urbanos. Los encadenamientos locales se limitan a bienes y servicios de baja intensidad tecnológica, alentados en todo caso por políticas de desarrollo comunitario o responsabilidad social corporativa (CEPAL, 2016; López, 2017). El carácter limitado de los impactos observados en la región es el resultado de la combinación de uno o más de los siguientes factores contextuales: i) programas públicos con recursos insuficientes o inestables en el tiempo; ii) ausencia de capacidades locales; iii) dificultad para alinear la

⁷ Para ilustrar la escasa potencia de los encadenamientos hacia atrás en los países en desarrollo podemos citar las estimaciones de Maennling (2016), donde se comparan operaciones mineras similares en un país de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y en otro de ingresos medios-bajos. Las compras locales representan el 58% del gasto operativo en el primer caso y apenas el 12% en el segundo (en contraparte, las compras al exterior son el 6% y el 45%, respectivamente, en cada caso).

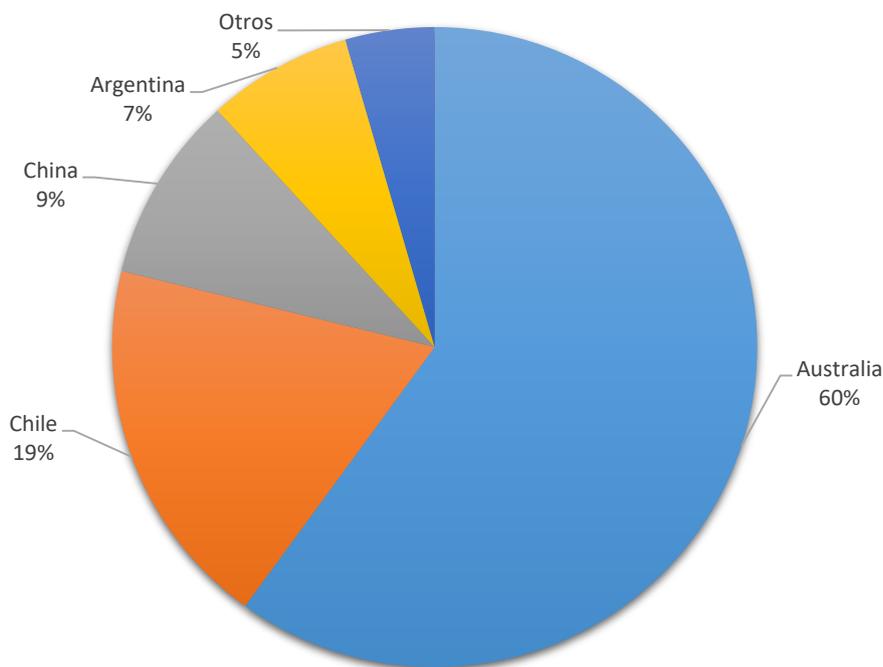
agenda de incentivos entre los distintos agentes involucrados; y iv) falta de mecanismos efectivos de coordinación, incluso al interior de los propios gobiernos.

En cuanto a los encadenamientos hacia adelante, los países en desarrollo con frecuencia han buscado estimular el procesamiento local de las materias primas imponiendo restricciones a su exportación y/o mediante la promoción de proyectos en industrias aguas abajo (por ejemplo, petroquímica, siderurgia). Estas estrategias muchas veces han encontrado obstáculos en materia de escala de mercado y barreras comerciales en los destinos potenciales. La evidencia muestra también que raramente funcionan por sí solas en ausencia de otras capacidades complementarias, como, por ejemplo, el acceso a energía, tecnología y/o financiamiento (Venables *et al.*, 2016; Halland *et al.*, 2016). Asimismo, cabe recordar que muchos de estos sectores aguas abajo son industrias maduras, donde prevalece la competencia vía precios, se genera poco empleo directo y cuyas dinámicas innovadoras no son particularmente intensas. Así, no sorprende que en los citados casos de Australia y Noruega ninguno de los gobiernos respectivos promoviera el desarrollo de este tipo de encadenamientos, ya que no existían las capacidades necesarias para generar sectores competitivos.

2. La cadena de valor del litio

En la actualidad, las dos mayores fuentes de donde se extrae litio son los minerales pegmatíticos y los salares de cuenca cerrada. Mientras que Australia es el principal productor entre los primeros, Chile, China y Argentina encabezan la producción entre los segundos (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribución por país de la producción mundial estimada de litio por en 2018.

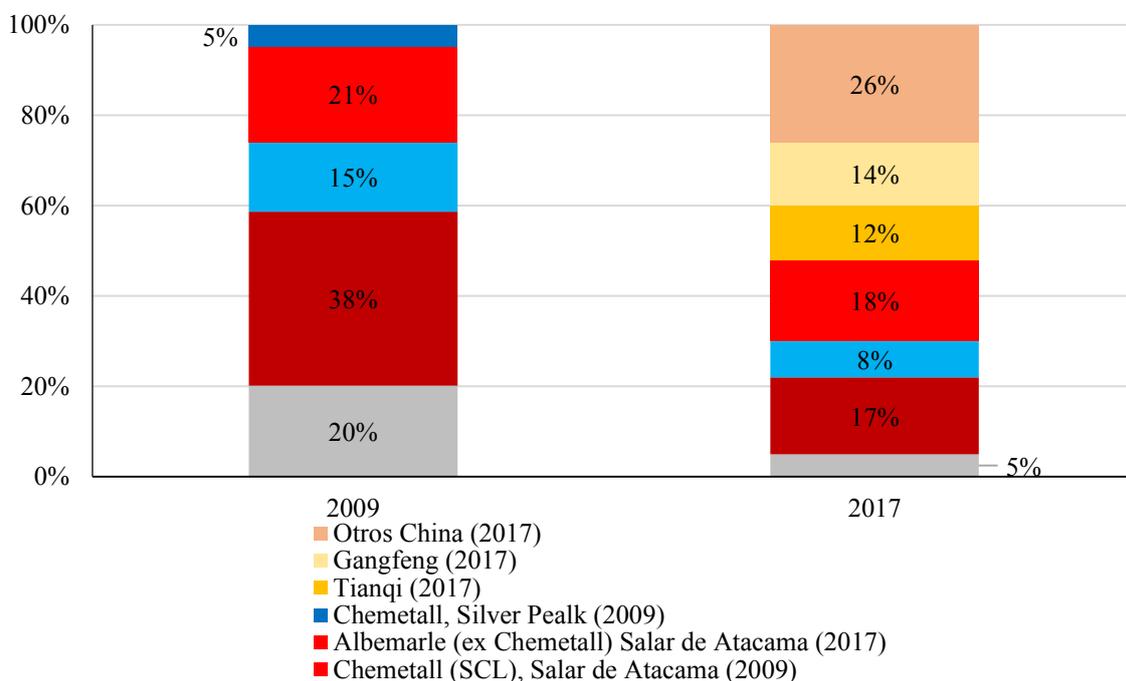


Fuente: U.S. Geological Service (2019).

Hasta hace unos pocos años, la producción de litio se había concentrado en unas pocas empresas: las pioneras estadounidenses (actualmente Livent y Albemarle) y, a partir de los años noventa, la chilena SQM.

En 2009, la capacidad de producción conjunta de estas tres empresas (por entonces, las estadounidenses eran FMC y Chemetall) representaba el 80% de la capacidad mundial. Más recientemente, el mercado ha mostrado una progresiva desconcentración, que queda ilustrada por la participación del 43% que estas mismas firmas tenían en el mercado en 2017 (Gráfico 2). Los nuevos jugadores son, especialmente, de capitales chinos, como Tianqi y Gangfeng. En el territorio argentino, fuera de Livent, también nos encontramos con empresas “no tradicionales”, como Orocobre (Australia) y –aún en fase de inversión– Eramet (Francia) y Lithium Americas (Canadá).

Gráfico 2: Distribución de la capacidad productiva de compuestos de litio por empresa, porcentaje.



Fuente: COCHILCO (2009, 2018).

El proceso de producción que se utiliza para la producción de compuestos de litio a partir de salares se denomina “evaporítico”. Consiste, básicamente, en el bombeo de la salmuera a unas pozas de evaporación que se construyen junto a ellos, en las que se agrega cal para precipitar cloruro de sodio y cloruro de potasio junto a otras sales hasta que se alcanza un contenido de litio de alrededor de un 6%. La solución se procesa luego en una planta industrial donde, a través de distintos procedimientos químicos en los que se utilizan reactivos para extraer residuos, se obtiene el carbonato de litio en la pureza deseada.

Los costos de explotación de los minerales pegmatíticos son, en promedio, mayores que aquellos que prevalecen en las explotaciones de salares (Deutsche Bank, 2016)⁸. Sin embargo, como contrapartida, los costos de capital de estos últimos son más elevados. Asimismo, los tiempos requeridos para las fases de prospección y piloto pueden extenderse hasta 10 años, mientras que también los tiempos para la cosecha del litio que exigen los métodos evaporíticos son muy largos (entre 12 y 24 meses). El proceso es altamente dependiente de factores climáticos y meteorológicos, en particular de las precipitaciones y el potencial de evaporación.

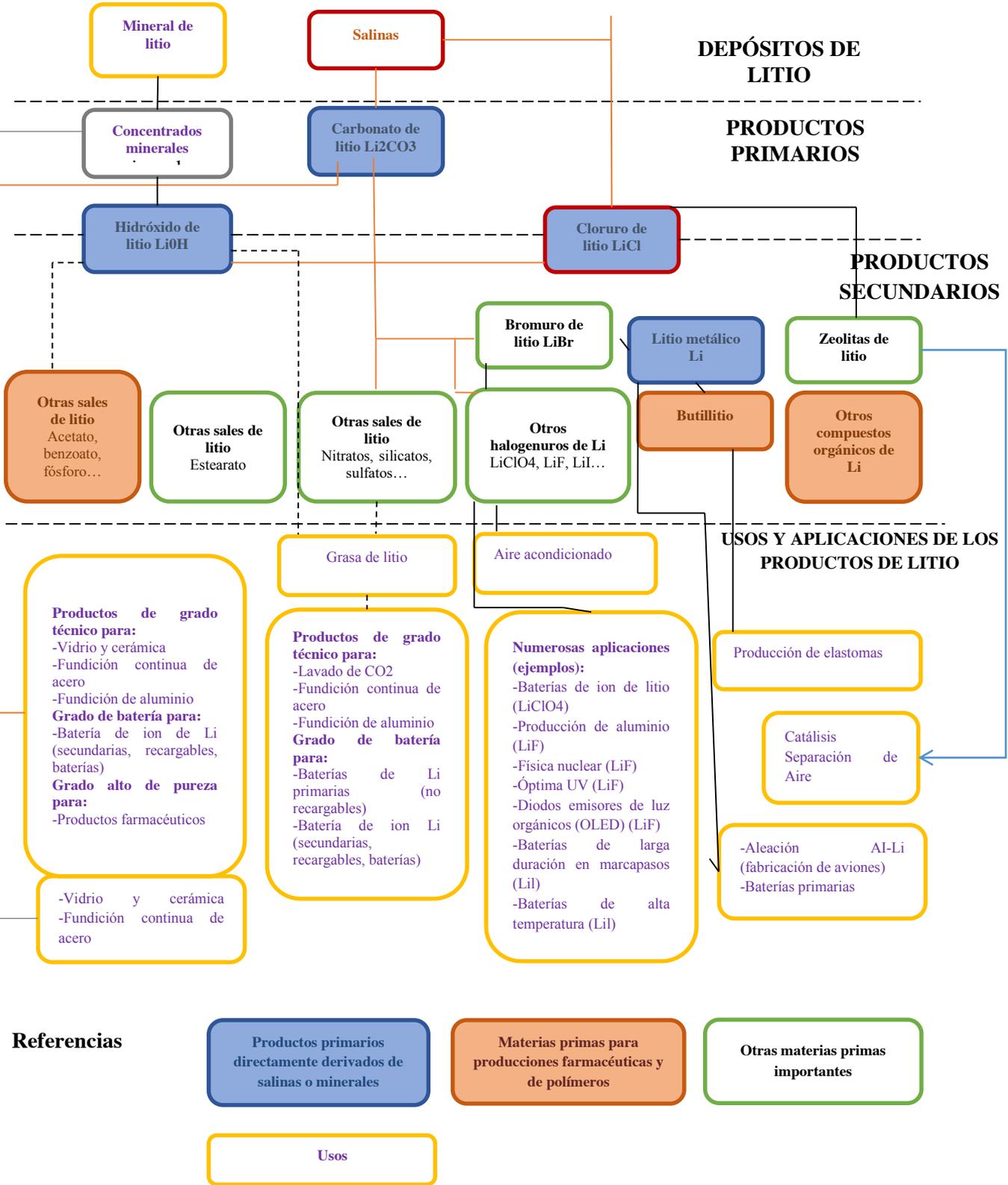
Otro de los problemas que presenta esta tecnología es que arroja como residuos sales impuras de sodio, magnesio y calcio. Asimismo, el proceso supone la pérdida de grandes volúmenes de agua que, aun cuando por sus elevados niveles de salinidad no son aptos para consumo o irrigación, potencialmente podrían ser recuperados para otros fines (Calvo, 2017, Flexer et al., 2018). En relación al agua, la Comisión Nacional del Litio, creada en Chile en 2014, llamó la atención sobre la necesidad de estudiar el impacto que el comportamiento hidrogeológico de las salmueras del acuífero puede tener sobre pertenencias contiguas, además del impacto sobre el entorno inmediato (Comisión Nacional del Litio, 2015). La importancia de esta cuestión, sobre la que no se exigen estudios de impacto, ha llamado también la atención de los servicios geológicos británicos y estadounidenses. De aquí derivan entonces diversas cuestiones asociadas a la explotación sustentable e integral de los recursos disponibles en los salares.

Con el propósito de atenuar algunos de los problemas que presentan las técnicas evaporíticas de concentración de litio, distintas empresas y centros de investigación se encuentran desarrollando tecnologías alternativas. Entre los proyectos relevados se han identificado como objetivos prioritarios la disminución de los costos de capital, la reducción de los tiempos de cosecha y de los volúmenes de agua evaporada. Firmas e instituciones australianas, canadienses, coreanas, estadounidenses, francesas e israelíes forman parte de la competencia por desarrollar estas nuevas técnicas. Algunas de ellas están o apuntan a experimentar con ellas en salares en la Argentina, donde también, como veremos más abajo, hay instituciones locales trabajando con similares objetivos (López et al., 2019).

En relación a las actividades aguas abajo, en el Gráfico 1 se observa la cadena de derivados del litio, desde los minerales concentrados –en el caso de las fuentes de espodumeno– y el carbonato de litio hasta sus principales usos. En términos de volumen de mercado, el carbonato de litio es el principal producto. Sin embargo, el hidróxido de litio tiene un mayor potencial de crecimiento por su mejor desempeño, siendo además obligatorio su utilización en baterías ricas en níquel (Weimer et al., 2019).

⁸ Por ejemplo, los costos de producción de SQM en el salar de Atacama, los más bajos del mundo, rondan los USD 2500/3000 dólares la tonelada, mientras que en Australia, asciende a USD 4500. Orocobre, en Argentina, ha tenido costos de alrededor de USD 4000 por tonelada, aun cuando se trate de una explotación en salar.

Gráfico 3. Productos de litio, derivados y usos.



Fuente: Deutsche Bank (2016).

Por su potencial económico en el futuro cercano, las aplicaciones vinculadas a la batería de ion-litio son aquellas que despiertan mayor interés. En esencia, la cadena de valor de las baterías podría descomponerse en los siguientes eslabones: i) materias primas, ii) fabricación de los componentes de las celdas (es decir, el ánodo, el cátodo, el electrolito y los separadores), iii) fabricación de celdas, iv) producción de baterías, v) usos de las baterías, y vi) reciclado de las baterías.

Mientras que, como hemos visto, los eslabones aguas arriba están dominados por firmas estadounidenses, chilenas y, crecientemente, chinas, en los segmentos aguas abajo asumen una posición excluyente las firmas asiáticas. A nivel territorial, se destacan Japón, Corea del Sur y, una vez más, China, como los principales centros de producción. De hecho, las firmas chinas se han destacado en la última década por una estrategia de creciente integración a lo largo de la cadena de valor. El país ha reforzado su posición en la fase extractiva, tanto en los salares de su país –que no son, ciertamente aquellos que presentan las mejores condiciones para una explotación eficiente–, se ha consolidado como el principal importador de carbonato de litio –fundamentalmente desde Chile y la Argentina– y es el mayor refinador de mineral de espodumeno, importado desde Australia. Asimismo, China cuenta con una gran capacidad de producción de compuestos de litio, incluyendo en particular el hidróxido de litio y el litio metálico. Más abajo en la cadena de valor, sus empresas se destacan tanto en la producción de componentes y celdas de baterías, como en la producción de automóviles y buses eléctricos (Pillot, 2017).

Actualmente, en Argentina, hay dos empresas con operaciones a escala industrial. El primer proyecto que inició sus actividades en el país, en 1998, estuvo liderado por Minera del Altiplano, una subsidiaria de la actual Livent –por entonces FMC–, que opera el Salar del Hombre Muerto (Catamarca). El segundo, que opera en el salar de Olaroz, en la provincia de Jujuy, corresponde a las empresas Sales de Jujuy, un *joint venture* entre la empresa australiana Orocobre (66,5% del capital), la japonesa Toyota Tsusho Corporation (25%) y la firma del Estado provincial Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE). Esta última llegó a un acuerdo con las empresas extranjeras por una participación del 8,5% del capital y una cuota del 5% de la producción sobre la que tiene prioridad de venta. En 2018, Minera del Altiplano produjo alrededor de 17.000 tn LCE, mientras que Sales de Jujuy se ubicó en torno a las 12.400 tn LCE. De acuerdo a las ampliaciones proyectadas, en 2020 Minera del Altiplano aumentaría su capacidad productiva en 9.500 tn LCE, mientras que el objetivo final sería aumentar la capacidad en 40.000 tn LCE. En lo que se refiere a Sales de Jujuy, la empresa aumentaría su capacidad productiva a 42.500 tn LCE en 2022.

Existen otros dos emprendimientos en una fase avanzada de construcción que comenzarían a operar a escala industrial durante el curso de 2021: uno en el Salar Olaroz-Cauchari (Jujuy) y otro el salar Centenario Ratonés (Salta). El primero corresponde a Minera Exar, un *joint-venture* entre la canadiense Lithium Americas y Gangfeng Lithium (China) –que también cuenta con una participación minoritaria del 8,5% de JEMSE– y de la francesa Eramet. Las firmas que operan en Argentina tienen un modelo de negocios similar, que consiste, fundamentalmente, en la producción de carbonato de litio –en el caso de Livent, también cloruro de litio– y su exportación para el posterior procesamiento de sus derivados en el exterior. En parte, las ventas al exterior son, en verdad, comercio intra-firma, puesto que las empresas que operan en los salares son también fabricantes de productos que utilizan el carbonato de litio como insumo.

Como se ha señalado, en 2011, la provincia de Jujuy ha declarado el litio como recurso estratégico con el objetivo de potenciar el impacto del litio sobre las condiciones de desarrollo de la provincia. Esto ha supuesto no solo perseguir un aumento en las inversiones en proyectos extractivos, sino también mejorar las condiciones para la apropiación de la renta generada y promover el desarrollo de eslabonamientos

productivos y capacidades tecnológicas en torno a las explotaciones de litio –y, más en general, en materiales avanzados y almacenamiento de energía.

Una de las principales medidas en el marco de esta declaración ha sido la creación de JEMSE, que, como se ha señalado, tiene una participación accionaria de 8,5% en las empresas que operan los salares y la prioridad de venta sobre una cuota del 5% del carbonato de litio producido. Esta cuota es, justamente, el instrumento que JEMSE ha utilizado para negociar con empresas extranjeras la localización de actividades productivas vinculadas a las baterías de ion litio en la provincia. Entre los acuerdos alcanzados se destaca el que ha firmado con el grupo italiano SERI para avanzar en la construcción de una planta de baterías de ion-litio. El plan de negocios supone, inicialmente, el ensamblado de baterías, mientras que más adelante se avanzaría en la producción de celdas y material activo (López et al., 2019).

Con una visión más orientada al desarrollo de capacidades tecnológicas, en 2015, se creó el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU), comúnmente conocido como “Instituto del Litio”. Se trata de un organismo dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJU) y del gobierno de dicha provincia, que opera en la ciudad de Palpalá. Si bien, como se verá debajo, sus líneas de investigación actuales se focalizan prioritariamente en temas relacionados al litio, el ámbito de interés del CIDMEJU excede a este recurso, abarcando las técnicas de extracción de otros recursos presentes en los salares, la ciencia de materiales y las aplicaciones energéticas. Sus actividades incluyen la I+D, la formación de recursos humanos y las tareas de transferencia tecnológica en los ámbitos mencionados.

3. Análisis de las oportunidades y obstáculos para el desarrollo de eslabonamientos a partir del litio en Argentina

En esta sección, se identifican las principales iniciativas desarrolladas en Argentina con el propósito de construir encadenamientos productivos o desarrollar de capacidades tecnológicas vinculadas al litio. Luego, en base al enfoque presentado en la sección sobre industrias extractivas y desarrollo económico, y considerando las características de las etapas de la cadena de valor relevantes en cada caso, se analizan las oportunidades y obstáculos que presentan estas distintas iniciativas. En el Cuadro 3 se clasifican los proyectos relevados de acuerdo al tipo de eslabonamiento productivo al que darían lugar. Tomando como punto de referencia la producción de carbonato de litio, los proyectos se orientan a crear eslabonamientos “hacia atrás” (o “aguas arriba” en la cadena de valor) o “hacia adelante” (“aguas abajo”).

Como puede observarse, la mayor parte de las iniciativas relevadas⁹ son desarrolladas por un número relativamente reducido de actores: el CIDMEJU –y sus colaboradores– y la red de investigadores liderada por la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación de la Universidad Nacional de Córdoba (FAMAF) y el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas de la Universidad Nacional de La Plata (INIFTA).

⁹ No han sido incluidos aquí proyectos de investigación desarrollados, por ejemplo, por investigadores individuales del sistema de ciencia y tecnología.

Cuadro 3. Principales iniciativas relevadas relacionadas con litio

AGUAS ARRIBA (hacia atrás)	AGUAS ABAJO (hacia adelante)				
Extracción y procesamiento	Derivados de litio	Baterías			
		Material activo	Celdas y sus componentes	Battery pack	Reciclado de baterías
1. Explotación sustentable de los salares 2. Mejora en la eficiencia de métodos evaporíticos 3. Desarrollo de métodos no evaporíticos para operaciones en salmueras 4. Explotación integral de salares 5. Eslabonamientos productivos en torno a operaciones en salares 6. Desarrollo de procesos para la explotación de yacimientos de litio en pegmatitas.	7. Desarrollo de procesos para producción de hidróxido de litio; 8. Desarrollo de procesos para producción de litio metálico; 9. Desarrollo de procesos para separación isotópica de litio 6 y litio 7.	10. Desarrollo y fabricación de material activo	11. Fabricación de celdas	12. Ensamblado y fabricación de baterías	14. Desarrollo de procesos para el reciclado de baterías
		13. Investigación y desarrollo en baterías y sus componentes			

Fuente: elaboración propia en base a trabajo de campo.

Entre los proyectos analizados puede observarse que, tanto aguas arriba como aguas abajo, la mayor parte se refiere a actividades que tienen un vínculo directo con el recurso, es decir, se concentran “en torno” al litio. Esto conlleva ciertas ventajas respecto a iniciativas más “distantes” respecto al recurso, que se desarrollan en extremos de la cadena de valor. En primer lugar, cuanto más cercana sea la vinculación de los proyectos a las fuentes de litio, mayor capacidad de intervención tendrían las autoridades competentes para alinear los intereses y las acciones de los actores involucrados, ya que cuenta con competencias normativas directas sobre los salares. En segundo lugar, como señala Hirschman (1977), las iniciativas que se articulan en torno al recurso son, por lo general, más familiares a los actores locales que aquellas que se ubican lejos de él –y, además, es más probable que existan ya algunas capacidades instaladas. En términos de políticas, el apoyo a proyectos con vínculo directo al litio permitiría construir un sendero evolutivo, en base a la acumulación incremental de capacidades, que habilitaría luego la expansión hacia otros sectores –eslabonamientos “horizontales”– así como la posibilidad de escalar posiciones dentro de la misma cadena del litio. Esta visión del desarrollo, basada en la construcción progresiva de eslabonamientos productivos, fue caracterizada por Hirschman (1977) con la expresión “una cosa lleva a la otra” (*one thing leads to another*).

En general, las iniciativas aguas arriba están favorecidas por factores intrínsecos que promueven la localización de eslabonamientos (Morris et al., 2012). Entre estos factores se destacan, por ejemplo, las especificidades que presentan los depósitos de litio que exigen esfuerzos locales de investigación, por

ejemplo, para mejorar el conocimiento de la hidrogeología y de los recursos que contienen los salares, así como el desarrollo de métodos más eficientes para su extracción. Asimismo, la intención de realizar una explotación más eficiente y sustentable del recurso abre lugar a la búsqueda de mejores procesos de extracción, tanto dentro de las actuales tecnologías evaporíticas, como a partir de innovaciones disruptivas mediante técnicas no evaporíticas.

En el caso de los eslabonamientos aguas abajo la presión de los factores intrínsecos para la localización de procesos resulta menor. A diferencia de las actividades aguas arriba, donde, por ejemplo, existen presiones para que el carbonato de litio se produzca cerca de los salares, no se registran exigencias significativas ligadas a la eficiencia productiva ni especificidades que deban ser atendidas mediante el desarrollo de encadenamientos aguas abajo. A pesar de esto, han sido las iniciativas vinculadas a las baterías aquellas que han recibido mayor impulso político y cuentan, en términos relativos, con mayor apoyo presupuestario. Estas iniciativas se articulan con intereses que provienen del sistema de innovación nacional, ya que refuerzan una agenda de investigación con la que ciertos actores del sistema científico y tecnológico venían trabajando aun antes de la puesta en marcha de las políticas específicas.

Esto no es de extrañar, toda vez que, como se ha señalado, los gobiernos tienden a favorecer las iniciativas de eslabonamientos productivos aguas abajo. En contraposición a las ventajas que tienen los proyectos “cercaños” al recurso, cuanto más lejos del salar se encuentren los proyectos, surgen algunas “distancias” que plantean importantes desafíos. En primer lugar, encontramos una distancia “material”, que se explica por el bajo peso relativo que tiene el litio en el costo total de la batería –alrededor del 7-8% (Puchta, 2019). Esto implica que las ventajas de contar con litio son relativamente bajas y que la provisión del resto de los componentes –algunos de ellos críticos, como el cobalto y el grafito (Lebedeva et al., 2016; Weimer et al., 2019)– debería cubrirse mediante importaciones o desarrollarse localmente (algo imposible en muchos casos ya que no existen los recursos naturales en el país).

En segundo lugar, se identifica una distancia “tecno-productiva”, expresada en la brecha que existe entre las capacidades locales y aquellas necesarias para fabricar baterías y sus componentes. Esta distancia no solo concierne a la capacidad de comprender o de desarrollar una batería en el laboratorio –de hecho, en este tipo de actividades la distancia respecto a la frontera es menor–, sino más bien a producir baterías a gran escala con niveles de productividad que permitan competir en los mercados internacionales. Esto se vincula con la distancia de “competitividad” que existe respecto a las empresas asiáticas, que ni siquiera las empresas estadounidenses y europeas han logrado cerrar. Los mercados de baterías, en particular aquellas utilizadas en el sector automotriz, son jerárquicos y dominados por la búsqueda de reducción de costos de producción.

En el Cuadro 4 se sintetizan los objetivos de los proyectos identificados, los actores involucrados en cada caso y los obstáculos que enfrentan. Esta información permite apreciar, más allá de las barreras de carácter más general que se analizaron más arriba, cuáles son los desafíos específicos que enfrentan cada uno de los proyectos. Como puede verse, uno de los problemas más notorios es el de las fallas de coordinación entre los actores involucrados. En primer lugar, los actores privados tienen poco interés por la agenda de investigación de los actores del sistema de ciencia y tecnología. Por ejemplo, las empresas que han sido beneficiadas con la concesión para la operación de salares en la región restringen el acceso para realizar investigaciones hidrogeológicas. De igual modo, tienen pocos incentivos para colaborar en el desarrollo de métodos no evaporíticos de extracción y procesamiento, en gran medida porque ya han hundido capital en las instalaciones que tienen en uso. Asimismo, por su naturaleza transnacional, tienen preferencia por realizar el estudio y desarrollo de soluciones vinculadas a los procesos de producción de los bienes relacionados con el litio al interior de la corporación.

Cuadro 4. Proyectos locales identificados en relación al litio

Área de intervención	Proyecto – Objetivos	Actores locales participantes	Obstáculos identificados
AGUAS ARRIBA			
Explotación sustentable de los salares	Cuantificación de recursos y conocimiento sobre la composición de los salares. Hidrogeología de los salares y los factores que gobiernan su dinámica. Objetivos: i) conocer mejor las modalidades y los tiempos de recarga de la salmuera; y ii) conocer mejor el origen de los salares.	Mesa del litio de los salares (COFEMIN)/ Autoridades de aplicación provinciales SEGEMAR Instituto de Geología y Minería (UNJU) CIDMEJU Servicios geológicos de China y Estados Unidos	Dificultades para acceder a salares por parte de investigadores de organizaciones públicas y universidades. Presupuesto limitado. Limitada articulación con equipos de CyT.
Mejora en la eficiencia de métodos evaporíticos	Utilización de membranas sobre piletas de evaporación. Objetivos: i) recuperar agua para actividades de riego; y ii) reducir dependencia de condiciones climáticas. Producción de biogás a partir de aguas negras de campamentos mineros. Objetivos: i) mejorar la gestión ambiental de campamentos; y ii) sustituir insumos traídos desde el llano.	CIDMEJU Universidad Nacional de Salta Sales de Jujuy INTI (Palpalá) CIDMEJU	Presupuesto limitado. Limitada cooperación con empresas concesionarias. Falta de incentivos para que las empresas modifiquen el tratamiento de aguas negras Presupuesto limitado para actividades de desarrollo.
Desarrollo de métodos no evaporíticos para operaciones en salmueras	Método de recuperación electroquímico en un medio acuoso. Objetivos: i) reducir el tiempo para la obtención de cloruro de litio a unas pocas horas; y ii) reducir el consumo de agua durante el proceso.	Ernesto Calvo (INQUIMAE-UBA) CIDMEJU Y-TEC Clorar	Dificultades técnicas. Dificultad para recaudar fondos para construcción de planta piloto. Poco interés de empresas instaladas en la adopción de métodos alternativos. Conflicto por derechos de comercialización Métodos alternativos en estadio más avanzado.
Explotación integral de salares	Desarrollo de procesos para realizar una explotación viable en términos económicos de otros recursos presentes en los salares (por ejemplo, hidróxido de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio).	Daniel Galli (UNJU) CIDMEJU INTI (Palpalá) SEGEMAR	Poco interés por parte de las empresas para explotar recursos considerados de poco interés económico y, por lo tanto, excluidos del modelo de negocios. Escasa capacidad de regulación de las actividades de las empresas. Presupuesto limitado para actividades de desarrollo. Poca información para identificar y cuantificar recursos en salares.

	Estudio integral de la composición química de las salmueras.		
Eslabonamientos productivos en torno a operaciones en salares	Desarrollo de eslabonamientos en operaciones ligadas a la explotación de salares. Objetivos: i) mejorar capacidades de actores locales para aumentar su participación en la provisión de servicios de ingeniería y consultoría intensiva en conocimiento; y ii) mejorar capacidades de comunidades locales para proveer servicios de calidad a las empresas que operan en los salares (por ejemplo, transporte y logística, reparación de planta e infraestructura, alimentación, lavandería y limpieza, pequeñas obras de mantenimiento, etc.).	CIDMEJU INTI (Palpalá) Sistema científico y tecnológico (Secretarías provinciales de Ciencia y Técnica; universidades y centros de formación, CONICET).	Baja tasa de retención del sistema educativo en áreas relacionadas (especialmente en provincias donde se encuentran los salares). Preferencia de empresas que operan en salares por realizar tareas de desarrollo internamente. Asimetría entre empresas transnacionales y comunidades locales. Bajas capacidades técnicas y de gestión empresarial en comunidades locales. Presupuesto limitado para actividades de formación.
Desarrollo de procesos para la explotación de yacimientos de litio en pegmatitas	Test a escala piloto del proceso desarrollado para obtener litio a partir de pegmatitas, caracterizado por su bajo consumo de energía y su capacidad para recuperar otros elementos presentes en la roca.	Universidad Nacional de Cuyo CONICET Latin Resources	La exploración de yacimientos de pegmatitas se encuentra en estadio inicial y es incierta la posibilidad de explotación futura.
AGUAS ABAJO			
Elaboración local de derivados de litio	Desarrollo de capacidades para la producción de derivados de litio en el país. Objetivos: i) desarrollo de procesos para producción de hidróxido de litio; ii) desarrollo de procesos para producción de litio metálico; y iii) desarrollo de procesos para separación isotópica de litio 6 y litio 7.	CIDMEJU INTI (Palpalá) Clorar UNJU Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)	El modelo de negocios de las empresas que operan los salares no incluye la producción local de derivados del litio. Concentración de mercado por parte de empresas establecidas (principalmente asiáticas). No hay agentes locales que manejen la tecnología para producción a escala industrial. Elevados costos de producción locales.
Investigación y desarrollo en baterías y sus componentes	Desarrollo de capacidades locales que sirvan como base para el avance de las iniciativas productivas relacionadas con la fabricación de baterías y sus componentes.	FAMAF INIFTA Universidad Nacional de Catamarca CONICET Y-TEC	Dificultades para desarrollar modelos de negocios atractivos para empresarios operando en el país. Dificultades para lograr apoyo de políticas públicas que promuevan la industrialización de las innovaciones desarrolladas.
Fabricación de baterías y sus componentes	Plan de negocios para producir en la provincia de Jujuy baterías de ion-litio y sus componentes. Objetivos: i) producción en la provincia de Jujuy de baterías, celdas y material activo en asociación con Grupo SERI; ii) participación accionaria en emprendimientos que el	Grupo SERI (FIB-FAAM, Lithops) JEMSE/Jujuy Litio Y-TEC	El grupo SERI actualmente no produce material activo y celdas a escala industrial. Es un actor pequeño en el mercado de baterías ion-litio. Falta de información sobre estructura de costos de la producción local de las baterías y margen respecto a precio “de mercado”. Importante para estimar “costo” del proceso de

	Grupo SERI desarrolle en Italia y otros países para la producción de baterías, celdas y material activo; y iii) utilización de la cuota de litio a disposición de JEMSE para aumentar los flujos de recursos económicos de la provincia de Jujuy.	CIDMEJU	aprendizaje del proyecto. Poca precisión sobre programa de transferencia tecnológica por parte de Grupo SERI a actores locales. La responsabilidad de comercialización de baterías producidas recae sobre provincia de Jujuy. Falta de coordinación con políticas nacionales para mejorar condiciones de desarrollo del proyecto (por ejemplo, política de renovación de la flota de autobuses). Limitaciones presupuestarias para programas de compras públicas para la innovación Barreras a la entrada: concentración del mercado de baterías en pocos productores (mayormente asiáticos).
Desarrollo de procesos para el reciclado de baterías	Desarrollo de procesos amigables con el medioambiente que permitan un alto grado de recuperación de baterías de ion-litio.	Universidad Nacional de Cuyo CONICET Departamento de Godoy Cruz (Mendoza)	Proceso en escala piloto con altos costos del litio recuperado.

Fuente: elaboración propia en base al trabajo de campo.

Asimismo, se observan fallas de coordinación entre niveles de gobierno, un problema que se amplifica en el caso de un sistema federal como el que rige en Argentina. Un caso que ilustra las tensiones es el siguiente: mientras que los esfuerzos de la provincia de Jujuy para apoyar el desarrollo de una industria de baterías local se orientan a lograr algún tipo de esquema de compras públicas que apoye la reconversión de la flota de buses urbanos, el gobierno nacional abre un cupo para la importación de autobuses eléctricos libres de aranceles. Más allá de la evaluación que se pueda hacer sobre la conveniencia de producir localmente baterías con dicho fin, resulta evidente la existencia de objetivos contrapuestos entre los distintos niveles de gobierno.

También emergen obstáculos estructurales, identificados más arriba, que se derivan del funcionamiento de las cadenas globales de valor que utilizan litio. Estos obstáculos son especialmente fuertes en el mercado de baterías automotrices, donde los niveles de competencia y jerarquía entre los participantes de la cadena imponen restricciones para el ingreso de actores más pequeños, que operan lejos de los principales mercados consumidores de vehículos eléctricos y son tecnológicamente más retrasados. Pero también hay obstáculos importantes que dificultan el desarrollo de eslabonamientos en las fases de extracción y procesamiento, donde las asimetrías son notorias, por ejemplo, en el vínculo entre empresas transnacionales del sector minero y el entorno productivo local.

Existen también obstáculos que afectan las etapas productiva y comercial de las iniciativas locales. Por ejemplo, no es claro cuáles son los modelos de negocio asociados a aquellos proyectos que superen la fase de desarrollo. En particular, no se han encontrado empresas (públicas o privadas) con capacidades e interés para apoyar el desarrollo de los eventuales proyectos innovadores. Estos obstáculos son especialmente notorios en el segmento de baterías. Los proyectos en curso no logran identificar con claridad cuáles son los productos que se desarrollarían y cuáles los mercados potenciales. Considerando la intensa competencia que prevalece en estos mercados, la sustentabilidad de estos proyectos queda supeditada a la necesidad de establecer un plan de negocios que prevea, en primer lugar, una curva de aprendizaje tecnológico que permita reducir costos de producción aceleradamente, al tiempo que, en segundo lugar, asegure un volumen de demanda que habilite que los proyectos operen en una escala adecuada. Esto supone, asimismo, asegurar una línea de presupuesto que permita financiar el período de desarrollo de los negocios, hasta alcanzar el punto de auto sustentabilidad del negocio.

Para ilustrar estos argumentos es útil recurrir a un informe de Deutsche Bank (2016) que realiza una evaluación de las barreras a la entrada de nuevas firmas en los distintos eslabones de la cadena del litio en base a un conjunto de indicadores y dimensiones analíticas (Cuadro 5). A medida que se avanza en la cadena, las condiciones de competencia son más intensas y los mercados más dinámicos, por lo que la supervivencia en estos segmentos requiere elevados niveles de productividad y una mejora permanente de costos y procesos. Se estima que los costos de producción de celdas de baterías disminuirán del valor actual de alrededor de USD 176/kWh –en 2010 rozaban los USD 1160/kWh– a alrededor de USD 94/kWh en 2025 (Goldie-Scot, 2019) Adicionalmente, las empresas dedican grandes recursos a las actividades de I+D para mantenerse en la fuerte carrera tecnológica que predomina en el sector.

Cuadro 5. Análisis de barreras a la entrada en la cadena de valor del litio

	Compuestos de litio	Cátodo	Electrolito	Baterías
Nivel de concentración de mercado				
<i>Participación de las 4 mayores empresas</i>	75%	42%	50%	65%
<i>Participación de las 10 mayores empresas</i>		67%	85%	90%
Barreras a la entrada	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Requisitos de capital	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Know-how de producción	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Estándares industriales claros	No	No	Sí	Sí
Acceso a la materia prima	Difícil	Medio	Medio	Fácil

Fuente: Deutsche Bank (2016).

4. Reflexiones finales y lecciones de política

El ciclo actual del litio es considerado como una suerte de “ventana de oportunidad”. La misma se cerraría cuando las baterías de ion-litio sea suplantadas por tecnologías alternativas que reemplacen este material por otros insumos, cuando las tecnologías de reciclado mejoren las tasas de recuperación o en el caso que las tecnologías alternativas de extracción de litio permitieran en el futuro obtener este abundante metal de fuentes alternativas que hoy no pueden ser explotadas. En este contexto, nos hemos planteado la siguiente pregunta: ¿cómo lograr que la explotación de litio tenga impactos más allá de su vida útil como insumo dominante en el nuevo paradigma de la movilidad en base a electricidad y del almacenamiento energético?

Tanto la teoría económica que se ocupa de los vínculos entre recursos naturales y desarrollo, así como la evidencia de experiencias de países donde los recursos jugaron un papel decisivo en su proceso de desarrollo ofrecen argumentos para rechazar la idea de que la promoción de proyectos de industrialización aguas abajo, que utilicen al litio como insumo, sea la mejor plataforma para una transformación estructural. Desde un punto de vista general, los países ricos en recursos naturales y con experiencia y conocimiento en las industrias primarias no necesariamente (y, más bien, se podría decir raramente) cuentan con las capacidades necesarias para competir en las industrias aguas abajo (para ilustrar el punto, se podría decir que disponer de hierro no necesariamente genera condiciones propicias para producir eficientemente vehículos que utilizan acero).

En el caso específico del “proyecto batería”, en la provincia de Jujuy, se han señalado aquí diferentes dimensiones que ponen de manifiesto la “distancia” que separan la posesión del recurso primario –litio en este caso– de la posibilidad concreta de avanzar hacia la fabricación de dicho producto. En primer lugar, existe una distancia “material”, caracterizada por la pequeña parte que el litio representa del costo total de una batería. En segundo lugar, existe una distancia “tecno-productiva”, que se explica por el hecho de que el camino aguas abajo en la cadena de valor nos conduce hacia procesos que son, en términos tecnológicos, cada vez más “extraños” respecto a los procesos necesarios para extraer eficientemente el recurso. En tercer lugar, existe una distancia “competitiva”, ya que hay jugadores instalados con elevadas escalas, bajos costos

de producción y que operan cerca de sus clientes, todas condiciones esenciales para lograr competitividad en este tipo de productos. Estas “distancias” no necesariamente deben inducir a la cancelación de iniciativas de este tipo, pero deben tomarse consideración para dimensionar los desafíos que imponen para la política pública y los potenciales costos que conllevan para la sociedad –al menos durante su período de maduración– proyectos de estas características.

En contraste, los eslabonamientos “aguas arriba”, aun cuando no están exentos de desafíos, presentan algunas ventajas que no están presentes en la actividades “aguas abajo”: i) los eslabonamientos están, por lo general, “más cerca” de las capacidades locales desde el punto de vista de la familiaridad de los agentes con los conocimientos y tecnologías empleadas; ii) la explotación de recursos naturales siempre tiene aspectos “idiosincráticos” que muchas veces hacen necesaria la generación de innovaciones específicas y adaptadas a esos aspectos; y iii) en lo que se refiere a la explotación específica del litio en salares, hay factores intrínsecos que generan presiones en favor del desarrollo local de encadenamientos. En otras palabras, disponer de litio favorece más este tipo de encadenamientos que los que se desarrollan “aguas abajo”. De hecho, en el escenario de mercado antes descrito para el caso específico del litio, hay una evidente necesidad de desarrollar tecnologías más eficientes en pos de reducir costos y, en lo que hace a la explotación en salares, en particular, se plantea la posibilidad de implementar métodos no evaporíticos (innovaciones disruptivas), que reduzcan de manera dramática los tiempos necesarios para poner a punto los proyectos productivos. Asimismo, existen oportunidades de diferenciación de “producto” que, hasta el momento, no han recibido demasiada atención. Lejos de ser un *commodity* no diferenciado, el carbonato o el hidróxido de litio tienen especificaciones que responden a las necesidades de las empresas que los utilizan como insumos.

Más aún, si se habla de eslabonamientos productivos, el mayor potencial a largo plazo está en los de tipo “horizontal” (es decir, aquellos que se basan en la posibilidad de que el conocimiento, los bienes de capital y los servicios asociados al sector de recursos naturales sean utilizados en otras actividades productivas). En otras palabras, es relevante resaltar la importancia de adoptar una mirada que trascienda “la era del litio”. Con esto nos referimos a la necesidad de generar capacidades y competencias que sirvan de base para futuros avances hacia la diversificación productiva en los territorios ricos en litio y promuevan procesos de desarrollo sostenido que vayan más allá de los ciclos de éste u otros recursos naturales. De hecho, vale señalar que muchos de los científicos que trabajan actualmente sobre temas vinculados al litio trabajaron en el pasado sobre temas relacionados (por ejemplo, baterías de plomo ácido). Esto también vale para algunas de las empresas que están iniciando actividades en el sector, como Lítica Resources, una subsidiaria de la empresa petrolera Pluspetrol. Es decir, el desarrollo del sistema de actores del sector litífero local es, en gran medida, un eslabonamiento “horizontal” a partir de capacidades acumuladas en otros sectores.

En este escenario, ¿cuáles son los principales desafíos que se presentan a la hora de aprovechar las oportunidades para generar eslabonamientos productivos en torno al litio con potencial de generar impactos positivos sobre el nivel de desarrollo y la creación de capacidades locales? En primer lugar, es difícil ignorar la posibilidad de que la “ventana” del litio como insumo dominante en el nuevo mundo de la electro movilidad y del almacenamiento energético sea relativamente corta (¿20 años?), ya que existen alternativas tecnológicas en fase de exploración que son superiores en términos teóricos y que podrían alcanzar una etapa de madurez en un horizonte de mediano plazo. En segundo lugar, hay una gran cantidad de actores, tanto en el ámbito privado como en el académico que, en distintos países del mundo, están desarrollando nuevas tecnologías que apuntan a mejorar sustancialmente la eficiencia y a reducir drásticamente los costos y los tiempos requeridos actualmente para extraer y producir carbonato o hidróxido de litio, los principales insumos del material activo de los electrodos de baterías (de paso, vale señalar que la difusión eventual de estas tecnologías motivaría probablemente una fuerte caída del precio del litio). La combinación de estos

factores sugiere que hay que moverse con rapidez en la promoción de las iniciativas de eslabonamientos “aguas arriba” si no se quiere llegar tarde en esta carrera tecnológica.

Además de los desafíos mencionados, se debe considerar la situación de restricción presupuestaria que atraviesa Argentina, que limita los recursos para el uso de política productiva y de ciencia y técnica –la financiación de proyectos de I+D, la compra de equipamiento o los programas de compras públicas para la innovación. Aun cuando existen en Argentina un número considerable de actores con capacidades tecnológicas que está trabajando sobre litio, no existe una “masa crítica” que permita expandir demasiado la cantidad y variedad de los proyectos de I+D a llevar adelante manteniendo su capacidad para lograr avances significativos. El atraso relativo de las capacidades locales queda aún más expuesto cuando se consideran, además de las dimensiones de “laboratorio”, aquellas vinculadas con la producción, gestión y comercialización de productos sofisticados en cadenas de valor jerárquicas. Este déficit aumenta a medida que se avanza hacia productos con mayor nivel de diferenciación y sofisticación tecnológica.

El análisis de las estrategias públicas para el desarrollo de capacidades no puede analizarse sin considerar el sistema de gobernanza del recurso. Como se analiza en (Obaya y Pascuini) (inédito), en relación al fenómeno analizado en este artículo, el sistema argentino tiene dos rasgos particulares que limitan su capacidad para propiciar el desarrollo productivo en base al litio. En primer lugar, el régimen normativo minero no cuenta con ningún mecanismo para “controlar” el recurso, de manera de generar ventajas de localización, basadas en precios preferenciales para quienes lo procesen en el país (como es el caso chileno). La única excepción en este sentido sería la pequeña cuota de JEMSE que le otorga prioridad de venta sobre el 5% de la producción de Sales de Jujuy (actualmente eso representaría unas 600 tn LCE). En segundo lugar, se trata de un régimen federal, en el que el dominio de los recursos minerales está en manos de las provincias. Esto genera dificultades para la coordinación de las políticas públicas entre los distintos niveles de gobierno e, incluso, crea condiciones para la competencia entre las mismas provincias que puede conducir hacia una competencia “hacia abajo” (*race to the bottom*) en las regulaciones. Asimismo, es innegable que un régimen de estas características implica negociaciones muy asimétricas entre las empresas y provincias cuyas capacidades institucionales son débiles y que tienen una gran necesidad por lograr inversiones en sus territorios.

Los agentes privados, por su parte, tampoco están exentos de problemas de coordinación. La experiencia de países en desarrollo que han buscado promover la creación de encadenamientos productivos en base a industrias extractivas demuestra que no es sencillo alinear incentivos y articular acciones al interior de la cadena de valor (el caso chileno con el cobre es un claro ejemplo de ellos¹⁰). Las empresas productoras (mayormente extranjeras) no tienen demasiados incentivos para cooperar con actores locales más allá de las presiones que generan los requerimientos de eficiencia productiva y de responsabilidad social empresarial. Asimismo, tienen, por lo general, una gran renuencia a “abrir” sus procesos productivos de innovación y sus estrategias productivas para la colaboración más allá de sus socios globales. Esta situación, del lado de los productores, se potencia con las limitaciones que muchas veces muestran, del otro lado, los proveedores locales. Esto es particularmente evidente en una industria emergente, como la del litio, donde prevalecen deficiencias en la gestión productiva y falta de capacidades tecnológicas avanzadas.

¹⁰ Ver Urzúa et al (2016).

El vínculo entre el sistema de ciencia y tecnología y el sector privado tampoco es demasiado fluido. Los actores del primero no siempre están interesados en cooperar con el sector productivo; los privados, como se ha dicho, tienden a cerrarse a la interacción con los actores locales. Por su parte, los gobiernos, a menudo, valoran más las rentas (económicas y políticas) de corto plazo que la construcción de capacidades y el desarrollo de proyectos de largo alcance. Existen experiencias internacionales –por ejemplo, aquella noruega– que muestran que es posible concebir mecanismos que, sin desincentivar las inversiones, contribuyan la cooperación entre las empresas productoras y los organismos y actores nacionales del sistema de ciencia y tecnología para generar innovaciones y eslabonamientos productivos en torno a los recursos naturales.

Una condición necesaria para ello es promover una mejora sustantiva en el sistema de innovación nacional y regional asociado al litio, a fin de dotarlo de recursos adecuados, de incentivos eficaces para los investigadores, de una agenda que sea el resultado de un proceso de coordinación entre los actores y de mecanismos fluidos de cooperación e intercambio de conocimiento con el sector privado. Asimismo, es crucial involucrar a los actores privados en la definición e implementación de proyectos a fin de que las actividades de I+D sean una herramienta para la construcción de eslabonamientos profundos, con preferencia para la localización de procesos en el territorio local. En la misma línea, los recursos públicos escasos para actividades de investigación podrían complementarse con fondos privados si se definieran proyectos tecnológicos factibles y de posible interés comercial.

Una condición necesaria en el actual escenario argentino, caracterizado por una fuerte dispersión de iniciativas y la ausencia de una estrategia consistente y coordinada de largo plazo, es jerarquizar la agenda de intervenciones y articular visiones, objetivos y estrategias entre los distintos agentes de la cadena de valor del litio en el país. En efecto, hay una serie de proyectos y alternativas de política que ya han sido planteadas por distintos actores y que deberían discutirse en ámbitos que integren a representantes del sector público (en sus distintos niveles y competencias), privado y académico, incluyendo además la visión de las comunidades de pueblos originarios presentes en los territorios donde se encuentran los salares, lo cual ayudará a reforzar el respaldo político y social de las medidas adoptadas.

En el caso de los eslabonamientos hacia atrás, se podrían destacar, por ejemplo, el desarrollo de nuevas técnicas de extracción y procesamiento de litio. Este es un campo que no solo es altamente intensivo en conocimiento y puede generar capacidades que tengan aplicación en otros ámbitos, sino que su potencial impacto en el mercado internacional es significativo. En este caso, en conjunto con los aspectos tecnológicos y financieros propios del desarrollo, es necesario delinear con mayor claridad el modelo de negocios asociado a las potenciales innovaciones. Ya hay varios proyectos en marcha en el país en esta área y, en el contexto de relativa escasez de recursos monetarios y humanos antes planteado, parece deseable priorizar algunos de ellos en función de parámetros tales como sus posibilidades de éxito tecnológico, necesidad de inversiones, potencial impacto sobre el ecosistema techno-productivo, existencia de un mercado potencial, etc.

Adicionalmente, es necesario asegurar una explotación integral y sustentable de los salares. Este tema se encuentra bastante relegado en la agenda de discusión. Para ello, es necesario mejorar el conocimiento de los salares y desarrollar soluciones específicas para la obtención de los recursos. Asimismo, resulta imprescindible cambiar el conjunto de incentivos que enfrentan las empresas, incluyendo mecanismos que estimulen una mayor cooperación con el sector científico-tecnológica así como una mayor capacidad para monitorear y asegurar el *enforcement* de las regulaciones ambientales por parte de las autoridades competentes. En algunos casos, por ejemplo, los del cloruro de sodio o el potasio, cuyos precios actuales no generan incentivos para crear líneas de negocios en las empresas productoras, se puede explorar la colaboración con las comunidades para que sean ellas quienes lo exploten.

Finalmente, siempre en la etapa “aguas arriba”, hay oportunidades para promover el desarrollo de proveedores locales eficientes, tanto en tareas tecnológicamente complejas, como en otras de carácter más rutinario pero que son importantes para el entorno socio-económico donde se ubican los salares. Aunque algunas instituciones, como el INTI, ya están trabajando en esta materia, es necesario profundizar la articulación público-privada en este ámbito a través de mecanismos que combinen incentivos para que las empresas mineras tercericen actividades localmente y programas de capacitación para que las empresas locales puedan integrarse en la cadena de valor de las empresas mineras.

Respecto de los eslabonamientos hacia adelante, se identifican dos grandes grupos de proyectos. Por un lado, aquellos que apuntan a producir derivados de litio más “cercaños” a la fase de extracción y procesamiento inicial del recurso, que hoy no se elaboran en Argentina: hidróxido de litio, litio metálico y la separación isotópica de litio 6 y litio 7. Todos ellos se orientan a resolver problemas tecnológicos complejos, en particular en lo que se refiere al desarrollo de nuevos procesos. Sin embargo, a diferencia del proyecto batería, implicarían innovaciones domésticas, antes que la importación de tecnología con fines productivos. La factibilidad y potencial impacto de estos proyectos deben ser analizados caso por caso.

Por otro lado, hay oportunidades en torno a las baterías y sus componentes que van más allá de las tecnologías tradicionales. Aunque no necesariamente las fases de producción y comercialización, existen grupos locales que están desarrollando proyectos de investigación vinculados a tecnologías de frontera que ofrecerían un desempeño teórico superior al de las baterías comercializadas en la actualidad. Por ejemplo, este sería el caso de las baterías de litio-azufre, donde los equipos de INIFTA y FAMAF llevan adelante proyectos de investigación en colaboración con universidades del exterior.

Aquí, se han esbozado algunos lineamientos generales que podrían marcar el sentido de una estrategia de desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en base al litio. Está claro, sin embargo, que el diseño de las líneas de acción específicas requiere un ejercicio colectivo más profundo donde las distintas partes compartan sus visiones, objetivos e información en torno a la cuestión. Esta parece ser una condición necesaria para aprovechar la oportunidad que brinda el litio para apoyar la transformación productiva de las provincias en donde existe el recurso, y para generar las condiciones para que el país alcance una posición relevante en el escenario tecnológico global en la cadena de valor del metal.

Bibliografía

- Andersen, A. D., Marín, A., & Simensen, E. O. (2018). Innovation in natural resource-based industries: a pathway to development? Introduction to special issue. *Innovation and Development*, 8(1), 1-27. doi: 10.1080/2157930x.2018.1439293
- Auty, R. (2001). *Resource abundance and economic development*: Oxford University Press.
- Bohlsen, M. (2018). Lithium Miners News For The Month Of November 2018. Último acceso 12 de abril de 2019, desde <https://seekingalpha.com/article/4224402-lithium-miners-news-month-november-2018>
- Boston Consulting Group. (2007). Estudios de competitividad en clusters de la economía chilena: Documento de referencia acuicultura.
- Bridge, G. (2008). Global production networks and the extractive sector: governing resource-based development. *Journal of Economic Geography*, 8(3), 389-419.
- Calvo, E. J. (2017). Procesos de extracción de litio de sus depósitos en salares argentinos. In E. Baran (Ed.), *Litio: un recurso natural estratégico desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*. Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- CEPAL. (2016). La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe 2016. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- COCHILCO. (2009). *Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio* (DE 12/09). Santiago: Cochilco.
- COCHILCO. (2018). *Mercado internacional del litio y su potencial en Chile*. (DEPP 28/2018). Santiago: Cochilco.
- Coe, N. M., & Yeung, H. W. (2015). *Global production networks: Theorizing economic development in an interconnected world*: Oxford University Press.
- Comisión Nacional del Litio. (2015). *Litio: una fuente de energía, una oportunidad para Chile. Informe final*. Santiago de Chile: Ministerio de Minería Fuente: <http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/01/Informe-Final-Comision-Litio.pdf>.
- Deutsche Bank. (2016). Welcome to the Lithium-ion Age. Sydney: Deutsche Bank AG.
- Edquist, C. (2005). Systems of innovation: perspectives and challenges. In J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 181-208). Oxford: Oxford University Press.
- Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of the Total Environment*, 639, 1188-1204.

- Gereffi, G. (2005). The global economy: organization, governance, and development. In J. Smelser & R. Swedberg (Eds.), *The handbook of economic sociology* (pp. 160-182). Princeton: Princeton University Press and Russell Sage Foundation.
- Goldie-Scot, L. (2019, March 5). A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices, *BloombergNEF*.
- Halland, H., Lokanc, M., & Nair, A. (2015). *The Extractive Industries Sector: Essentials for Economists, Public Finance Professionals, and Policy Makers*: World Bank Publications.
- Hirschman, A. O. (1977). A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. In M. Nash (Ed.), *Essays on economic development in honor of Bert F. Hoselitz*. Chicago: Chicago University Press.
- Kaplan, D., Kaplinsky, R. y Morris, M. (2011). "One Thing Leads to Another. Commodities, Linkages and Industrial Development: A Conceptual Overview". MMCP Discussion Paper No. 12.
- Kaplinsky, R., Farooki, M., Alcorta, L., & Rodousakis, N. (2012). *Promoting industrial diversification in resource intensive economies: The experiences of Sub-Saharan Africa and Central Asia regions*: United Nations Industrial Development Organisation.
- Lange, G.-M., Wodon, Q., & Carey, K. (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*: The World Bank.
- Lebedeva, N., Di Persio, F., & Boon-Brett, L. (2016). Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe. Petten: European Commission.
- Lederman, D., & Maloney, W. (2012). *Does what You Export Matter?: In Search of Empirical Guidance for Industrial Policies*: World Bank Publications.
- López, A. (2014) "Innovación en recursos naturales: ¿cuáles son las oportunidades para América Latina?", en R. Albrieu, A. López y G. Rozenwurcel (eds.), *Los recursos naturales en la era China: ¿Una oportunidad para América Latina?*, Serie Red Mercosur N° 24, Montevideo.
- López, A. (Ed.). (2017). *Reporte Recursos Naturales y Desarrollo 2016/17. Industrias Extractivas y Desarrollo Sostenible*. Montevideo: Red Sudamericana de Economía Aplicada.
- López, A., Obaya, M., Pascuini, P., & Ramos, A. (2019). *Litio en la Argentina. Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*. Buenos Aires: Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación - Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lorentzen, J. (2006). *Lateral migration in resource-intensive economies: technological learning and industrial policy*. Cape Town: Human Science Research Council.
- Lorentzen, J. (2008). *Knowledge intensification in resource-based economies*. Cape Town: Human Science Research Council.
- Lundvall, B.-Å. (Ed.). (1992). *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers.

- Maennling, N. (2016). *Mining a Mirage*. Taller “El futuro de las industrias extractivas en América Latina y el Caribe y el rol de la ciencia, la tecnología y la innovación”, Buenos Aires. 21-22 de septiembre.
- MINEM. (2017). Situación actual y perspectivas. Buenos Aires: Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina.
- Morris, M., Kaplinsky, R., & Kaplan, D. (2012). “One thing leads to another”—Commodities, linkages and industrial development. *Resources Policy*, 37(4), 408-416.
- Obaya, M., & Pascuini, P. *Estudio comparativo sobre los modos de gobernanza del litio en la Argentina, Chile y el Estado Plurinacional de Bolivia*. CEPA. Santiago de Chile.
- Pillot, C. (2017). *The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2016-2025*. Paper presented at the Advanced Automotive Battery Conference, San Francisco.
- Puchta, M. (2019). *Li-Ion Batteries for the Future of E-Mobility*. Paper presented at the Workshop Litiomanía, Buenos Aires.
- Rodrik, D. (2015), Premature Deindustrialization, NBER Working Paper No. 20935
- Sábato, J., & Botana, N. (1968). *La Ciencia y la Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. Estudio Prospectivo sobre América Latina y el Orden Mundial en la Década del 1990*. Paper presented at the presentado en The World Order Models Conference, Bellagio, Italia.
- Sachs, J. D., & Warner, A. M. (1995). Natural resource abundance and economic growth: National Bureau of Economic Research.
- Sánchez, J., Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., & Sunkel, O. (Eds.). (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Sasson, A., & Blomgren, A. (2011). Knowledge based oil and gas industry.
- Tordo, S., & Anouti, Y. (2013). *Local Content Policies in the Oil and Gas Sector: Case Studies*: World Bank Publications.
- U.S. Geological Service. (2019). Mineral commodity summaries 2019: U.S. Geological Survey.
- UNECA. (2011). *Minerals and Africa's development: the international study group report on Africa's mineral regimes*. Addis Ababa: Economic Commission for Africa and African Union.
- Urzúa, O. (2012). Emergence and development of knowledge-intensive mining services (KIMS): TUT Ragnar Nurkse School of Innovation and Governance.
- Urzúa, O., Wood, A., Iizuka, M., Vargas, F., & Baumann, J. (2016). Discovering new Public-Private Partnerships for productive and technological development in emerging mining countries. RedSur Background documents Series Natural Resources and Development Report 2016-2017, Working Document N° 5.

- Venables, A. J. (2016). Using natural resources for development: why has it proven so difficult? *The Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 161-183.
- Ville, S., & Wicken, O. (2012). The dynamics of resource-based economic development: evidence from Australia and Norway. *Industrial and Corporate Change*, 1-31.
- Weimer, L., Braun, T., & Hemdt, A. v. (2019). Design of a systematic value chain for lithium-ion batteries from the raw material perspective. *Resources Policy*, 64, 101473. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101473>
- Wright, G. y Czelusta, J. (2002). "Exorcizing the resource curse: minerals as a knowledge industry, past and present". Working Paper 02008. Stanford University.
- (2004). "Why economies slow: the myth of the resource curse". *Challenge*. 47 (2): 6-38.