

Serie Documentos de Base del Reporte

2016-2017

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 1

**INDUSTRIAS EXTRACTIVAS SIGLO XXI, DESAFÍOS
Y POSIBILIDADES DE TRANSFORMACIÓN:
LOS CASOS DEL LITIO EN ARGENTINA Y
EL COBRE EN CHILE**

**Anabel Marín
Martín Obaya
Martín del Castillo**



IDRC | CRDI

International Development Research Centre
Centre de recherches pour le développement international



Canada

Serie Documentos de Base del Reporte 2016-2017

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 1 > Industrias extractivas siglo XXI, desafíos y posibilidades de transformación: Los casos del litio en Argentina y el cobre en Chile

© Red Sudamericana de Economía Aplicada/Red Sur
Luis Piera 1992, Piso 3 - Edificio Mercosur, CP 11200, Montevideo, Uruguay
Página web: www.redsudamericana.org
Mayo de 2015

Dirección Ejecutiva: Cecilia Alemany y Andrés López
Compilación: Victoria Agosto y Carolina Quintana
Edición: Natalia Uval
Diseño: Diego García

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento (ya sea gráfico, electrónico, óptico, químico, mecánico, fotocopia, etc.) y el almacenamiento o transmisión de sus contenidos en soportes magnéticos, sonoros, visuales o de cualquier tipo sin permiso expreso de Red Sur. Para solicitar autorización para realizar cualquier forma de reproducción o para proceder a la traducción de esta publicación, diríjase a la Oficina de Coordinación de Red Sur enviando un correo electrónico a: coordinacion@redmercosur.org

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, Canadá), en el marco del proyecto “Pequeñas y medianas empresas, creación de empleo y sostenibilidad: Maximizando las oportunidades del auge de las commodities en América del Sur”, dentro de la iniciativa “*El futuro de las industrias extractivas en América Latina y el Caribe y el rol de la ciencia, la tecnología y la innovación*”. La realización de esta serie de documentos contó además con el apoyo del Fondo Pérez Guerrero de las Naciones Unidas (PGTF/G77).



La Red Sudamericana de Economía Aplicada (Red Sur/Red Mercosur) es una red de investigación formada por universidades públicas y privadas, y centros de producción de conocimiento de la región. Sus proyectos son regionales e involucran permanentemente a investigadores de varios países de América del Sur.

La misión de la Red es contribuir al análisis socioeconómico y al debate de políticas en América del Sur mediante la identificación de respuestas a los desafíos del desarrollo, la comprensión de la dinámica económica global y el análisis de las lecciones aprendidas a partir de las experiencias de otras regiones. El objetivo final es generar conocimientos útiles para abordar las prioridades de política que enfrenta el desafío de un crecimiento inclusivo y sostenible en la región. Sobre esta base, la Red promueve, coordina y lleva a cabo proyectos de investigación desde una perspectiva independiente y en base a metodologías rigurosas en coordinación con entidades nacionales, regionales e internacionales.

Desde sus inicios, la Red ha tenido el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, Canadá).

En un contexto de cambio climático y agotamiento de los recursos, con una demanda cada vez mayor, e inestabilidad en los precios y en otras variables macro, las industrias extractivas están enfrentando cada vez mayores presiones para transformarse. Enfrentan múltiples problemas productivos y tecnológicos, especialmente en América Latina, donde ciertas capacidades claves son limitadas. Las soluciones estandarizadas no resuelven los problemas locales, dadas las especificidades de las explotaciones, y se requieren nuevas soluciones. Con un mayor acceso a la información, y con posibilidades de manifestar su descontento, las comunidades locales y la comunidad de la región en general demanda que las industrias extractivas generen efectos positivos en el desarrollo productivo, por ejemplo a través de encadenamientos.

En este trabajo proponemos experimentar con el marco teórico de transiciones socio-tecnológicas para investigar las posibilidades de transformación de las industrias extractivas. Este marco ha sido desarrollado con el objetivo de entender las posibilidades de transformación social, económica y tecnológica en una dirección más sostenible, en actividades claves como el transporte o la energía. En base a numerosos estudios históricos ha identificado un número de ideas y dimensiones útiles para entender grandes transformaciones, y cómo incentivarlas. Las dos experiencias analizadas en este estudio –la del cobre en Chile y la del litio en Argentina– ilustran algunas de las presiones para el cambio que afectan a las industrias extractivas y ofrecen, al mismo tiempo, un laboratorio para explorar los posibles senderos de transformación que se abren a partir de algunas de las respuestas ensayadas, tanto por los actores que operan al interior de los regímenes dominantes como por aquellos que lo hacen por fuera de ellos.

El estudio es de carácter exploratorio y constituye una primera aproximación. El análisis de estos casos ofrece una oportunidad para comparar regímenes de características muy distintas, en lo que respecta, por ejemplo, al tiempo de maduración de la trayectoria dominante de la industria en el país, a la dimensión del mercado, al tipo de eslabonamientos que se establecen con otros sectores del tejido productivo.

El trabajo se organiza del siguiente modo: en la siguiente sección se presenta el marco de transiciones socio-tecnológicas, identificando herramientas para el análisis de los casos propuestos, para luego presentar el diseño de investigación. A continuación, se analizan los casos del cobre en Chile y el litio en Argentina. Finalmente, se propone una sección de discusión y reflexiones.

INSTITUCIONES MIEMBROS DE RED SUDAMERICANA DE ECONOMÍA APLICADA/RED SUR >

ARGENTINA

Centro de Estudios de Estado y Sociedad (CEDES)
Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT)
Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES)
Instituto Torcuato Di Tella (ITDT)
Universidad de San Andrés (UDESА)

BRASIL

Instituto de Economía, Universidade Estadual de Campinas (IE-UNICAMP)
Instituto de Economía, Universidade Federal de Río de Janeiro (IE-UFRJ)
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)
Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior (FUNCEX)

PARAGUAY

Centro de Análisis y Difusión de Economía Paraguaya (CADEP)
Desarrollo, Participación y Ciudadanía (Instituto Desarrollo)

URUGUAY

Centro de Investigaciones Económicas (CINVE)
Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República (DECON-FCS, Udelar)
Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración (IECON-CCEE, Udelar)

TÍTULOS DE LA SERIE RED SUDAMERICANA DE ECONOMÍA APLICADA/RED SUR >

- El Boom de Inversión Extranjera Directa en el Mercosur
- Coordinación de Políticas Macroeconómicas en el Mercosur
- Sobre el Beneficio de la Integración Plena en el Mercosur
- El desafío de integrarse para crecer: Balance y perspectivas del Mercosur en su primera década
- Hacia una política comercial común del Mercosur
- Fundamentos para la cooperación macroeconómica en el Mercosur
- El desarrollo industrial del Mercosur
- 15 años de Mercosur
- Mercosur: Integración y profundización de los mercados financieros
- La industria automotriz en el Mercosur
- Crecimiento económico, instituciones, política comercial y defensa de la competencia en el Mercosur
- Asimetrías en el Mercosur: ¿Impedimento para el crecimiento?
- Diagnóstico de Crecimiento para el Mercosur: La Dimensión Regional y la Competitividad
- Ganancias Potenciales en el Comercio de Servicios en el Mercosur: Telecomunicaciones y Bancos
- La Industria de Biocombustibles en el Mercosur
- Espacio Fiscal para el Crecimiento en el Mercosur
- La exportación de servicios en América Latina: Los casos de Argentina, Brasil y México
- Los impactos de la crisis internacional en América Latina: ¿Hay margen para el diseño de políticas regionales?
- La inserción de América Latina en las cadenas globales de valor
- El impacto de China en América Latina: Comercio e Inversiones
- Los desafíos de la integración y los bienes públicos regionales: Cooperación macroeconómica y productiva en el Mercosur
- Enrique V. Iglesias. Intuición y ética en la construcción de futuro
- Los recursos naturales como palanca del desarrollo en América del Sur: ¿ficción o realidad?
- Los recursos naturales en la era de China: ¿una oportunidad para América Latina?
- ¿Emprendimientos en América del Sur?: La clave es el (eco)sistema
- Uruguay + 25. Documentos de Investigación
- Reporte y Resumen Ejecutivo “Recursos Naturales y Desarrollo” > Edición 2014
- Integración financiera y cooperación regional en América del Sur después de la bonanza de los recursos naturales. Balance y perspectivas
- Reporte “Recursos Naturales y Desarrollo” > Edición 2015-2016
- Reporte “Recursos Naturales y Desarrollo” > Edición 2016-2017

1. Problema y objetivos del trabajo


En los últimos años, las industrias extractivas han enfrentado fuertes presiones de distinta naturaleza que plantean crecientes desafíos y generan demandas por una transformación de estos sectores¹. Algunas de estas presiones tienen origen en dinámicas tecnológicas y productivas propias de la industria, tales como los problemas de agotamiento en las reservas, caída en la productividad, y crecientes dificultades de acceso a recursos que son necesarios para el proceso de extracción y procesamiento, como el agua y la energía. Otras demandas, que han ganado fuerza en los últimos años, están asociadas a reivindicaciones de *advocacy groups* y sectores sociales que, viendo vulnerados sus derechos por las formas predominantes de explotación de las industrias extractivas, promueven modalidades alternativas de extracción, producción y uso de los recursos minerales. Los grupos ambientalistas, de derechos humanos y los representantes de comunidades aborígenes y afroamericanas, ya sea de manera independiente o nucleados en redes –y, en muchos casos con el apoyo de organismos internacionales–, se encuentran entre aquellos que con más fuerza han buscado generar conciencia y avanzar en la construcción de consensos sobre la necesidad de paradigmas de desarrollo más sustentables en este tipo de industrias.

El intenso desarrollo logrado durante los últimos años por las tecnologías de la información y la comunicación ofrece oportunidades para responder a los desafíos planteados mediante transformaciones innovadoras. En el contexto de las fuertes presiones descritas anteriormente, el dinamismo de este desarrollo puede crear condiciones favorables para una desestabilización del régimen actual y para la irrupción de nuevos actores, en muchos casos de menor tamaño y mayor flexibilidad, que estén en mejores condiciones para presentar opciones que respondan con eficacia a los desafíos que enfrenta el sector.

En este trabajo, utilizamos el marco conceptual de transiciones socio-tecnológicas para contribuir a la comprensión de las posibilidades de transformación de las industrias extractivas en América Latina. Con este fin, utilizamos los casos del cobre y el litio en Chile y Argentina, respectivamente. El análisis de estos casos ofrece una oportunidad para comparar regímenes de características muy distintas, en lo que respecta, por ejemplo, al tiempo de maduración de la trayectoria dominante de la industria en el país, a la dimensión del mercado, al tipo de eslabonamientos que se establecen con otros sectores del tejido productivo. En este sentido, podría concebirse el régimen desarrollado en torno al litio en Argentina como de naturaleza emergente e inestable, con una contribución limitada a la economía nacional, a pesar de su gran potencial. El del cobre, por el contrario, es un régimen maduro, con actores consolidados y una importancia central para la economía de Chile, que enfrenta desafíos propios de este estadio avanzado.

El estudio es de carácter exploratorio y constituye una primera aproximación al problema planteado. No pretende, por lo tanto, dar respuestas definitivas a las preguntas que

1. Un resumen de las presiones y desafíos que enfrentan las industrias extractivas se encuentra en el Anexo I.



plantea, sino más bien experimentar con un marco conceptual que permite abordar el problema del cambio en el largo plazo desde una perspectiva integral, más allá de las dimensiones productivas.

El trabajo se organiza del siguiente modo: en la siguiente sección se presenta el marco de transiciones socio-tecnológicas, identificando herramientas para el análisis de los casos propuestos, para luego presentar el diseño de investigación. A continuación, se analizan los casos del cobre en Chile y el litio en Argentina. Finalmente, se propone una sección de discusión y reflexiones.

2. Una introducción a las transiciones socio-tecnológicas

2.1 Elementos centrales del marco multi-nivel de transiciones socio-tecnológicas

En este estudio estamos interesados en entender posibilidades de cambio tecnológico, productivo y social en el largo plazo. La teoría económica convencional muestra limitaciones para estudiar este fenómeno. La teoría evolucionista ha avanzado significativamente en el entendimiento del cambio tecnológico en el largo plazo y sus determinantes. La literatura de transiciones socioeconómicas, en base a minuciosos estudios históricos sobre importantes procesos de cambio tecnológico, económico y social que ocurrieron en el pasado, ha ampliado el marco analítico de la teoría evolucionista neo-Schumpeteriana en varias direcciones (Geels, 2002; Geels y Schot, 2007; Schot y Geels, 2007; Smith *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 2005; Carlsson y Stankiewicz, 1991; Malerba, 2002; Hughes, 1993). Mientras que la literatura evolucionista enfoca su análisis en los sistemas de producción y consumo, identificando en la competencia y la acumulación de conocimiento, los artefactos existentes, y las rutinas de las firmas, los principales factores explicativos del cambio (y la estabilidad) tecnológica; el marco de transiciones asigna un papel más importante a las instituciones y la agencia humana. Así, cobran relevancia como factores de peso para explicar el cambio tecnológico las estrategias y acciones de la comunidad científica, de los usuarios y consumidores, de los grupos de interés y de quienes están a cargo del diseño de políticas.

El marco de transiciones socio-tecnológicas propone un enfoque multi-nivel que opera como una jerarquía anidada de procesos de estructuración –*nested hierarchy of structuring processes*– (Geels y Schot, 2007) de la que participan una multiplicidad de actores que son, a la vez, creadores y usuarios del sistema tecnológico en cuestión. Estos tres niveles incluyen: i) el régimen socio-tecnológico; ii) las variables de contexto (*landscape*); y iii) los nichos.

El primero de los niveles –el régimen socio-tecnológico– representa las modalidades dominantes y profundamente institucionalizadas que se encuentran en práctica para cumplir con ciertas funciones sociales. Incluye configuraciones de artefactos tecnológicos, prácticas y reglas integradas en contextos institucionales estables y que son significativos en términos económicos (Smith *et al.*, 2010). Estos por lo tanto operan como estructuras de retención y selección de los resultados que surgen de procesos de innovación, con una marcada preferencia por aquellos que aseguran trayectorias estables y evitan su desestabilización (Schot y Geels, 2007) y ponen por lo tanto a las innovaciones más radicales –desarrolladas en “nichos”, como se verá adelante– en una situación de desventaja estructural.

Smith y Raven (2012b) identificaron algunos factores que operan a favor de la estabilización de los regímenes. En primer lugar, ciertos componentes de la estructura industrial que se erigen como barreras frente a las innovaciones radicales, por ejemplo: las redes de actores que ya operan en el régimen, los tipos de plataforma industrial predominantes, los costos hundidos en equipamiento, las modalidades de interacción productor-usuario, las capacidades y los procedimientos de asignación de recursos. Asimismo, la base de conocimiento que predomina al interior del régimen establece tipos de procesos socio-cognitivos que favorecen desarrollos de tipo incremental en torno a ciertos senderos tecnológicos, en detrimento de aquellas innovaciones que impliquen un cambio de paradigma y requieran nuevo conocimiento y más recursos para su desarrollo. Los mercados y las prácticas dominantes de uso también configuran mecanismos de selección que operan a través de las características de la oferta y la demanda, y de los mecanismos de precio que dificultan el ingreso al mercado de innovaciones radicales. Finalmente, las políticas públicas y el poder político constituyen también un mecanismo de selección que, por lo general, presentan preferencias por el mantenimiento del estatus quo, en relación al empleo, la base impositiva y sus votantes.

Estos factores contribuyen a configurar regímenes socio-tecnológicos que tienden a favorecer cambios de carácter marginal dentro de senderos estables, tanto desde el punto de vista tecnológico como desde la perspectiva del equilibrio de poder entre los actores que participan de él. Esto no excluye, sin embargo, la posibilidad de que fuerzas desestabilizadoras externas al régimen abran grietas en su interior, exigiendo la introducción de cambios para asegurar su continuidad o, en el extremo, provocando su colapso y reemplazo por uno nuevo.

Dichas fuerzas tienen origen en el así llamado *landscape*, que representa el contexto estructural en el que opera el régimen, y pueden incluir, por ejemplo, procesos de transformación demográfica o ambiental, el surgimiento de nuevos movimientos sociales con intereses y valores que se contraponen a los del régimen, cambios en la ideología política dominante, reestructuraciones económicas de amplio alcance, nuevos paradigmas científicos emergentes, o desarrollos culturales novedosos (Smith *et al.*, 2010).

Las grietas abiertas en el régimen por parte de las fuerzas desestabilizadoras originadas en el *landscape* pueden generar oportunidades para la promoción de desarrollos incubados al interior de los “nichos”. Éstos últimos constituyen espacios de experimentación, donde surgen ideas, prácticas y nuevo conocimiento. Los nichos funcionan como espacios de “incubación” resguardados temporalmente de los mecanismos de selección que operan al interior de los regímenes socio-técnicos (Schot *et al.*, 1994; Kemp *et al.*, 1998). Ofrecen a los actores que allí operan cierta libertad para innovar sobre la base de ideas y prácticas de carácter más radical que no sobrevivirían a los mecanismos de selección del régimen (Smith *et al.*, 2010; Geels y Schot, 2007; Schot y Geels, 2007). Es, precisamente, por su naturaleza marginal y radical que los nichos tienden a ser inestables en términos de su configuración social, mientras que su desempeño económico y tecnológico es inferior al del régimen. Si los desarrollos elaborados al interior del nicho logran superar las barreras que se erigen en torno al régimen dominante, quedan en condiciones de pasar a formar parte de él, ya sea transformándolo o, bajo ciertas condiciones, directamente reemplazándolo mediante innovaciones disruptivas (Smith y Raven, 2012a).

Geels y Schot (2007) han identificado dos tipos de nichos, en función del tipo de relación que mantienen con el régimen: aquellos que tienen una relación competitiva con este y los que, por el contrario, tienen una relación de tipo simbiótico. Los primeros son desarrollos que pretenden reemplazar el régimen vigente, mientras que los segundos pueden dar lugar a innovaciones que sean adoptadas como complemento del régimen, solucionando algunos de sus problemas y contribuyendo así a mejorar su desempeño.

La protección de los nichos respecto a los mecanismos de selección del régimen puede ser de naturaleza pasiva, con origen en condiciones contingentes, antes que en una movilización intencional por parte de sus promotores. Este puede ser el caso, por ejemplo, de espacios geográficos a los que, por los altos costos, no llegue la infraestructura de la red eléctrica, lo que ofrecería, por lo tanto, condiciones propicias para la experimentación y el desarrollo de fuentes alternativas de energía, como la energía solar fotovoltaica. Aun cuando su intención no sea promover innovaciones específicas, también ciertas políticas públicas pueden ofrecer una protección pasiva de ciertos nichos (Smith y Raven, 2012b).

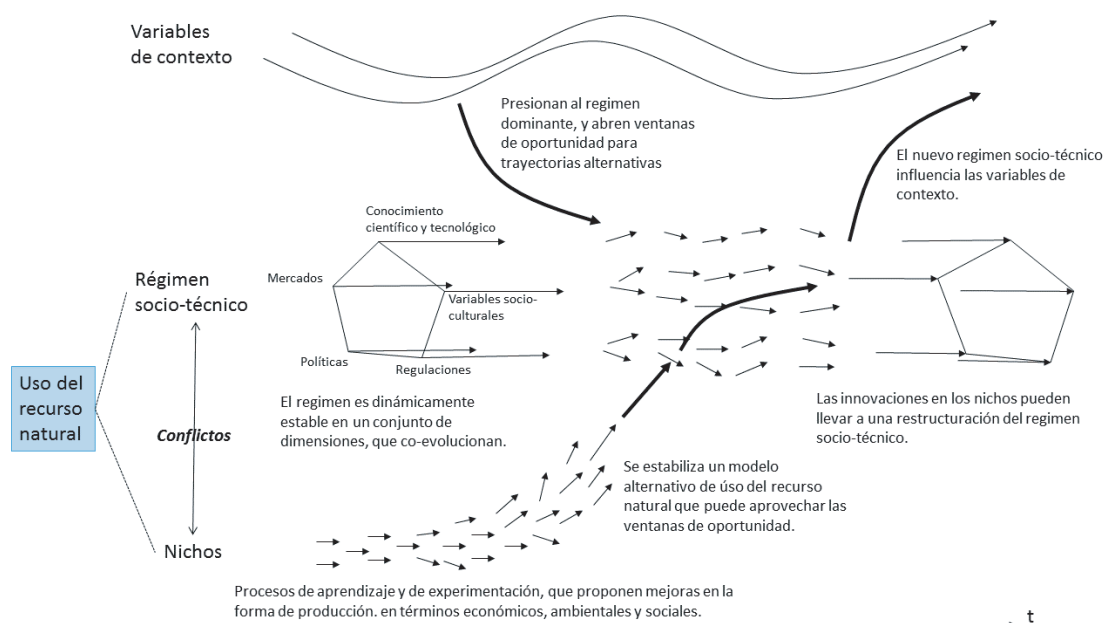
Los mecanismos de protección pueden ser, asimismo, de naturaleza activa, allí cuando tenga lugar una acción estratégica y deliberada por parte de quienes promueven el desarrollo de las innovaciones al interior del nicho (Kemp *et al.*, 1998). Tal es el caso clásico de las políticas públicas que ofrecen incentivos –por ejemplo, regulaciones, aranceles o tratamiento impositivo diferenciado– con el propósito de compensar los diferenciales de costo respecto a las tecnologías dominantes, o pretenden alterar las preferencias de la demanda a través de campañas de mercadeo o mecanismos de compras públicas. Como destacan Smith y Raven (2012b), los mecanismos activos de protección pueden estar impulsados por actores privados o de la sociedad civil que decidan incubar desarrollos con potenciales beneficios económicos o sociales.

Dentro de este marco de análisis, las transiciones socio-tecnológicas son concebidas como el resultado de la interacción entre procesos que se desenvuelven en estos tres niveles, estilizados por Geels y Schot (2007) del siguiente modo (ver Gráfico 1): i) las innovaciones a nivel de nicho cobran impulso a través de procesos de aprendizaje tecnológico, de mejoras en la relación precio/desempeño, de medidas de protección respecto de los mecanismos de selección del régimen y gracias al apoyo por parte de grupos de presión; ii) los cambios a nivel de *landscape* generan presiones que abren grietas en el régimen y oportunidades para los nichos; iii) la desestabilización del régimen crea ventanas de oportunidad para que las innovaciones originadas en el nicho asciendan al nivel del régimen, ya sea “emparchando” las grietas existentes y, por lo tanto, contribuyendo a asegurar la supervivencia del mismo, o por el contrario, reemplazándolo.

Como se ha señalado, los regímenes socio-tecnológicos generan condiciones que privilegian su propia estabilidad, a través de procesos de *lock-in* y *path-dependency*, poniendo a los procesos en desarrollo en los nichos en situación de desventaja. El ascenso de las innovaciones de los nichos al nivel superior de régimen requiere, por lo tanto, más allá del trabajo de incubación, uno de consolidación (*nurturing*) y de fortalecimiento (*empowerment*). Los actores de los nichos deben activamente construir protección para sus innovaciones, desarrollarlas y nutrirlas tratando de influenciar los mecanismos de selección, y representando sus prácticas novedosas como soluciones a los desafíos generados en el

landscape, que afectan negativamente al régimen. Estos deben crear el mercado para las innovaciones de nicho, co-construirlo junto con otros actores relevantes –como por ejemplo, los usuarios y los reguladores (Schot y Geels, 2007). Resulta importante, por lo tanto, profundizar el análisis sobre los mecanismos que permiten no solo la incubación de los nichos, sino la utilización efectiva de los espacios de protección creados y la promoción, para que se convierta en un nicho de mercado que responda a las necesidades de un segmento de usuarios externos al nicho con la posibilidad de modificar el régimen vigente.

Gráfico #1. Transiciones socio-tecnológicas multi-nivel



Fuente: Geels (2002).

En algunos casos (Kemp *et al.*, 1998; Schot *et al.*, 1994; Smith y Raven, 2012b) los procesos de promoción son del tipo *fit and conform*, apuntando a que las innovaciones promovidas pueden sobrevivir aun cuando persistan los mecanismos de selección pre-existentes. En otros casos, los procesos de promoción pueden apuntar más a lo que se denomina "*stretch and transform*", ya que se entiende que la supervivencia de las innovaciones del nicho solo puede darse si al mismo tiempo se da una reestructuración de los mecanismos de selección del régimen. Este último caso requiere la construcción de coaliciones suficientemente poderosas como para promover los cambios de reglas necesarios.

2.2 Diferentes tipos de transición socio-tecnológica

En base a la revisión de diferentes procesos de transformación en el pasado, la literatura sobre transiciones ha identificado diversos tipos de transiciones. Geels y Schot (2007) identificaron dos elementos importantes para la diferenciación de las posibilidades

de transición: el estado de madurez de los nichos y el tipo de presión proveniente del *landscape*.

Cuando no existen presiones desde el *landscape* –o estas son de baja frecuencia, intensidad o alcance–, las firmas que operan en el régimen compiten, desarrollando productos e innovaciones de carácter incremental en un marco de reglas estables y trayectorias predecibles –micro-invencciones, en términos de Schot y Geels (2007)–. En este contexto, las innovaciones desarrolladas en los nichos tienen pocas posibilidades de romper el equilibrio estable del régimen. Solo en aquellos casos en los que los cambios institucionales o en el ambiente social provenientes del *landscape* sean muy fuertes se abren ventanas de oportunidad que permiten el desarrollo de aquellas “macro-invencciones” que dan lugar a cambios en el régimen socio-tecnológico (Schot y Geels, 2007). Los nichos, por su parte, pueden variar en el nivel de madurez –según criterios técnicos, sociales y de mercado– que tienen al momento en que se originan las presiones en el *landscape*.

La Tabla 1 incluye una tipología de transiciones identificadas por los autores de acuerdo a estos criterios y resume sus principales características.

Table #1. Tipologías de transiciones socio-técnicas

Tipo de transición	Tipo de presión del <i>landscape</i>	Madurez de los nichos	Dinámica y resultados
0. Proceso de reproducción	No hay presiones externas	Pueden existir innovaciones a nivel de nicho, sin embargo, tienen pocas probabilidades de éxito.	El régimen se mantiene estable y se reproduce. Pueden existir problemas al interior del régimen, pero existe la percepción general de que este tiene capacidad para solucionarlos. El régimen presenta dinámica dentro de trayectorias, que adoptan direcciones predecibles dentro de un marco de reglas estable. Se observan innovaciones incrementales que mejoran su desempeño.
1. Transformación	Presiones moderadas del <i>landscape</i>	Innovaciones de nicho no están suficientemente desarrolladas	Los actores del régimen se niegan a reconocer las presiones. Sin embargo, actores externos las refuerzan, entre los que se encuentran ciertos grupos de presión y movimientos sociales; profesionales e ingenieros; <i>outsider firms</i> , empresarios y activistas. Actores internos del régimen responden a las presiones cambiando la dirección del sendero de desarrollo y las actividades de innovación del régimen. En algunos casos, pueden “importar” innovaciones que no sean demasiado disruptivas y que estén aún en proceso de desarrollo en el nicho. Los actores del régimen sobreviven, aunque pueden crearse nuevas redes. Ejemplos históricos: transición de sistema de fosa séptica a sistema de cloacas en los Países Bajos en el siglo XIX (Geels, 2006a); movimiento de comida orgánica (Smith, 2006).

<p>2. Desalineamiento y realineación</p>	<p>Cambios desde el <i>landscape</i> son abruptos, poderosos y divergentes (tipo avalancha)</p>	<p>Si las innovaciones no están maduras no hay claro sustituto. Múltiples nichos en estado embrionario compiten por atención y recursos</p>	<p>El régimen experimenta problemas internos a causa de las presiones desde el <i>landscape</i>. Se erosiona y, finalmente, colapsa. Los actores no lo defienden porque han perdido la fe en su potencial. La desestabilización de las reglas del régimen crea incertidumbre sobre las dimensiones en las cuales deberían focalizarse los esfuerzos de innovación (principios rectores, preferencias de usuarios, criterios de selección, regulaciones, etc.). El nicho co-evoluciona con el cambio de régimen. Se abre un período de incertidumbre, experimentación y competencia por atención y recursos. Finalmente, alguno de los nichos que compiten se vuelve dominante.</p> <p>Ejemplo histórico: transición de coches de caballos a automóvil (Geels, 2005).</p>
<p>3. Sustitución tecnológica</p>	<p>Fuerte presión desde el <i>landscape</i> (choque específico, avalancha, cambio disruptivo)</p>	<p>Nicho suficientemente desarrollado, pero no logran pasar a formar parte del régimen porque éste es estable y está afianzado</p>	<p>Cuando se produce la presión desde el <i>landscape</i>, las innovaciones logran salir del nicho y difundirse. Los actores del régimen buscan defenderse, compitiendo con los nuevos actores. Si las innovaciones de nicho logran reemplazar la vieja tecnología se producen grandes cambios en el régimen que pueden llevar a la ruina de los viejos actores.</p> <p>Ejemplo histórico: transición desde los buques a vela a los barcos a vapor (Geels, 2002).</p>
<p>4. Reconfiguración</p>	<p>Desarrollos a nivel de <i>landscape</i> crean condiciones favorables al cambio</p>	<p>Innovaciones simbióticas con el régimen son utilizadas con criterios económicos para mejorar desempeño y resolver pequeños problemas</p>	<p>Cuando la acumulación progresiva de innovaciones provenientes del nicho mantiene el régimen inalterado, se produce una transición de tipo 1 (Transformación). Sin embargo, la incorporación acumulativa de innovaciones puede llevar a reconfiguraciones importantes y a cambios de régimen. Múltiples innovaciones secuenciales en componentes generan tensiones, en particular, entre los proveedores de componentes que participan del régimen.</p> <p>Ejemplo histórico: transición desde el sistema de fábricas tradicionales a la producción de masa en Estados Unidos (Geels, 2006b).</p>

Fuente: Geels y Schot (2007).

2.3 Preguntas de investigación

Como se ha discutido, las industrias extractivas están enfrentando importantes desafíos, que demandan transformaciones significativas. Entendemos que los estudios de transiciones ofrecen un marco para ayudar a entender las posibilidades de transformación de estas industrias. Con este objetivo el estudio se propone explorar, para los casos seleccionados, las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Qué tipo de presiones están afectando la estabilidad de los regímenes socio-tecnológicos estudiados?

- 2) ¿Cómo están respondiendo los regímenes socio-tecnológicos dominantes frente a estas presiones?

- 3) ¿Qué tipo de nichos están emergiendo para abordar los desafíos de los regímenes dominantes? ¿Qué tipo de acciones están siendo llevadas adelante para protegerlos y fortalecerlos? ¿Quiénes son los emprendedores de estos nichos? ¿Qué grado de avance presentan los proyectos al interior de los nichos? ¿Qué tipo de vínculo tienen los nichos con el régimen dominante?

Dado que el estudio se concentra en procesos de transformación en países emergentes y la literatura ha sido desarrollada, sobre todo, en base a experiencias en países avanzados nos interesa entender, además, si existen particularidades en los procesos estudiados que puedan relacionarse con la localización en América Latina. Pretendemos que los resultados alcanzados en este primer paso nos permitan identificar nuevos casos de interés y plantear nuevos problemas y preguntas para ser investigados en futuros estudios.

3. Diseño de la investigación

El trabajo plantea un diseño de estudios de casos múltiples (Yin, 2009), contruidos en base a información recogida a partir de fuentes secundarios y recolectada a través de entrevistas, según se detalla en la Tabla 2. La metodología de estudio de casos sirve para entender situaciones en las que no hay resultados únicos (Yin, 2009). Este diseño resulta conveniente para ofrecer descripciones ricas de fenómenos complejos que aún no han sido lo suficientemente estudiados, y para la exploración de preguntas del tipo “cómo” y “por qué” sobre fenómenos identificados, problemas e ideas. El enfoque adoptado, además, permite la comparación entre los distintos casos en términos de conductas y resultados.

Para la metodología de estudios de caso es crucial definir claramente una estrategia de selección de casos que esté guiada por las preguntas de investigación y el enfoque conceptual. La selección de casos pretende ser relevante en términos teóricos sin tener aspiraciones de representatividad estadística. Se necesita identificar casos ejemplares definidos teóricamente, no casos típicos. Los criterios utilizados para la selección de casos en este estudio han sido actividades extractivas: i) que estén atravesando un proceso de transformación generado por diferentes tipos de presiones provenientes del *landscape*; y ii) que presenten distintos niveles de madurez interna.

En base a entrevistas con informantes clave, llevadas adelante durante la primera fase de la investigación, seleccionamos dos casos: el litio en Argentina y el cobre en Chile. Estas son dos industrias que están efectivamente enfrentando fuertes desafíos y que están involucradas en fuertes procesos de cambio en los países analizados. Como se ha señalado, son casos bien diferenciados, a su vez, en relación a cuestiones como el tiempo de maduración de la trayectoria del sector en cada país, la dimensión del mercado, la conexión con otros sectores aguas arriba y aguas abajo, etc. El análisis de estos casos, por lo tanto, ofrece la oportunidad de comparar regímenes de características muy distintas. El del cobre es un régimen maduro, con actores consolidados y una importancia central para la economía de Chile, que enfrenta desafíos propios de este estadio avanzado. Por el contrario, el del litio, aun cuando haya empresas en el sector que operan globalmente desde hace décadas, podría concebirse como un régimen en estado emergente y con cierto grado de inestabilidad, en particular en Argentina.

Table #2. Entrevistas para el caso de litio – Argentina

Organización	Entrevistado
Empresa extractiva	1 entrevistado
Universidad Nacional de Jujuy	4 entrevistados
Universidad Nacional de Córdoba	1 entrevistado
Especialistas	1 entrevistado

Table #3. Entrevistas para el caso del cobre – Chile

Organización	Entrevistado
Fundación Chile	1 entrevistado
Programa Nacional de Minería Alta Ley	1 entrevistado
Centro de Estudios del Cobre y la Minería	1 entrevistado
Corporación Nacional del Cobre, Chile(Codelco)	1 entrevistado
Alto Valor Minero	1 entrevistado

4. El caso del cobre en Chile

El régimen socio-tecnológico del cobre en Chile tiene una larga tradición y está relativamente bien consolidado, especialmente si lo comparamos con el régimen del litio en Argentina. La actividad de extracción del cobre tiene un fuerte peso dentro de la economía chilena, y se ha expandido significativamente en los últimos años, ganando aún más importancia. La reciente caída en el precio de los *commodities*, provocada por la ralentización del crecimiento de la demanda, sin embargo, ha dejado al descubierto los grandes desafíos que enfrenta el régimen, que incluyen problemas de orden social, tecnológico y productivo.

En lo que sigue, primero discutimos brevemente la emergencia e importancia del sector en Chile. Luego, presentamos dos dimensiones que son esenciales para la caracterización del régimen: las instituciones que le dan forma y los actores centrales. Luego, analizamos los dos desafíos más importantes que enfrenta, y finalmente, algunos nichos identificados por los actores entrevistados y sus vínculos con el régimen local, con el propósito de contribuir a la comprensión de sus perspectivas futuras.

4.1 Emergencia e importancia del régimen socio-tecnológico del cobre en la economía chilena

La minería fue una de las principales actividades productivas en Chile durante el periodo colonial. El nivel tecnológico era bajo, pero se veía compensado por las elevadas leyes del mineral, que se ubicaban entre el 30% y el 60%. A comienzos del siglo XIX, Chile se convirtió en el principal productor y exportador mundial de cobre, basándose en la riqueza natural de su suelo, que le daba una ventaja por sobre otros países. La mayoría de las minas se explotaba en pequeños emprendimientos intensivos en trabajo. Tiempo después, con el agotamiento de los yacimientos que tenían mucha concentración del mineral en las rocas, la producción se redujo dramáticamente.

A comienzos del siglo XX, la innovación tecnológica de la flotación hizo rentable la explotación de yacimientos con un contenido de cobre de 1%-2%, y la producción volvió a repuntar. Este era el comienzo de la minería del cobre a gran escala en Chile. La nueva tecnología implicó nuevas economías de escala que requerían de grandes instalaciones, operaciones continuas y sumas elevadas de capital, que entonces no estaban disponibles en el país. En 1904, la compañía Braden Copper Company, de capitales estadounidenses, comenzó la construcción de la mina El Teniente y, en 1911, la familia Guggenheim comenzó a operar en Chuquibambilla (Benavente y Goya, 2011).

En 1932, ante la propuesta de la Sociedad Nacional de Minería de Chile (SONAMI), conformada en 1883, se creó el Banco de Crédito Minero. Tenía por objetivo promover la minería a pequeña escala que encontraba dificultades para mantenerse en el mercado con leyes del mineral más bajas y la emergencia de nuevas tecnologías que aumentaban

la escala mínima eficiente. En primera instancia, se ocupó de la creación de agencias que compraban el mineral a los productores pequeños. En 1937, solicita la creación de una planta de fundición pública, que fue inaugurada en 1952. Finalmente, en 1960, el banco y la planta de fundición se fusionan para dar lugar a la empresa que cumple estas funciones en la actualidad: la Empresa Nacional de Minería (ENAMI).

El siglo XX fue un periodo de mejoras continuas en las tecnologías de explotación de los recursos mineros que permitieron expandir la producción, pese a la caída sostenida de las leyes del mineral. En la Tabla 4 se puede ver la introducción de innovaciones técnicas relevantes entre 1900 y el año 2000, en las minas que actualmente son operadas por Codelco, la empresa estatal chilena que lidera la extracción de cobre en el país. La evolución tecnológica siguió una trayectoria de desarrollo que estuvo marcada por un criterio económico, soslayando la temática ambiental y social. Esta trayectoria no fue una particularidad de la industria minera chilena. Las grandes compañías mineras desarrollaron una trayectoria tecnológica global.

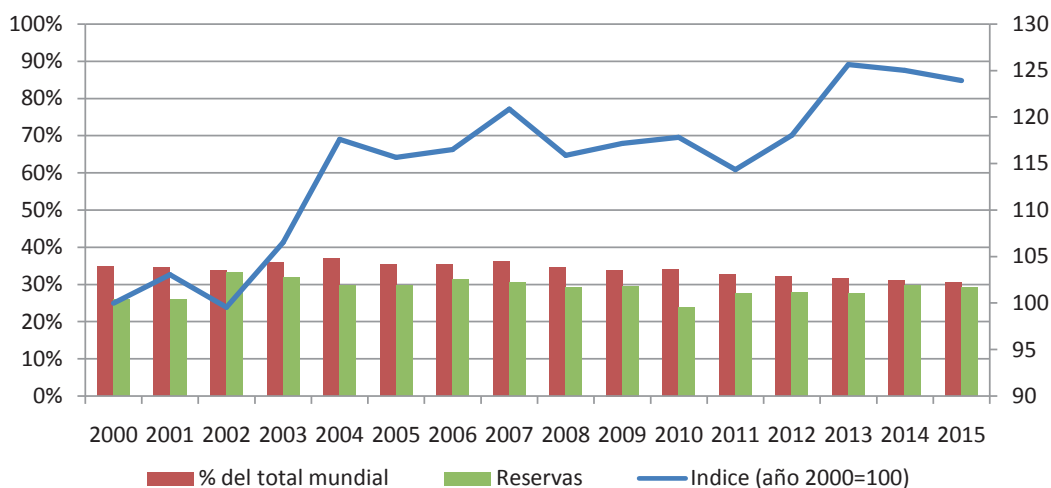
Table #3. Evolución de la ley del mineral, la producción y las innovaciones técnicas implementadas en minas actualmente propiedad de Codelco (1900-2000)

Año	Ley del mineral (%)	Producción (miles de toneladas)	Innovaciones técnicas
1901	4	80	Flotación
1907	3,4	90	Minería a cielo abierto
1949	1,5	390	Mejoras en la fundición y flotación
1980	1,3	810	Electrolítica y solventes
1990	1	1100	Pilas de lixiviación
2000	0,8	1200	Biolixivación

Fuente: CODELCO (2007).

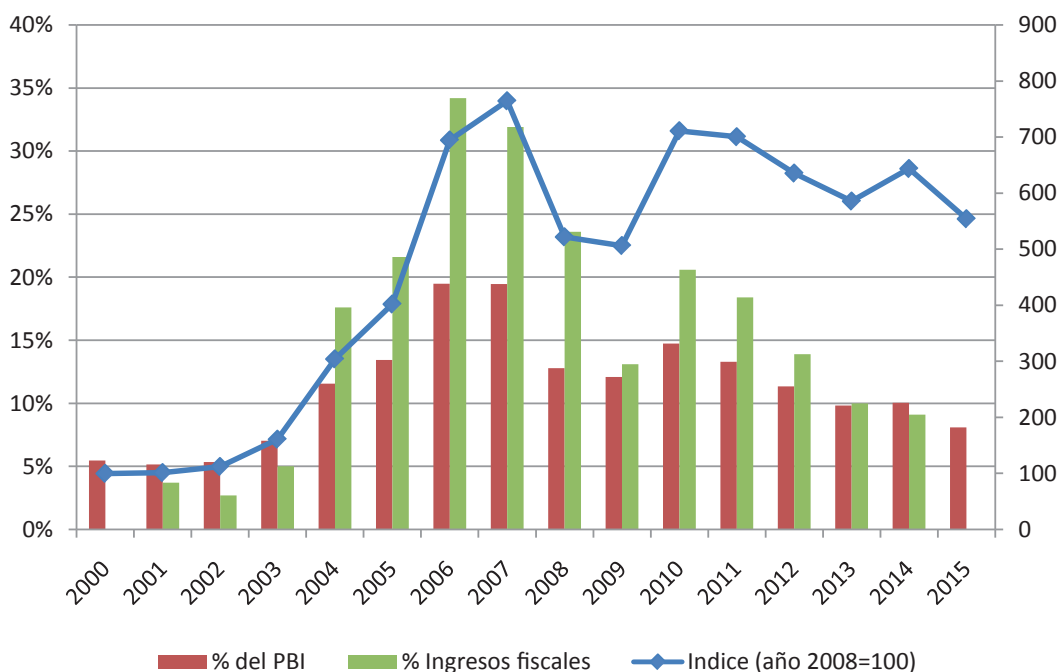
En la actualidad, la minería de cobre es un sector clave de la economía chilena. Este país es el principal productor de cobre del mundo, explicando aproximadamente el 30% del producto total del mineral, y posee cerca del 30% de las reservas conocidas a nivel mundial (Gráfico 2). La dependencia del país de los ingresos derivados de esta actividad, a su vez, es sustancial. En el año 2014, el valor de la producción de cobre representó el 8% del PBI y el sector generó el 9% de los ingresos fiscales –promediando 16% entre 2001 y 2014–, siendo una de las fuentes de aportes al fisco más importante del país (Gráfico 3). Asimismo, la industria minera dio cuenta del 30% del stock de capital total y representó el 33% de los flujos de inversión extranjera directa entre 1990 y 2014 (Fundación Chile, 2016).

Gráfico #2. Evolución de la producción chilena de cobre, participación en el total mundial y reservas (2000-2015)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de U.S. Geological Survey.

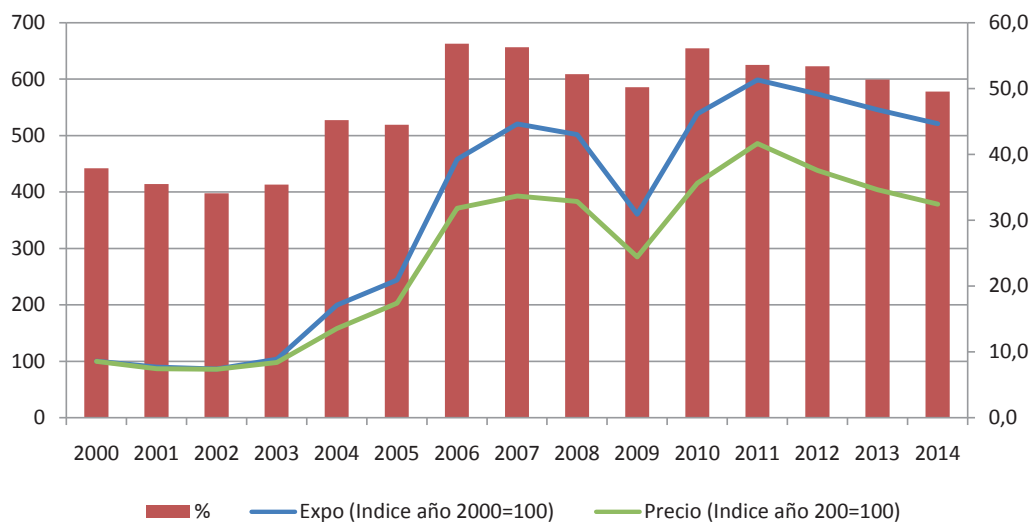
Gráfico #3. Evolución del valor de la producción minera y contribución al PBI y los ingresos efectivos del Gobierno Central (2000-2015)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Central de Chile y Rodríguez et al. (2015).

En la última década, las exportaciones de cobre dieron un salto significativo, pasando de promediar 5.523 millones de dólares entre 1990 y 2003, a 33.518 millones de dólares en el período 2004-2014 (Gráfico 4). Esta evolución estuvo, principalmente, explicada por el aumento del precio del cobre (Gráfico 4), generado en gran medida por la creciente demanda de las economías asiáticas y, en particular, de China.

Gráfico #4. Evolución del precio y las exportaciones de cobre, y participación de las exportaciones en las exportaciones totales de bienes (%). Años 2000-2014

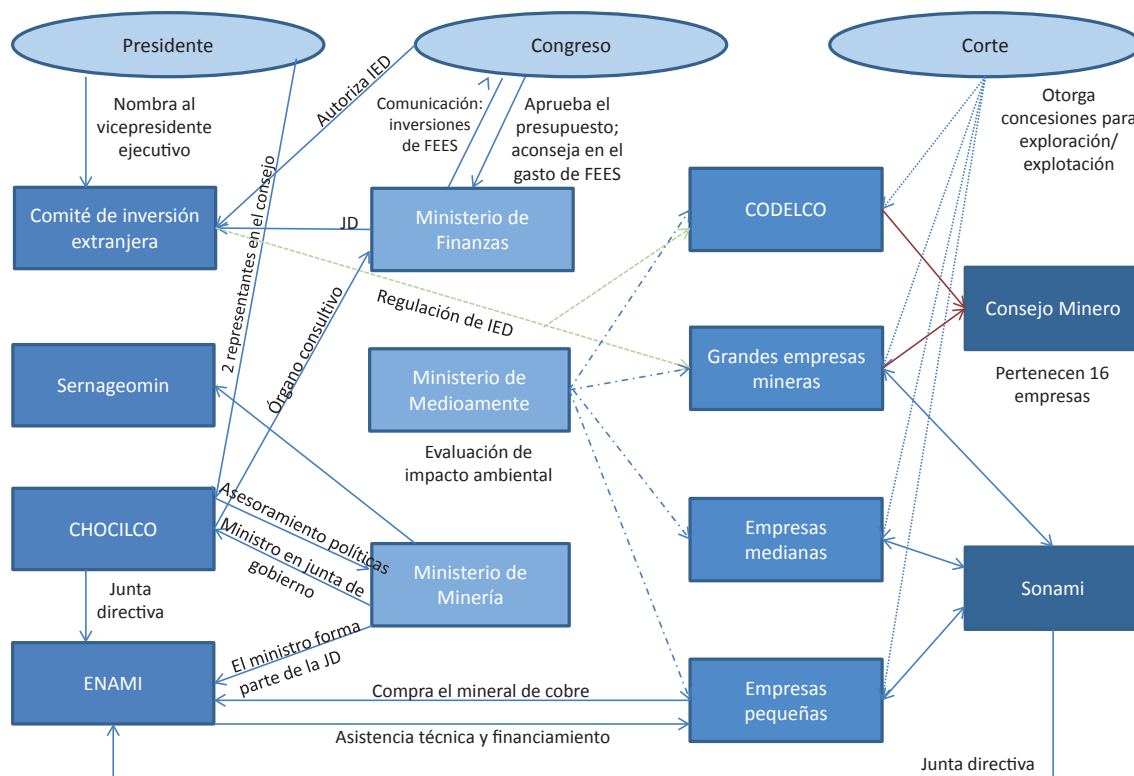


Fuente: Elaboración propia en base a datos de COCHILCO.

4.2 Características centrales del régimen socio-tecnológico del cobre en Chile

El Gráfico 5 ofrece un mapa de los actores relevantes del régimen socio-tecnológico de la minería del cobre en Chile. En la subsecciones siguientes se resumen las principales funciones y vínculos que existen entre ellos.

Gráfico #5. Instituciones y sus relaciones en el sector minero chileno



JD: Junta directiva
FEES: Fondo de Estabilización Económica y Social

Fuente: Korinek (2013).

4.2.1 Marco normativo

El rol del Estado respecto a la gestión del cobre cambió sustantivamente tras el acontecimiento histórico conocido por los chilenos como el “trauma del salitre”. Desde entonces, emergió una conciencia sobre la necesidad de apalancarse en el cobre para promover el desarrollo económico. En 1955, se promulgó la ley N° 16.425, conocida como “Ley del nuevo trato”, que regulaba la situación tributaria y de fiscalización de la minería. En 1966, comenzó la así llamada “chilenización” del cobre, luego de que el Estado pasara a poseer el 51% de las grandes minas. Finalmente, en 1971, el congreso votó por unanimidad nacionalizar las grandes compañías mineras de cobre.

En la actualidad, la trama institucional del régimen socio-tecnológico de la minería del cobre en Chile se compone de una variedad de actores (gobierno, agencias regulatorias, asociaciones industriales y empresas públicas y privadas) y regulaciones. El gráfico anterior muestra las diferentes instituciones que juegan un papel en la toma de decisiones relativas a la industria minera y las relaciones que existen entre ellas (Korinek, 2013).

La propiedad de los recursos mineros en Chile, de acuerdo a la Constitución, corresponde al Estado. Las concesiones para exploración y explotación son otorgadas por la Corte, lo que responde a la intención de limitar la discrecionalidad administrativa que

podría potencialmente prevalecer en alguna agencia gubernamental. Los permisos de exploración son otorgados por un período de dos años, renovables por otros dos. Los titulares de permisos de exploración cuentan con prioridad en la obtención de permisos de explotación. Una vez otorgado el permiso de explotación, el propietario puede mantenerlo mediante el pago de una cuota anual, independientemente de si la explotación se lleva o no a cabo. Asimismo, el titular del permiso de explotación puede subarrendar (*sub-contract*) la explotación de la mina.

El Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) es la agencia chilena especializada en información geológica. Contiene información sobre los territorios para los cuales ya se han emitido permisos de exploración y explotación. Sin embargo, no cuenta con información detallada sobre el tamaño y la calidad de los depósitos. En efecto, Sernageomin no tiene la obligación de proveer esa información, de manera tal que en Chile no hay disponible en el dominio público una imagen completa del tamaño, localización y ley del mineral de los depósitos existentes. Esta situación contrasta con la de algunos países ricos en recursos como Estados Unidos, cuya agencia de servicios geológicos pone a disposición una gran cantidad de información.

4.2.2 Actores del régimen socio-tecnológico

Los dos actores fundamentales dentro del régimen del cobre en Chile son el Estado nacional, presente en la empresa pública Codelco y en las agencias públicas correspondientes, y las empresas transnacionales, que tienen una fuerte presencia en las actividades extractivas y de provisión de insumos. Existe también un grupo de empresas medianas y pequeñas, proveedoras de servicios tecnológicos, que está ganando importancia. A pesar de que este grupo es pequeño y la magnitud de su actividad es insignificante en relación a la magnitud de la actividad de extracción, sus posibilidades de crecimiento están atrayendo creciente atención ante la necesidad del país de diversificar su estructura económica.

La extracción de cobre está dominada por unas pocas grandes empresas que muestran un alto grado de concentración e integración vertical². En 2014, solo cuatro compañías –Codelco, BHP Billiton, Anglo American y Antofagasta Minerals– explicaron el 82% de la producción de cobre en Chile. Codelco, la empresa minera propiedad del Estado, dio cuenta en aquel año de alrededor de un tercio del cobre producido en el país, mientras que BHP Billiton, la minera australiana más grande del mundo, le sigue con el 27% (Tabla 5).

La diferencia de tamaño con el estrato medio es significativa. Mientras que las tres compañías más grandes producen más de un millón de toneladas métricas al año, las empresas de tamaño medio, que son alrededor de treinta, suelen operar en un rango de 1.000 a 50.000 toneladas métricas. Generalmente, no están integradas con las etapas del procesamiento del mineral obtenido en mina y venden su producción a la ENAMI, quien completa el proceso productivo (fundición o lixiviación) y luego vende el cobre en los mercados internacionales.

2. Las empresas mineras se pueden dividir en función de su escala en grandes, medianas y pequeñas. Por ley, las empresas grandes se definen como aquellas que producen más de 75 mil toneladas métricas de mineral al año, considerando todas sus operaciones. Las empresas de tamaño medio, como aquellas que operan en un rango de 1.000 a 75.000 toneladas métricas al año. Finalmente, las pequeñas, como aquellas que producen menos de 1.000 toneladas métricas al año.

ENAMI es una empresa pública que tiene por misión promover el desarrollo de las compañías mineras de menor tamaño. Compra la producción de cobre sin refinar de este tipo de empresas, la procesa y, posteriormente, vende el cobre refinado en los mercados internacionales, lo que la convierte en el sexto exportador de cobre en Chile. El precio de compra del cobre sin procesar resulta de negociaciones entre ENAMI y la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), asociación empresaria que reúne a todas las empresas del sector (las pequeñas, medianas y grandes). ENAMI provee, además, financiamiento y asistencia técnica a las empresas pequeñas. La junta directiva está formada por el ministro de minería, un representante del Ministerio de Finanzas, un representante del Poder Ejecutivo, un representante de COCHILCO (la agencia de asesora del cobre) y SONAMI.

Las empresas pequeñas producen menos de 1.000 toneladas métricas al año, y todas ellas venden su producción a ENAMI.³ También hay una minería artesanal independiente que opera bajo condiciones precarias y vende su producción a pequeñas minas.

Tabla #5. Producción de cobre por empresa en Chile(2014)

Compañía minera	Producción (Miles de toneladas)	Cuota de mercado (%)
Codelco	1.671,80	31,97
BHP Billiton	1.421,10	26,97
Anglo American	1.011,50	17,65
Antofagasta Minerals	726,1	11,09
Freeport-McMoran	166,4	3,23
LundinMiningCorporation	134,7	2,96
Barrick	100,6	2,55
Teck	48,1	1,42
Glencore	66,4	1,32
Pan Pacific Copper	44,6	0,59
KGHM International	12,7	0,25

Fuente: Stubrin (2016) en base a datos de COCHILCO.

La coexistencia de explotaciones de gran tamaño integradas verticalmente con operaciones sustantivamente menores que venden su producción a ENAMI encuentra explicación en las economías de escala de las distintas etapas del proceso minero (extracción, procesamiento y lixiviación o fundición y refinación). El proceso completo no es viable

3. El rol de ENAMI no se reduce sólo a la compra y procesamiento de mineral para su posterior venta. Además, ayuda a los pequeños productores a protegerse de las fluctuaciones de precios y, entre otras tareas, les brinda apoyo para que aumenten sus capacidades tecnológicas y condiciones de seguridad.

en términos económicos para yacimientos pequeños y, a su vez, estos yacimientos no pueden ser explotados con las mismas técnicas que se emplean en las grandes minas (Benavente y Goya, 2011).

El grado de mecanización del proceso productivo, así como también las capacidades tecnológicas y de gestión, el horizonte de planeamiento, las condiciones de seguridad y los salarios están correlacionados en forma directa con el tamaño de las empresas mineras. A mayor tamaño, mayor la mecanización y mejor el desempeño en las variables mencionadas. Asimismo, el estrato más pequeño es el que evidencia una mayor entrada y salida de empresas, en estrecha asociación con el ciclo de precios del cobre. Normalmente, estas empresas operan en yacimientos pequeños con costos medios de extracción más altos (Benavente y Goya, 2011).

4.3 Los desafíos de la minería del cobre en Chile ante el fin del súper ciclo de las materias primas

Desde finales de 2011, la progresiva reversión del así llamado súper ciclo de las materias primas, que en el caso del cobre se manifestó en una caída en el precio superior al 40% entre el 2011, año en el que se alcanzó un pico, y el 2016, puso al descubierto ciertos aspectos frágiles del régimen socio-tecnológico que ponen en riesgo la sustentabilidad del sector en el mediano y largo plazo. Los desafíos planteados se manifiestan en distintas dimensiones que incluyen la productiva y tecnológica, así como la social y ambiental.

4.3.1 Desafíos internos al régimen: limitaciones tecnológicas y productivas

- Costos crecientes

La minería chilena enfrenta un problema de carácter estructural: las minas son cada vez más antiguas y profundas, lo que resulta en menores leyes de explotación, minerales cada vez más duros y mayores distancias de acarreo del material. Entre 2005 y 2014, la ley promedio de mineral cayó 24% (Fundación Chile, 2016). Puesto que la minería es una actividad intensiva en el consumo de energía –representa más del 20% de sus costos totales–, la necesidad de extraer una mayor cantidad de material para obtener una determinada cantidad de cobre implica un aumento del consumo unitario de electricidad y combustible, que deriva, a su vez, en un aumento de los costos de producción.

Este problema incide también en el consumo de agua, un insumo crítico para la actividad minera que también se utiliza de forma intensiva. La escasez de agua en algunas regiones, sumada a los conflictos que se generan con las comunidades aledañas, empuja a las firmas del sector a sustituir de forma creciente el consumo de agua fresca por consumo de agua de mar. Este último creció 669% entre 2009 y 2014 (Fundación Chile, 2016). La necesidad de desalinizar el agua de mar y bombearla hasta las faenas repercute también sobre los costos asociados al uso de energía.

Los costos laborales también aumentaron en los años del súper ciclo. Mientras que, a nivel nacional, el costo laboral aumentó el 71%, entre 2003 y 2013, en el sector minero se duplicó (COCHILCO, 2015).

En conjunto, entonces, los costos de producción aumentaron en las explotaciones mineras alrededor de 250% al cabo de diez años (Fundación Chile, 2016). Así, Chile pasó de estar ubicado por debajo de la media, en términos de costos entre los países productores de cobre, a estar por encima: en el período 2003-2008, los costos de producción de cobre en Chile estaban 11% por debajo del promedio del resto del mundo; en 2008-2013, los costos pasaron a estar 5,7% por encima (COCHILCO, 2015).

- Caída de la productividad

En el período durante el cual el precio del cobre se mantuvo elevado, las grandes compañías mineras priorizaron el aumento de la producción, relegando algunos aspectos vinculados a la eficiencia de la producción minera. Si bien la disminución de las leyes del mineral y de la calidad del recurso geológico contribuyen a explicar el descenso de la productividad, no alcanzan para explicar la totalidad de la caída, que se calcula en el orden del 20%, entre 2000 y 2013. Otros factores que han tenido influencia en esta caída están vinculados con las formas de gestión empresarial, las tecnologías empleadas y las capacidades de los recursos humanos (COCHILCO, 2014).

4.3.2 Desafíos de desarrollo

- Escasos encadenamientos locales y diversificación

A pesar de la importancia de la actividad del cobre para Chile, el sector ha desarrollado escasos encadenamientos, sobre todo cuando se lo compara con países como Australia y Canadá. Las exportaciones de proveedores de la minería se han expandido recientemente: mientras en 2001 estas alcanzaban los US\$ 3,4 millones (Korinek, 2013), de acuerdo a la Fundación Chile (2015), entre 2010 y 2014, más de 300 proveedores mineros exportaron al menos US\$ 500 millones por año. Sin embargo, si tomamos en cuenta el cociente de exportaciones de bienes vinculados a la minería con respecto al tamaño del sector minero, este es muy bajo comparado al existente en países mineros como Australia, Canadá y Finlandia.

La demanda por incrementar los encadenamientos y desarrollar proveedores locales ha crecido significativamente en los últimos años en asociación con la caída en el precio de las materias primas, que ha puesto en evidencia la fragilidad del modelo de desarrollo del país, fuertemente dependiente de la exportación de este mineral.

- Conflictos socioambientales

Hacia junio de 2012, el Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH), una institución pública autónoma e independiente de los tres poderes constitucionales, identificó un total de 97 conflictos socioambientales en Chile. De ese total, 33 correspondían a conflictos

vinculados al sector minero (INDH, 2012)⁴. Tres años más tarde, una actualización de ese relevamiento registró un total de 102 conflictos, de los cuales 35 están relacionados con el sector (INDH, 2016). Si se tiene en cuenta que la minería es un sector intensivo en el uso de energía –que en algunos momentos llegó a explicar un tercio del consumo energético del país–, y se incluyen los conflictos vinculados a este otro sector, el número total ascendería a 78 sobre el total de 102. En definitiva, las tres cuartas partes de los conflictos socioambientales registrados por el INDH están vinculados directa o indirectamente con la minería.

Desde una perspectiva regional, los datos del Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL) muestran que Perú, México y Chile lideran la cantidad de conflictos mineros en la región. Esta organización contabiliza un total de 216 conflictos en torno a la minería en América Latina, de los cuales 36 corresponden a Chile, 39 a Perú y 37 a México; le siguen Argentina (26), Brasil (20) y Colombia (13)⁵.

En ocasiones, los conflictos relevados por estas tres iniciativas se vinculan con la falta de claridad y transparencia en la definición de la propiedad de tierras fiscales e indígenas. Esto ha permitido el otorgamiento de permisos de exploración y explotación en tierras que son reclamadas por comunidades indígenas, sin la consideración adecuada del reclamo de éstas o del deber de protección que tiene el Estado respecto de los derechos indígenas (Lagos *et al.*, 2015). No obstante, más allá de los conflictos originados en torno al acceso a la tierra, también se registran procesos productivos mineros que emiten diversos tipos de contaminantes (dióxido de azufre, anhídrido de carbono y arsénico, entre otros) que tienen efectos nocivos sobre la salud de las poblaciones y la calidad de recursos básicos como el agua y el aire.

Una de las etapas del proceso de producción de la minería que requiere especial atención en el caso de Chile, por su impacto sobre el medio ambiente y por su atraso relativo en materia tecnológica, es la de la fundición. La regulación actual en materia de emisiones es considerablemente menos exigente que la que establece la Guía de Calidad del Aire de 2005, publicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Lagos *et al.*, 2015). La fundición de cobre de Codelco registra eventos tóxicos de corta duración que, de acuerdo a las declaraciones de la compañía, se asocian a la inadecuada operación de la fundición (ver Contreras Fierro, 2014, para el caso de la fundición de Ventana)⁶. De acuerdo a Lagos *et al.* (2015), las siete fundiciones que existen en Chile están atrasadas en materia de emisiones, y la actualización o modernización requeriría, según un criterio conservador, de una inversión cercana a los US\$ 2.000 millones para alcanzar los estándares actuales, y una de US\$ 5.000 millones para alcanzar normas de calidad de clase mundial.

En este contexto, desde 2004, sin cambio legislativo o normativo alguno, la duración de las evaluaciones de impacto para conseguir la Resolución de Certificación Ambiental (RCA), necesaria para poder iniciar operaciones, pasó de un promedio de 300 días a 500

4. El informe entiende por conflicto socioambiental a aquellas "disputas entre diversos actores –personas naturales, organizaciones, empresas públicas y privadas, y el Estado–, manifestadas públicamente y que expresan divergencias de opiniones, posiciones, intereses y planteamientos de demandas por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada del acceso y uso de los recursos naturales, así como por los impactos ambientales de las actividades económicas".

5. En la misma dirección apunta el relevamiento del Environmental Justice Atlas, un sitio patrocinado por la Unión Europea que mapea los conflictos mineros en la región: <http://ejatlas.org/featured/mining-latam>

6. CODELCO, 2011. "Presentación sobre el Problema Ambiental 23 de Marzo 2011. Informe para Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente". Cámara de Diputados. Valparaíso. 6 de Abril de 2011, p. 1-43.

días (Lagos *et al.*, 2015). Asimismo, según las voces del sector, la obtención de la RCA no garantiza el comienzo de las actividades productivas. Entre 2012 y 2014, por ejemplo, la justicia detuvo la construcción de las minas Pascua Lama y el Morro que contaban con la aprobación de la RCA (Lagos *et al.*, 2015).

De acuerdo a Lagos *et al.* (2015), desde hace unos cinco años no es posible identificar una tendencia en los fallos ambientales de la Corte Suprema, lo que aumenta la incertidumbre en las primeras etapas de los proyectos mineros. Los conflictos con las comunidades locales y otros temas ambientales darían cuenta del 31% de los proyectos mineros postergados en los últimos años (Stubrin, 2016, en base a información provista por Fundación Chile y Codelco). Desde la perspectiva de los actores dominantes del régimen, los conflictos socioambientales dificultan la obtención de la licencia social para operar⁷.

En suma, el incremento de la extracción de cobre en Chile ha generado serias consecuencias sociales y ambientales en los territorios donde se desarrolla, ya sea debido al uso y contaminación del agua, al desplazamiento de comunidades locales, o al relegamiento a un segundo plano de actividades productivas históricas de las personas y los territorios (agricultura, por ejemplo), entre otros factores. Esta situación se ha traducido en comunidades que se han levantado frente a la alteración histórica que han tenido con su entorno, generándose de este modo conflictos de contenido ambiental o conflictos socioambientales.

4.3.3 En resumen

El régimen socio-técnico del cobre en Chile está altamente desarrollado y cuenta con fuerte participación tanto del sector público como del privado, en este último caso fundamentalmente de la mano de empresas transnacionales de gran envergadura. El estado tiene una fuerte presencia en la actividad, dada la importancia que esta tiene para el país, de la mano de la empresa pública Codelco, principal productora, y un número importante de instituciones relacionadas a la actividad. También están ganando importancia un número de instituciones intermedias público-privadas y empresas domésticas proveedoras de tecnologías. Sin embargo, ante un enfoque, encarnado en el Ministerio de Minería, predominantemente de escaso intervencionismo y basado principalmente en mercado de mercado (las empresas estatales, por ejemplo, no pueden, por la normativa vigente, favorecer proveedores locales), la actividad tiene una naturaleza fundamentalmente extractivista y ha generado escasos encadenamientos hacia otros sectores.

Existe una actividad tecnológica importante, que es llevada adelante localmente por la empresa estatal Codelco. Las empresas transnacionales, por su parte, desarrollan casi la totalidad de sus actividades de innovación y desarrollo en sus países de origen. Esto hace que el régimen socio-tecnológico del cobre en Chile pueda ser calificado como semi-periférico.

En la sección siguiente analizamos algunas de las iniciativas llevadas adelante a nivel local para abordar los dos grandes desafíos que enfrenta el sector.

7. La LSO no alude a un contrato o documento formal, sino a las características reales o actuales de credibilidad, confiabilidad y aceptación de las compañías mineras y sus proyectos. Las partes involucradas otorgan la LSO en base a la credibilidad de una compañía minera y al tipo de relación que ésta crea con las comunidades.

4.4 Conformación de nichos: oportunidades y desafíos

Ante los desafíos que ha dejado al descubierto el fin del súper ciclo de las materias primas, comentados más arriba, los actores dominantes del régimen socio-tecnológico, bajo la coordinación de ciertas agencias del estado, avanzaron en la definición de un programa estratégico que, en primer lugar, refinara el diagnóstico, para luego proponer vías de acción orientadas a generar condiciones para su propia sustentabilidad. Estos actores elaboraron un conjunto de documentos consensuados con propuestas de políticas que dio lugar al desarrollo de una serie de objetivos y temas que requieren ser abordados de manera prioritaria y para los cuales se han sentado condiciones que favorecen la creación de nichos (ver Tabla 6).

La composición del grupo de actores que coordinó el proceso, así como las características del mismo, explican la naturaleza de los nichos que el propio régimen ha definido. Se trata de iniciativas que no pretenden proponer un cambio de naturaleza radical en el régimen, ni procuran, por supuesto, reemplazarlo. Por el contrario, los nichos propuestos, todos de naturaleza emergente y con bajo nivel de maduración, presentan un carácter simbiótico con el régimen que pretende reforzar la posición de los actores que participan del mismo.

Tabla #6. Nichos identificados en torno al régimen socio-tecnológico del cobre en Chile

Nicho	Desafíos y oportunidades	Actores clave		Iniciativas	
Explotación primaria del cobre	Costos crecientes: minas más antiguas y profundas, menores leyes del mineral, minerales más duros, escasez de agua, etc.	Corfo	Empresas que explotan el recurso: CODELCO, ENAMI y BHP Billitition, principalmente	Creación de programas/ asociaciones público-privadas:	Minería subterránea
	Caída de la productividad				COCHILCO
Cadena de valor	Socioambientales	Fundación Chile	Empresas proveedoras de servicios basados en el conocimiento	- Alianza Valor Minero	De desarrollo: Pro-diálogo, sistema de diálogo permanente entre el gobierno, las comunidades y las empresas
	De desarrollo: escasos encadenamientos locales	Ministerio de Minería			De desarrollo: - Escalamiento del Programa de Proveedores de Clase Mundial - Facilitación de espacios de prueba para proveedores
	Modelo extractivista				

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Generando consensos para un cambio dentro del régimen: la base para la creación de nichos

La nueva institucionalidad en torno a la minería en Chile comenzó a gestarse a partir del informe “Minería y desarrollo sostenible en Chile: hacia una visión compartida” (Lagos, 2014)⁸. Sobre la base de este documento, un grupo transversal conformado por políticos, ex ministros, empresarios, trabajadores y dirigentes sociales, liderado por el ex Presidente Ricardo Lagos, se propuso alcanzar un consenso sobre una visión del futuro de la minería. De allí surgen tres características que debería cumplir la minería del cobre en el futuro: ser virtuosa, inclusiva y sustentable (ver Box 1).

Pocos meses después de la publicación del documento, el Consejo de Innovación para el Desarrollo (CNID) creó la “Comisión Minería y Desarrollo de Chile”, un espacio público-privado para construir, sobre la base de la visión consensuada en Lagos (2014), una agenda que permitiera alcanzar los resultados deseados. Esta iniciativa elaboró, entonces, la agenda “Minería: Una Plataforma de Futuro para Chile”, dirigida a la Presidenta Michelle Bachelet (CNID, 2014). En ese documento se identifican prioridades estratégicas consensuadas que pasarían a formar parte de una hoja de ruta para el sector minero durante los próximos quince años (plazo que luego se amplió a veinte). La primera acción que se llevó adelante fue la creación de dos programas público-privados que tienen por finalidad elaborar propuestas para la implementación de la visión y de las restantes prioridades estratégicas identificadas: la Alianza Valor Minero y el Programa Nacional de Minería Alta Ley. La primera tiene por misión alcanzar una minería inclusiva y sustentable –los pilares 2 y 3 de Lagos (2014)–, en tanto la segunda, una minería virtuosa –el primer pilar–.

La creación de espacios de interacción público-privados se realizó con el fin de evitar el cortoplacismo y la falta de colaboración que suele caracterizar la toma de decisiones de las

Box1 - Los tres pilares de la Visión consensuada

Virtuosa: debe estimular la inversión en conocimiento y maximizar la generación de valor al recurso que extrae, manteniendo la industria competitiva y rentable en el largo plazo. Debe surgir una institucionalidad pública que cuente con la participación de los diversos actores que deben implementarla.

Sostenible: debe prevenir, compensar y/o mitigar los impactos ambientales, sociales y culturales durante todo el ciclo de los proyectos, considerando el interés y los derechos de las futuras generaciones; haciéndolos coherentes con la preservación y fortalecimiento del entorno en que se desenvuelven.

Inclusiva: debe garantizar la participación de las comunidades afectadas por medio del diálogo libre e informado y a través de iniciativas de valor compartido. Administración eficiente y justa de las rentas generadas.

Fuente: Lagos (2014).

8. Este documento encuentra, a su vez, su antecedente en el documento de posición (position paper) del Centro de Estudios del Cobre (CESCO, 2013), una organización sin fines de lucro que funciona como un punto de encuentro de los actores del sector minero a nivel mundial a través de la organización de eventos y seminarios.

empresas mineras y también para fortalecer el vínculo de los distintos actores del régimen (niveles de gobierno, academia y empresas). La búsqueda de consensos intenta ser una brújula que coordine los esfuerzos de todos los actores directa o indirectamente vinculados a la minería.

- La Alianza Valor Minero

La Alianza Valor Minero, creada a principios de 2015, es una asociación público-privado que busca representar la pluralidad de actores e intereses que conviven al interior del régimen. Presidida por Álvaro García, ex-ministro de Economía bajo la presidencia de Eduardo Frei Ruiz Tagle, reúne ministros de diferentes carteras, instituciones públicas, representantes de gobiernos locales, grandes compañías mineras, organizaciones gremiales, organizaciones sociales, dirigentes sindicales, organizaciones de pueblos originarios, centros de estudio y otras organizaciones no gubernamentales⁹.

Alianza Valor Minero tiene por funciones: i) coordinar el cumplimiento de la agenda estratégica y sus iniciativas mediante la movilización de recursos públicos y privados; y ii) abordar la temática del desarrollo desde una perspectiva social, mediante la construcción de consensos que concilien los intereses de los distintos actores que directa o indirectamente participan de la actividad minera.

Alianza Valor Minero desarrolló una agenda estratégica que incluye diez prioridades, siete de las cuales pertenecen a la categoría “minería inclusiva” y tres a “minería sustentable”. En la actualidad, el programa está trabajando, dentro de la primera, en el desarrollo de un sistema de diálogo permanente entre el gobierno, las comunidades y las empresas mineras. Con esta medida busca atender la diversidad de conflictos socioambientales que la minería ha venido suscitando de forma creciente en las últimas décadas y que, en ocasiones, cuando se judicializan, retrasan los proyectos mineros y aumentan, por esta vía, los costos operativos¹⁰. En cierta medida, Alianza Valor Minero se hace eco de los distintos acuerdos e iniciativas que existen a nivel internacional y que subrayan los temas que se buscan abordar¹¹. El objetivo del programa Alianza Valor Minero es, en este contexto, adecuar o aterrizar esas iniciativas al plano local. En el área de sostenibilidad se identificaron varios proyectos de fortalecimiento de la institucionalidad pública, pero aún no hay iniciativas en marcha.

A principio de 2015, Alianza Valor Minero diseñó y convino, en conjunto con los actores que la componen, un sistema de diálogo permanente entre empresas, comunidades y gobierno en las localidades donde se desarrolla la minería. Este modelo modifica las prácticas actuales vinculadas, principalmente, a la consulta indígena y a la consulta ambiental. A fines de 2015, Valor Minero presentó la propuesta y obtuvo financiamiento del Fondo de Inversión Estratégica (FIE) para realizar pruebas piloto del sistema y, en forma paralela, para realizar un estudio sobre los cambios en la legislación y la acción pública necesarios para llevar adelante el sistema de diálogo multi-actor. Este proyecto, que recibió el nombre de Pro-diálogo se encuentra, en la actualidad, en etapa de ejecución.

9. La lista completa de participantes puede consultarse en <http://valorminero.cl/>

10. Davis y Franks (2014) revisan los costos derivados de los conflictos socioambientales en las industrias extractivas.

11. Entre estos acuerdos, se encuentra la Iniciativa para la Transparencia Financiera, Los Principios de Ecuador, La Revisión de las Industrias Extractivas y Principios del Desarrollo Sustentable del Consejo Internacional sobre Minería y Metales.

- Programa Nacional de Minería Alta Ley

Lanzado en enero de 2015, el Programa Nacional de Minería Alta Ley (Programa Alta Ley) es una iniciativa de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y el Ministerio de Minería, coordinada por Fundación Chile¹². El Programa Alta Ley está a cargo del pilar de minería “virtuosa” de Alianza Valor Minero (Box 1).

Cuenta con un Consejo Directivo formado por 27 miembros que representan al sector público, compañías mineras, gremios, empresas proveedoras y al sector de la ciencia y la tecnología¹³. Entre los actores del sector público, además de los ya mencionados, participan representantes del Instituto Nacional de Propiedad Intelectual, del Comité de Inversión Extranjera y del Ministerio de Economía. El principal objetivo es fortalecer la productividad, competitividad e innovación de la industria minera y sus proveedores.

El lanzamiento de este programa encontró un clima político receptivo tras la reasunción de Michelle Bachelet, en el marco del pacto Nueva Mayoría, en marzo de 2014. Desde entonces, comenzaron a favorecerse con mayor intensidad iniciativas selectivas que recibieron el nombre de “focalización inteligente”, en contraste con la gestión anterior del presidente Sebastián Piñera, que priorizaba políticas y programas de carácter horizontal (Crespi *et al.*, 2014). Se presentó la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento, a ejecutarse entre 2014 y 2018, donde se delinear los sectores a fomentar y se definen las estrategias para hacerlo (Ministerio de Economía, 2014). La agenda está compuesta por siete ejes de trabajo, uno de los cuales corresponde a “inversiones estratégicas”. En este marco, se creó el Fondo de Inversión Estratégica (FIE) dentro del cual, a su vez, se crearon los “programas estratégicos de especialización inteligente”. Estos programas son mesas público-privadas orientadas al mejoramiento de la competitividad del país. En este punto convergieron el Programa Nacional de Minería Alta Ley y la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento.

Una de las primeras iniciativas que se encararon dentro del Programa Nacional de Minería Alta Ley fue la elaboración de una hoja de ruta tecnológica (*roadmap tecnológico*) (Fundación Chile, 2016). En su elaboración, cuya coordinación estuvo a cargo de la Fundación Chile, participó una gran cantidad de actores vinculados al sector minero, con excepción de sindicatos y representantes de las comunidades que albergan o lindan a esta industria.

El *roadmap* tuvo por finalidad alcanzar un consenso entre los actores del régimen acerca de los principales desafíos productivos, tecnológicos –y, en menor medida, cuando se solaparen, también los ambientales y sociales–, así como también las iniciativas que se podrían desarrollar para superarlos. Luego de la identificación de los desafíos, se definieron lo que se dio en llamar “núcleos traccionantes”.

Los núcleos traccionantes hacen referencia a aquellos ámbitos vinculados al proceso productivo minero que, de acuerdo al diagnóstico realizado, presentan los desafíos tecnológicos más importantes para la evolución de la industria y ponen en riesgo la estabilidad del régimen: fundición, refinación, relaves, hidrometalurgia, concentración de minerales, planeamiento y operación de minas. Para cada núcleo se identificaron los desafíos, soluciones y líneas de I+D, se relevaron las patentes y publicaciones de los

12. El programa se desarrolla dentro de los Programas Estratégicos de Especialización Inteligente de CORFO.

13. Los miembros del Consejo Directivo pueden consultarse en <http://programaaltaley.cl/>.

últimos cinco años, y se especificaron los recursos que serían necesarios para avanzar (infraestructura, capacidades, proveedores, alianzas).

En el proceso de definición del *roadmap* se definieron también los así llamados “núcleos habilitadores”. Los mismos hacen referencia a aquellas dimensiones que, sin ser exclusivas del proceso minero, condicionan la capacidad de la industria para llevar a cabo el plan de desarrollo. El *roadmap* identifica en este campo tres grandes áreas de trabajo, así como el conjunto de medidas tendientes a avanzar dentro de cada una de ellas. Las tres áreas son formación de recursos humanos, desarrollo de proveedores y minería inteligente.

Del conjunto de temas identificados se seleccionaron, a su vez, ocho que fueron considerados como prioritarios y que requerían de una acción en el corto plazo. Estas áreas son:

1. Desarrollo de una minería subterránea a gran escala¹⁴.
2. Mejora de la competitividad de las fundiciones y refineras.
3. Relaves mineros (creciente escasez de superficie y minimizar impacto ambiental).
4. Mejora de productividad en la minería a cielo abierto (movimiento de grandes volúmenes de material a través de largas distancias).
5. Desarrollo de proveedores intensivos en conocimiento y tecnología.
6. Desarrollo de la actividad de exploración en Chile¹⁵.
7. Desarrollo de una minería inteligente¹⁶.
8. Desarrollo de capital humano (acorde a los requerimientos actuales y futuros de la industria).

4.4.2 Algunas iniciativas en marcha

La definición de áreas de acción definidas por el régimen en su *roadmap tecnológico* es muy reciente y, por lo tanto, se podría afirmar que se trata de nichos cuya formación definitiva dependerá de la capacidad de los actores participantes de conseguir los recursos y acordar las iniciativas necesarias para avanzar en los procesos de protección, consolidación y fortalecimiento (ver Sección 2). Algunas iniciativas, sin embargo, han avanzado en la etapa de formulación y se encuentran en marcha. A continuación se describen algunas de ellas.

- Abordando los desafíos tecnológico productivos: la minería subterránea

Una iniciativa muy importante que se encuentra en proceso de ejecución, orientada a abordar los problemas tecnológicos productivos, es la de experimentación para una minería subterránea. La empresa pública Codelco es la principal responsable, a partir del proyecto Chuquicamata Subterráneo, que busca convertir a la que supo ser la mina a rajo abierto más grande del mundo en una mina subterránea.

14. Se busca optimizar las operaciones mineras mediante la mecanización, automatización, tele-operación y robotización de procesos.

15. Hoy se observa un alto grado de concentración y bajo nivel de rotación de la propiedad minera, lo cual se traduce en un uso poco eficiente del recurso. El desarrollo de la actividad de exploración requerirá, por ende, de la revisión de la normativa de acceso a la propiedad minera, entre otras cosas.

16. El establecimiento de estándares y procesos para la interoperabilidad, entendido como la habilidad de los sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones de intercambiar datos y permitir que se comparta información y conocimiento.

Chuquicamata, localizada en la región de Antofagasta, comenzó a ser explotada en 1915 y, según se estima, dejará de ser rentable en pocos años. Ya en 2008 dejó ser el yacimiento más productivo de Codelco, para ocupar el tercer lugar, detrás de Radomiro Tomic y El Teniente¹⁷. La profundidad que ha alcanzado se traduce en grandes distancias de transporte, tasas de desbroce más altas y caída de la ley del mineral, con implicancias severas en términos de costos de producción.

No obstante, se trata de un yacimiento que conserva un gran potencial económico. Las reservas de mineral de cobre que se encuentran en sus profundidades equivalen a aproximadamente el 60% de lo explotado desde sus inicios¹⁸, lo que podría extender su vida en 40 años más. Asimismo, juega a favor de su desarrollo la infraestructura productiva desplegada en sus cien años de operación. La región cuenta con una capacidad instalada conformada por plantas concentradoras, fundiciones y una cadena de suministro consolidada.

La construcción de Chuquicamata subterráneo comenzó en 2011 y se prevé que finalizará en 2019, con una inversión también prevista de US\$ 4.000 millones. La mayor parte de la I+D se realizó en la mina El Teniente, el primer yacimiento en el cual se aplicó la tecnología que será empleada en Chuquicamata.

La tecnología empleada en minas subterráneas, conocida como *block caving*, fue desarrollada originariamente en las minas de hierro de Menominee Ranges (Michigan, Estados Unidos), hacia fines del siglo XIX. A comienzos del siglo XX se introdujo en las minas de cobre del oeste de ese mismo país. En Chile, se utilizó por primera vez en 1940, en las operaciones de la mina El Teniente. En 1982, por efectos de la profundización de la mina y el consecuente aumento de la dureza y resistencia de la roca, se implementa en El Teniente una variante conocida como *panel caving*, que con el tiempo sufre nuevos cambios incrementales para controlar el fenómeno de “estallido de rocas”.

Desde entonces, Codelco fijó como uno de sus intereses principales el desarrollo de la minería subterránea. Entre 1998 y 2003, formuló el Programa Tecnológico de Minería Subterránea, en cuyo marco se realizaron una serie de estudios para avanzar en las siguientes líneas: i) optimización del diseño minero; ii) conocimiento de los modelos ligados al proceso de hundimiento de bloques; y iii) automatización de equipos de extracción y transporte de mineral, desarrollo de equipos para la reducción secundaria y estudios para la explotación continua de minería subterránea (acondicionamiento del macizo rocoso e implementación de chancadores de reducidas dimensiones). Finalizado este programa, en 2004, Codelco creó el Proyecto Corporativo de Minería Subterránea, cuyo objetivo era validar y vincular las tecnologías que emergieron del Programa Tecnológico al diseño minero.

Si bien existen otros proyectos de minería subterránea, tanto en Chile como en el resto del mundo, la envergadura de Chuquicamata hace que su construcción y puesta en funcionamiento constituya un desafío sin precedentes que tendrá implicancias en términos de la generación de capacidades locales. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, se estima que el proyecto disminuirá en un 97% las emisiones de material particulado asociadas a la actividad minera del yacimiento, con un positivo impacto en el entorno¹⁹.

17. <http://www.mch.cl/2009/03/09/chuquicamata-fue-desplazada-al-tercer-lugar-de-las-minas-mas-productivas-de-codelco/>

18. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20110706/pags/20110706103025.html

19. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20110706/pags/20110706103025.html

- Abordando los desafíos de desarrollo: proveedores y relaves

Una de las iniciativas más importantes orientadas a abordar los desafíos de desarrollo es el Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM). En torno a este programa gira una de las metas más importantes de la visión definida en el informe Lagos (2014): hacer de la minería en Chile un sector que contribuya al desarrollo económico del país mediante la diversificación de la estructura productiva. Este programa busca fomentar una industria nacional de proveedores basados en el conocimiento, con capacidad de exportar e insertarse en cadenas globales de valor y cuyos servicios puedan expandirse hasta alcanzar otros sectores de actividad, más allá de la minería. El programa Alta Ley busca escalar el PPCM, originariamente implementado por BHP Billiton y al cual se sumó tiempo después Codelco.

Vinculada a este programa, y con el mismo objetivo de fortalecer a los proveedores locales, hay una iniciativa orientada a la habilitación de espacios de prueba para proveedores. La falta de dichos espacios ha sido señalada como una de las barreras más importantes para el desarrollo de proveedores locales. Interrumpir el proceso productivo de grandes explotaciones representa alto costo para las empresas mineras, para los proveedores y las compañías aseguradoras, lo que genera reticencias en las grandes empresas y dificulta la posibilidad de que los proveedores testeen sus desarrollos. En esencia, el proyecto consiste en un concurso público para la habilitación de espacios de prueba (para minería subterránea, minería superficial, tranques, etc.) para proveedores mineros. Hay varias empresas interesadas en el proyecto que cederían espacio para realizar pruebas en faenas que ya no son de las más importantes para ellas (la mina el Teniente de Codelco, por ejemplo). También hay empresas de la pequeña y mediana minería que ven en esta iniciativa la posibilidad de tener un acceso privilegiado a nuevas tecnologías para mejorar su competitividad, lo que ofrecería una fuente alternativa de renta ante la caída en el precio del cobre,

Otra iniciativa en esta área concierne a los tranques de relaves, que ha ido ganado importancia en el campo de visión de las compañías mineras, tanto en Chile como a nivel mundial, a partir de los recientes accidentes que tuvieron lugar en Brasil y Canadá²⁰. Adicionalmente, este tema tiene un peso creciente en Chile debido a la expansión territorial de la minería a gran escala hacia la zona centro-sur del país, el área geográfica más densamente poblada de Chile y donde, por este motivo, la actividad minera convive con otras comunidades y actividades productivas como la agricultura. Más aún, en el contexto de caída de las leyes del mineral y crecimiento estimado del volumen de producción, que implican un crecimiento de relaves, algunas empresas encuentran dificultades para ampliar los tranques ante la resistencia de nuevos movimientos sociales, que no generaban oposición tiempo atrás (OCMAL, 2016)²¹. Si un tranque de relave colapsa, el derrame puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, destruir los cultivos y constituir una amenaza para la vida humana.

20. En 2014, se rompió en Canadá el tranque de relaves de la mina de oro y cobre Mount Polley, derramando los residuos mineros en el lago Polley. Un año después, en Brasil colapsó el tranque de relaves "Barragem do Fundão", ubicado en el estado de Minas Gerais. El evento afectó el río, la vegetación de una extensa superficie de tierras y provocó la muerte de más de una docena de personas.

21. Son ejemplo de este fenómeno la resistencia de los habitantes de Calama a los planes de ampliación del tranque de relaves "Talabre", de propiedad de Codelco, que está ubicado a 10 km de su ciudad. Y, también, la latencia del conflicto con el proyecto Pelambres de Antofagasta Minerals, bajo el cual la empresa busca expandir su segundo tranque de relaves "El Mauro" (OCMAL, 2016).

En este contexto, el programa Alta Ley propuso dos iniciativas que obtuvieron financiamiento del FIE. Una busca desarrollar tecnologías para recuperar elementos de valor en tranques abandonados y/o antiguos y tranques de faenas pequeñas, como los de ENAMI. El otro proyecto es el de “tranque inteligente” y tiene por objetivo desarrollar tecnologías para el monitoreo conjunto de las variables críticas de los tranques y transparentar la información brindada a las autoridades públicas y las comunidades sobre su estado (estabilidad física y química, alerta temprana de filtraciones, etc.). Este proyecto es coordinado por Fundación Chile y participan actualmente Codelco, BHP Billiton, Antofagasta Minerals y ENAMI. Ambos se encuentran en fase de ejecución.

4.5 Reflexiones sobre las posibilidades de transformación del régimen del cobre en Chile

Resulta evidente que el régimen sociotecnológico del cobre en Chile está recibiendo fuertes presiones para el cambio que provienen del *landscape*. La eficiencia del régimen, ya maduro, presenta signos de agotamiento y éste ha acusado recibo sobre la necesidad de promover un proceso de transformación. Al mismo tiempo, es claro que este cambio, al ser gestado desde el corazón mismo del régimen, no tiene el ánimo de desafiar la lógica de acumulación, las tecnologías o las relaciones predominantes dentro del mismo. Esto obviamente limita las posibilidades de exploración de senderos alternativos que deriven en una transformación del régimen de carácter radical, aun cuando algunas de las presiones registradas exigirían cambios de este tipo para avanzar de manera efectiva a un nuevo modelo de desarrollo sustentable.

Es, asimismo, difícil establecer con claridad en esta etapa cuáles son las posibilidades de transformación real que los núcleos de acción originados dentro del mismo régimen tendrán, dado que muchos de los nichos a los que han dado lugar son aun muy incipientes. En esta sección, por lo tanto, se ofrece un análisis basado en los avances realizados hasta el momento según la visión de los actores consultados.

En primer lugar, cabe destacar que aun cuando algunos de los nichos definidos encierran desafíos que amenazan la sustentabilidad del régimen en el corto plazo, a partir la caída de los precios internacionales, las empresas mineras en Chile se han abocado, principalmente, al control de sus costos, lo que ha afectado negativamente sus presupuestos de investigación y desarrollo. El cortoplacismo propio de las actividades extractivas, que se observa en el comportamiento cíclico de priorizar la expansión de la producción cuando los precios se elevan y de reducir costos cuando los precios descienden, es uno de los factores que pone en riesgo la implementación de las iniciativas definidas en los nichos. Esto se termina traduciendo en cierta falta de compromiso por parte de los grandes actores privados del régimen, aun cuando las empresas hayan participado activamente del proceso de definición.

En segundo lugar, se presentan problemas de coordinación público-público, así como también al interior de cada organismo público. Si se pretende avanzar en la visión de

una minería inclusiva, sustentable y virtuosa, los intereses de los distintos organismos públicos deben estar alineados en función de ello. En la práctica, CORFO es la institución gubernamental que ha mostrado mayor nivel de compromiso, junto con el Ministerio de Economía. En el otro extremo, la gravitación del Ministerio de Minería es mínima, y, en palabras de los entrevistados y como se desprende del *position-paper* de CESCO (2013) –que antecede el trabajo de Lagos, 2014– tiene poco peso en el escenario político.

Otro tema que genera escepticismo en algunos actores es la sostenibilidad del apoyo político a la estrategia trazada en el *roadmap* tecnológico y las iniciativas que se van implementando. La fallida experiencia de la política de *cluster* del primer gobierno de Bachelet ilustra los riesgos en este sentido. Durante su mandato, se realizó un concurso –que ganó el Boston Consulting Group– en el que se identificaron once sectores de los cuales, por motivos presupuestarios, se seleccionaron solo ocho. Sin embargo, con el cambio de signo político que supuso la asunción de Sebastián Piñera como presidente, se modificó el enfoque conceptual y se priorizaron políticas de carácter horizontal, lo que resultó en la cancelación del programa de *cluster*. Con el segundo mandato de Bachelet las políticas verticales volvieron a ganar espacio. Sin embargo, el presupuesto comprometido resulta acotado en relación al tamaño de los desafíos. Esta situación se ve, a su vez, magnificada por la caída del precio del cobre y otras materias primas de exportación, lo que plantea una suerte de círculo vicioso.

Lejos de ser una limitación exclusiva del sector público, la falta de recursos afecta también al sector privado. Como se ha señalado, las grandes compañías mineras enfrentan desde el fin del súper ciclo de las materias primas una restricción de liquidez que las impulsa a seguir una estrategia de reducción de costos y a recortar las inversiones. El PPCM, por ejemplo, aunque ambicioso en un principio, ha alcanzado muchos menos resultados que los esperados, en parte, precisamente, por falta de financiamiento y compromiso de las grandes mineras involucradas. El número de proveedores involucrados es muy reducido, son 100 sobre un total de 6.000 (Marín *et al.*, 2016).

El programa parece estar funcionando bien como herramienta para reducir las asimetrías de información. Sin embargo, no está claro que esté creando un marco para el desarrollo de vínculos de cooperación entre las grandes empresas mineras y los proveedores locales que sirva de apoyo a la innovación. De hecho, aun cuando entre los objetivos de los programas figura el desarrollo de este tipo de relaciones cooperativas, los términos de los contratos que se establecen entre las grandes empresas mineras y los proveedores son confidenciales. En entrevistas con algunas de las empresas que han participado del programa, se ha indicado que los contratos no son significativamente diferentes de los establecidos con los proveedores fuera del programa (Marín *et al.*, 2016). Los proveedores seleccionados reciben algún tipo de apoyo financiero para desarrollar sus soluciones, por lo general, bajo la forma de órdenes de compra. Sin embargo, el proceso de investigación y desarrollo es llevado adelante por ellos mismos, sin intercambios de conocimiento con la empresa minera. El principal problema aparece en la fase de experimentación, la cual no está garantizada aun cuando la solución haya sido desarrollada dentro del marco del programa, ya que las grandes empresas mineras son reacias a cortar el proceso para probar nuevas soluciones. Este problema, como se ha visto, está siendo abordado por un programa más reciente, de generación de espacios de prueba, pero todavía no se han visto resultados.

5. Litio en Argentina: la consolidación de un régimen sociotecnológico periférico

A diferencia del caso chileno, donde, después de muchos años de explotación, el régimen sociotecnológico articulado en torno al cobre se encuentra consolidado, el régimen organizado alrededor del litio en Argentina se encuentra en fase de formación, impulsado por la así llamada “fiebre del litio”. Si bien este recurso es utilizado desde hace décadas como insumo para la fabricación de una amplia variedad de productos –entre los que se encuentran ciertas grasas utilizadas para la lubricación de maquinaria, vidrios y cerámicos– ha sido el crecimiento acelerado y sostenido del mercado de baterías de litio desde los años noventa el que ha dado origen a este proceso²².

Este es un régimen en expansión, con perspectivas de continuar su crecimiento en el futuro cercano, lo que vuelve el caso extremadamente interesante. Sin embargo, es importante destacar que el peso del sector sobre la estructura económica del país, e incluso el peso del sector minero es, a diferencia del cobre chileno, todavía insignificante. Valga para ilustrar la afirmación el dato de que, en 2015, las exportaciones de carbonato de litio alcanzaron solo los US\$ 64 millones, representado el 0,11% de las exportaciones totales del país.

En asociación con esta expansión están emergiendo múltiples desafíos que generan presiones para moldear la estructura que debería asumir el régimen en su fase de estabilización. Algunos actores que operan en nichos locales están poniendo en marcha iniciativas que buscan precisamente dar respuesta a estas presiones. Los desafíos pueden ser agrupados en dos tipos: i) tecnológico-productivos (internos al régimen); y de desarrollo sustentable (externos al régimen).

El primer grupo tiene origen en la necesidad de desarrollar tecnologías que sean más adecuadas para la extracción del litio y producción de sus derivados en el país, puesto que los métodos utilizados actualmente han sido desarrollados en otros países y requieren adaptaciones a las características geográficas, climáticas y sociales locales para lograr un funcionamiento más sustentable. De hecho, varias iniciativas productivas han visto demorado el inicio de sus operaciones como consecuencia de este motivo. El segundo grupo tiene origen en la percepción generalizada en Argentina –y otros países– de que la actividad minera es de naturaleza meramente extractivista, y que los problemas que genera en las comunidades local y nacional no se ven compensadas por los beneficios que ella genera.

En lo que sigue, se describe brevemente, en primer lugar, la emergencia del sector litio en Argentina; luego, se presentan dos dimensiones centrales para la caracterización del régimen: las instituciones que lo regulan y sus actores centrales; a continuación, se analizan los desafíos más importantes que enfrenta el régimen, para, finalmente, analizar los nichos y sus vínculos con el régimen local.

22. Utilizada originalmente en las industrias de las telecomunicaciones y la informática, las expectativas de expansión futura de baterías de litio se basan en la difusión del vehículo eléctrico. De las 184 kilo toneladas métricas (kt LCE) de litio demandadas en 2015, 40% correspondieron a baterías; en 2025, las estimaciones indican que alrededor del 70% de la producción será utilizado para la producción de estos productos, siendo la producción total de litio de 534kt. El crecimiento significativo en el uso de la batería ha conllevado un aumento de la demanda de litio que impulsó un incremento del precio del metal: el carbonato de litio de pureza 99,5% aumentó de alrededor de US\$ 2.000 por tonelada (tn) en 2005, a US\$ 6.577/tn en 2014. En 2015, de acuerdo a Deutsche Bank (2016), el precio superó los US\$ 9000/tn, debido a las restricciones de la oferta para responder a la creciente demanda. Para el año 2025, esta institución estima que el precio se estabilizará en torno a los US\$ 12.000.

5.1 emergencia e importancia del régimen socio-tecnológico del litio en Argentina

Aunque Argentina no ha sido tradicionalmente productora de litio, como sí ha sido el caso de países como Australia y Chile, el sector ha comenzado a expandirse en la década de los 2000 debido al incremento en la demanda mundial y la necesidad de encontrar nuevas fuentes del recurso. Todo indica que el país se convertirá en uno de los principales productores de litio en el mundo en los próximos años (COCHILCO, 2013; [Deutsche Bank, 2016](#)).

Las principales fuentes del recurso a nivel mundial son los minerales de litio en rocas pegmatitas –principalmente espodumeno– y las sales disueltas en salmueras de salares. Mientras que desde la década del veinte del siglo pasado, el litio se obtenía principalmente de la refinación de espodumeno, el crecimiento en la demanda de litio, especialmente a partir de la expansión del uso de las baterías, ha motivado el desarrollo de procesos extractivos de salmueras, que representan aproximadamente el 82% del total de los recursos de litio identificados (COCHILCO, 2013).

La explotación de salmueras supone procesos menos complejos y más económicos que la extracción de litio de espodumeno, puesto que el recurso se encuentra ya aislado y en solución dentro de los depósitos, lo que evita la necesidad de perforar, triturar y separar el litio de la roca. Asimismo, como se verá con mayor detalle, las explotaciones de este tipo utilizan pozas donde el agua se evapora naturalmente por energía solar. En contraposición a estas ventajas, las explotaciones de salmuera requieren plazos de producción mayores y son altamente dependientes del clima, que tiene fuerte influencia sobre los tiempos de evaporación²³.

Aun cuando su importancia relativa haya disminuido notablemente frente al avance de las salmueras, las rocas sólidas todavía explican aproximadamente el 50% de la producción mundial. Australia, que ocupa la segunda posición como país productor, con el 33% de la oferta mundial de litio en 2015, obtiene el mineral de esta fuente. Una de las ventajas que explica la supervivencia de las rocas como fuente de producción, a pesar de sus mayores costos, es la mayor concentración de litio en relación a las salmueras. Asimismo, la explotación de esta fuente permite obtener otros elementos como el estaño, el potasio y el tantalio.

Argentina, Bolivia y Chile concentran aproximadamente las dos terceras partes de los recursos mundiales de litio en salmueras, lo que le ha valido a esta región ser calificada como “triángulo del litio” (COCHILCO, 2013). Bolivia es el país que concentra mayor cantidad de mineral, seguido por Chile y Argentina (véase Tabla 7). En términos de producción, Chile ocupa la primera posición a nivel mundial, con el 37% del total, mientras que Argentina representa el 11%, según datos de 2015. Las proyecciones acerca de la expansión prevista para el sector indican que en los próximos años este último país será el de mayor producción.

23. De acuerdo a datos publicados en COCHILCO (2013), los costos de producción a partir del método de evaporación solar aplicado sobre materia prima obtenida en salmueras oscila entre los US\$ 2.000/tn y US\$ 3300/tn, mientras que aquellos originados en métodos convencionales a partir de espodumeno van desde los US\$ 3800/tn a los US\$ 7800/tn.

Tabla #7. Estimación de recursos de acuerdo a las fuentes señaladas

País	Mt li met.	Fuentes	Notas
Bolivia	8,90	COMIBOL	(1)
Chile	8,04	Roskill (2013). SQM. CORFO	(1)
Argentina	7,09	Compañías mineras	(2)
China	5,15	Roskill (2013)	(1)
EEUU	1,67	Compañías mineras	(2) (3)
Australia	1,52	Compañías mineras	(2)
Congo	1,15	Roskill (2013)	(1)
Serbia	1,05	Roskill (2013)	(4)
Rusia	1,00	Evans (2012). USGS (2013)	(1)
Canadá	0,74	Compañías mineras. Roskill (2013)	(2)
Brasil	0,10	Roskill (2013)	(1)
Zimbawe	0,06	USGS (2012)	(1)
Austria	0,05	Global Strategic Metals	(2)
Portugal	0,01	Roskill (2013)	(1)
Otros	0,20	Estimación propia en base a Roskill (2013)	(1)
Total	36,72		
(1) Valor referencial: se desconoce metodología y parámetros utilizados.			
(2) Se consideraron recursos medidos e indicados publicados por las empresas mineras con proyectos de litio.			
(3) Según USGS (2013) los recursos de EEUU ascienden a 5,5 MT. Sin embargo, se desconocen los yacimientos incluidos y los parámetros utilizados en este cálculo.			
(4) Recurso inferido publicado en .			

Fuente: COCHILCO (2013).

Chile fue el primer país en iniciar la extracción de litio de salares, consolidándose más tarde como el principal productor mundial, con un total de 63 kt. En 1979, sin embargo, el litio fue declarado como recurso reservado para el estado, por ser considerado de naturaleza estratégica, por su potencial uso como combustible nuclear. Desde entonces, se eliminó la posibilidad de expandir las concesiones más allá de las otorgadas hasta enero de aquel año. Bajo este régimen operan actualmente las firmas SQM, de origen chileno, y la Sociedad Chilena del Litio, subsidiaria local de Rockwood Lithium.

Bolivia, como se observa en la Tabla 7, cuenta con los mayores recursos de litio del mundo, concentrados principalmente en el Salar de Uyuni. A diferencia de los otros países de la región, el gobierno ha decidido, en 2006, mantener bajo su control la explotación, industrialización y comercialización del recurso (Slipak, 2015). Sin embargo, hasta

el momento, ha encontrado dificultades para avanzar en ambos frentes. En lo que se refiere a la extracción, las principales dificultades tienen origen en el alto contenido de magnesio de las salmueras bolivianas y en los niveles más elevados de precipitaciones, que demoran el proceso de evaporación. En lo que respecta a la producción de baterías, el gobierno boliviano ha optado por avanzar mediante la creación de asociaciones con empresas asiáticas –aun cuando en el plan original, la participación transnacional solo estaba prevista en la fase de comercialización–. En 2012, el gobierno firmó un convenio con la surcoreana Posco, que se vio afectado por problemas en torno a las patentes y diferencias por el control del recurso, mientras que luego, compró una planta piloto para la confección de baterías a la empresa china Linyi Gelon New Batteries Materials. Hasta el momento, sin embargo, la estrategia boliviana para avanzar en la explotación del litio de manera autónoma no ha logrado los resultados esperados, en gran medida como consecuencia de la falta de capacidades científico-tecnológicas locales (Fornillo, 2015a).

Argentina, por su parte, produjo en 2015 aproximadamente 17 kt, a cargo de una única empresa, Minera del Altiplano –subsidiaria de la minera internacional FMC Lithium–, que inició sus operaciones de explotación de forma masiva en 1998, en el Salar del Hombre Muerto, en la provincia de Catamarca. Se prevé, sin embargo, que este volumen de producción aumente significativamente en los próximos años como consecuencia de la puesta en marcha de dos proyectos de envergadura. El primero corresponde a Sales de Jujuy, una asociación entre la minera australiana Orocobre, la japonesa Toyota Tsusho Corporation y la empresa pública provincial Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE), que inició sus operaciones de producción en 2015. La producción durante aquel año fue de tan solo 1,7 kt, pero se proyecta un volumen de 17,5 kt desde 2017. Con la puesta en marcha definitiva de este proyecto, la producción anual de litio en el país ascendería a 34,5 kt. En segundo lugar, la Minera Exar, que obtuvo derechos de explotación para operar sobre el salar de Cauchari-Olaroz en 2012, tiene previsto en 2024 producir 25 kt anuales (Deutsche Bank, 2016), en asociación con la chilena SQM –segundo productor de litio a nivel mundial–.

Incluyendo otros proyectos, el Deutsche Bank (2016) estima que, hacia el año 2025, Argentina se convertiría en el primer productor mundial de litio a partir de salmueras, con una producción total de 69 kt, que daría cuenta del 28,5% de la producción mundial (véase Tabla 8).

Tabla #8. Proyección de producción de litio en 2025 a partir de proyectos en curso

	Compañía	Depósito	2025
Australia			
Greenbushes	Albe/Tianqi	Espodumeno	85
Argentina			
Hombre Muerto	FMC	Salmuera	23
Salar de Olaroz	Orocobre	Salmuera	18
Olaroz Phase II	Orocobre	Salmuera	18
Chile			
Salar de Atacama	Albermarle	Salmuera	25
Salar de Atacama	SQM	Salmuera	40
China			
Chinese producers		Ambos	18
Estados Unidos			
Silver Peak	Albermarle	Salmuera	6
Zimbawe			
Bikita Mine	Bikita Minerals	Brine	5,3
Portugal			
Varios		Spod.	3
Brasil			
Varios	Companhia Brasileira	Spod.	2,1
Total			242

Fuente: Deutsche Bank (2016).

5.2 La conformación del régimen sociotecnológico del litio en Argentina: un proyecto transnacional y extractivista

5.2.1 Marco normativo

El marco regulatorio en Argentina, basado fundamentalmente en el criterio de “estabilidad fiscal” y el cobro de regalías, ha favorecido la expansión de la actividad extractiva liderada fundamentalmente por empresas extranjeras. La única excepción, como se

verá, corresponde al caso de la provincia de Jujuy, donde se han puesto en marcha ciertas iniciativas orientadas a lograr una mayor participación de actores locales.

El marco normativo que regula la explotación del litio se articula, de acuerdo al carácter federal de la organización de gobierno de la República Argentina, en múltiples niveles que comprenden las esferas nacional, provincial y municipal²⁴. En el primero de estos niveles se ubica el marco general que ofrece la Ley de Inversiones Mineras N° 24.196 de 1993, que regula las actividades de “prospección, exploración, desarrollo, preparación, extracción de las sustancias minerales comprendidas en el Código de Minería” (art. 5, inc. a), entre las que se encuentra el litio²⁵.

La Ley de Inversiones Mineras otorga a las empresas “estabilidad fiscal” por un período de treinta años, que comienza con la presentación del estudio de factibilidad del proyecto. En esencia, esto implica que las empresas “no podrán ver incrementada su carga tributaria total, considerada en forma separada en cada jurisdicción [...], en los ámbitos nacional, provinciales y municipales” (art. 8, inc. 1.2). Asimismo, la legislación ofrece la posibilidad de deducir ciertas inversiones relacionadas a las actividades de prospección, exploración y estudios de factibilidad del impuesto a las ganancias, así como un régimen especial de amortización para las inversiones de capital. Adicionalmente, la ley ofrece otros beneficios fiscales como la exención al impuesto de sellos, la devolución del impuesto al valor agregado por la adquisición de bienes y servicios destinados a las tareas de exploración, la importación sin aranceles de bienes destinados a estas tareas. Finalmente, la ley limita al 3% las regalías que las provincias pueden percibir sobre el valor “boca mina” del mineral extraído.

En un segundo nivel se encuentra la legislación provincial que, de acuerdo al marco normativo vigente, tiene la posibilidad de regular el proceso de concesión de permisos de cateo y puesta en marcha de las exploraciones. En el caso particular del litio, es posible distinguir enfoques diferenciados entre las provincias que cuentan con salmueras que contienen niveles significativos de reservas. Salta y Catamarca han mantenido un enfoque orientado fundamentalmente a atraer la radicación de empresas que extraigan el recurso (Fornillo, 2015a, Slipak, 2015). Jujuy, en cambio, ha optado por una aproximación más activa en relación al fomento de actividades locales de extracción y procesamiento del litio, catalogándolo como “recurso natural estratégico”. Como se verá más adelante con mayor detalle, la provincia ha buscado promover el desarrollo local de actividades productivas relacionadas con el litio, así como el fomento de actividades científico-tecnológicas en torno al recurso. En este marco, ha creado la empresa provincial JEMSE (Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado), que participa del directorio de las empresas a las que le ha sido otorgado el permiso de explotación (Fornillo, 2015a, Slipak, 2015).

En relación a los vínculos con las comunidades, las empresas deben recibir una “licencia social” al momento de realizar actividades de prospección o toma de muestras. La misma se otorga mediante la firma de contratos de los que participa la provincia. Asimismo, se ha acordado con las empresas la creación de un área de responsabilidad social

24. Un análisis más detallado del marco normativo del litio puede encontrarse en Slipak (2015).

25. Asimismo, están comprendidas en esta legislación los “procesos de trituración, molienda, beneficio, pelletización, sinterización, briqueteo, elaboración primaria, calcinación, fundición, refinación, aserrado, tallado, pulido y lustrado, siempre que estos procesos sean realizados por una misma unidad económica e integrados regionalmente con las actividades” descriptas anteriormente (art. 5, inc. b).

empresaria, que tiene como finalidad proveer de infraestructura a las comunidades que tienen derechos ancestrales sobre el territorio en el que se realiza la extracción.

Es interesante notar que, en el caso de Jujuy, la aprobación formal por parte de las autoridades competentes requiere el consentimiento de un Comité de Expertos para el Análisis Integral de Proyectos de Litio (Comité de Expertos). El mismo está integrado por representantes del Ministerio de la Producción de la provincia, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de la Universidad Nacional de Jujuy, de la legislatura provincial, de la Secretaría de Gestión Ambiental y de la Dirección Provincial de Minería. Su principal función es analizar los aspectos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos de los proyectos presentados y recomendar la aprobación –con o sin modificaciones– o el rechazo.

5.2.2 Actores: preponderancia de empresas transnacionales

El gobierno nacional y los gobiernos de las provincias donde se encuentra el recurso son actores centrales del régimen sociotecnológico. En un contexto donde las regulaciones favorecen el extractivismo antes que el desarrollo de eslabonamientos productivos, y en el que las capacidades tecnológicas de los actores locales son escasas, las empresas transnacionales tienen una alta cuota de poder para controlar las operaciones en los salares.

En general, se trata de grandes empresas que utilizan directamente el recurso en actividades verticalmente integradas o constituyen asociaciones con empresas –por ejemplo, automotrices, como el caso de Toyota– que utilizan el litio como insumo estratégico para sus actividades productivas. De este modo, las decisiones sobre los volúmenes, precios y destinos de exportación, así como sobre la localización de las actividades a lo largo de la cadena de producción, quedan fuera de la órbita del estado (en cualquiera de sus niveles) y de actores privados nacionales. En este marco, el flujo de circulación de los productos básicos de litio transcurre desde Argentina, Australia y Chile hacia los centros de producción que utilizan el recurso para la elaboración de aquellos bienes que lo usan como insumo –en primer lugar, baterías–. Estos centros están localizados principalmente en Asia y, sobre todo, en China– y en segundo lugar, en Estados Unidos.

La posibilidad de que las concesiones sean transferibles o negociables entre diferentes actores abre la perspectiva a agentes locales, que no tienen capacidad técnica o recursos financieros para hacerse cargo de la explotación, de actuar como exploradores o de formar empresas especializadas en las tareas que requiere la fase inicial de prospección. Así, geólogos o ingenieros, formados, por lo general, en universidades públicas de la Argentina y con un importante conocimiento de la región, se han especializado en la búsqueda de aquellas áreas que poseen las mejores condiciones para la explotación del litio, para luego vender y transferir la concesión de su pertenencia a grandes firmas transnacionales.

En la actualidad, solo dos empresas se encuentran en fase de producción de litio a gran escala en Argentina: Minera del Altiplano y Sales de Jujuy. La primera de ellas es una subsidiaria de Food Machinery Corporation (FMC), una firma de origen estadounidense, que opera en los segmentos de productos químicos para la agricultura, insumos para

la industria alimenticia y químicos basados en litio. Minera del Altiplano comenzó sus operaciones de explotación de alto volumen en Argentina, en 1998, en el Salar del Hombre Muerto, en la provincia de Catamarca, considerado uno de los depósitos de mayor calidad fuera de Chile (Deutsche Bank, 2016). En la planta procesadora que posee en la provincia de Salta, la empresa produce anualmente aproximadamente 12 kt de carbonato de litio y 6 kt de cloruro de litio. Actualmente, es el tercer productor mundial de litio a partir de salmueras.

Minera del Altiplano exporta la totalidad de su producción a sus plantas de producción en Estados Unidos, China, India y Europa, donde elabora productos derivados entre los que se cuentan el butil-litio, utilizado como iniciador de polimerización para la producción de neumáticos y goma sintética; y el hidróxido de litio, utilizado como materia prima en la industria de grasas lubricantes, colorantes y baterías.

La segunda empresa en etapa de producción es Sales de Jujuy, que es el resultado de una asociación entre la firma australiana Orocobre (con una participación del 66,5%), la japonesa Toyota Tsusho (25%) y la empresa provincial jujeña JEMSE (8,5%). La firma opera en el salar de Cauchari-Olaroz, en la provincia de Jujuy, con una producción que a partir de 2017 debería alcanzar las 17,5k t anuales de carbonato de litio y cloruro de potasio²⁶. Orocobre ha comenzado los estudios de factibilidad para expandir su producción en el salar de Cauchari-Olaroz mediante la puesta en marcha de una segunda planta. De acuerdo a Deutsche Bank (2016), la inversión podría decidirse hacia finales de 2016, mientras que la producción podría comenzar en 2019, alcanzando funcionamiento pleno en 2022.

La tercera es Minera Exar. Esta empresa comenzó sus operaciones a partir de una concesión otorgada en 2012. Inicialmente desarrollaría sus actividades en asociación con la automotriz japonesa Mitsubishi y la empresa autopartista Magna, sin embargo, el acuerdo nunca se concretó y los planes de inversión se cancelaron. En marzo de 2016, Minera Exar alcanzó un acuerdo para formar un *joint venture* con la chilena SQM –que es la segunda productora de litio a nivel mundial detrás de la firma estadounidense Albermale– para llevar adelante la explotación del salar. Para mediados de 2017, está prevista la construcción de la planta de procesamiento, pero recién para 2024 se alcanzarán los niveles de producción estimados en 25 kt anuales.

Como se ha señalado anteriormente, además de los proyectos que han recibido permisos de explotación, existe una cantidad de emprendimientos que se encuentran aún en fase de prospección o de análisis de factibilidad, todos ellos, tal como ocurre en las empresas que están ya en fase de producción, controlados por empresas transnacionales (véase Tabla 9).

26. Si bien el inicio de las operaciones estaba previsto para noviembre de 2015, resultó demorado por problemas técnicos en la puesta en marcha de la planta, relacionados fundamentalmente a problemas de temperatura en su funcionamiento. La altitud del terreno en que operan (alrededor de 3.900 metros sobre el nivel del mar) generó dificultades en la disolución del carbonato de litio.

Tabla #9. Proyectos en curso para la explotación de litio en Argentina

Provincia	Salar	Concesionario Local	Control (País)	Estado del proyecto
Catamarca	Salar del Hombre Muerto	Minera del Altiplano	FMC (EEUU)	En producción
Catamarca	Salar del Hombre Muerto	Proyecto Sal de la Vida	Galaxy Resources (Australia)	Estudio de factibilidad terminado
Salta	Salar del Rincón	ADY Resources	Enirgi Group-Sentient Group (Canadá)	Producción a nivel piloto
Salta	Salar Centenario	Rodinia	Rodinia Lithium (Canadá)	Concesión otorgada
Salta	Salar de Ratones	Rodinia	Rodinia Lithium (Canadá)	Concesión otorgada
Salta	Deiablillos	Salar de Deiablillos Project	Rodinia Lithium (Canadá)	Estudio de prospección y factibilidad
Jujuy	Caucharí	Minera Exar S.A.	Lithium Americas (Canadá) + JEMSE (Argentina)	Instalación de planta piloto
Jujuy	Olaroz	Sales de Jujuy S.A.	Orocobre (Australia), Toyota Tsusho (Japón) y JEMSE (Argentina)	Inicio de producción 4° trim 2014
Jujuy	Salinas Grandes	Orocobre	Orocobre (Australia)	Concesión otorgada
Jujuy	Guayatoyoc	Marifield Mines	Marifield Mines Ltd. (Canadá)	Concesión otorgada, en busca de <i>joint venture</i>

Fuente: Castello y Kloster (2015).

5.3 esafíos y oportunidades para el cambio

5.3.1 Desde dentro del régimen: desafíos tecnológico-productivos

- Condiciones locales de explotación

La extracción del litio, como toda actividad vinculada a los recursos naturales, está fuertemente condicionada por las características específicas del territorio donde tiene lugar. El entorno en el que se lleva adelante la explotación del recurso, en el noroeste argentino, presenta condiciones de explotación particulares, originadas principalmente en una altitud por encima de los 3.500 metros sobre el nivel del mar, así como también en condiciones climáticas extremas. Así, los procesos desarrollados en otros entornos, ya sea aquellos tradicionales basados en la producción evaporítica como otros alternativos que se encuentran en proceso de desarrollo, requieren ser adaptados. Esto plantea un importante desafío para la eficiencia y el impacto ambiental de los procesos llevados a cabo.

La concentración de litio y otros elementos químicos disueltos varía significativamente entre salares, así como al interior de cada uno de ellos. Los acuíferos donde se encuentra el recurso se ubican usualmente a una profundidad que oscila entre los 40 y los 200 metros. La actividad de prospección en las salinas requiere, por lo tanto, identificar cuáles son las áreas con mayor concentración que ofrecen mejores condiciones para su explotación (Castello y Kloster, 2015). Un mejor conocimiento de la geometría de los salares y su dinámica contribuiría a mejorar la actividad de prospección morfológica, permitiendo acortar los plazos de evaluación y estudio, la explotación de los proyectos y lograr mayores rendimientos.

Un mayor conocimiento de la geología de los salares y su dinámica contribuiría tanto a evaluar los efectos del bombeo a través del tiempo, como a explorar alternativas sobre el tratamiento de la salmuera empobrecida que resulta del proceso de obtención de los productos del litio (Panorama Minero, 2015). Por un lado, algunos especialistas sostienen que la reinyección de dicha salmuera en los salares podría modificar la composición físico-química de sistemas dinámicos y frágiles como los salares y reducir el grado de recuperación del recurso, lo que afectaría las condiciones para su explotación futura, no solo para la empresa que realiza la explotación sino también para otras que operan en el mismo salar. Otros, por el contrario, argumentan que esto no debería ocurrir, a condición de que la inyección de la salmuera empobrecida se realice a una profundidad mayor a la del acuífero donde se encuentra el litio en alta concentración.

Mejorar el conocimiento de los parámetros de la fórmula del balance hidrogeológico de los salares constituye un desafío importante para poder dar respuesta a las demandas de los organismos de control sobre este punto. Actualmente, no es posible determinar los parámetros clave de dicha fórmula, puesto que no se cuenta con información estadística confiable sobre precipitaciones líquidas y sólidas (nieve y granizo), sobre determinaciones y medidas de la tasa de evaporación real, sobre aforo de los cursos fluviales o mecanismos de infiltración eficaz (Panorama Minero, 2015).

Todo esto implica que los métodos tradicionales de extracción y prospección no sean efectivos localmente e introduce un desafío muy importante para la expansión y consolidación del régimen. De hecho, varios proyectos se han desarticulado y vuelto atrás debido a estos problemas.

- Tecnologías ineficientes

En la actualidad, el método comúnmente utilizado para la obtención de litio y sus derivados de salares, como los que se encuentran en el noroeste de Argentina, está basado en la evaporación. Este método tiene un costo de explotación menor al que implica la obtención del recurso de minerales como el espodumeno, por tratarse de un proceso más sencillo y que utiliza la luz solar como principal fuente de energía. Como contrapartida, sin embargo, esta fuente de energía es dispersa y, por lo tanto, requiere un período que se extiende entre 6 y 12 meses para alcanzar niveles de concentración adecuados, mientras que, al mismo tiempo, es altamente dependiente de las condiciones climáticas. Distintas empresas y grupos de investigación, por lo tanto, están intentando

desarrollar procesos alternativos que acorten los tiempos de obtención del carbonato de litio y, al mismo tiempo, sean económicamente rentables a pesar de alimentarse de otras fuentes de energía.

- Desaprovechamiento de recursos presentes en los salares

Hay además en el entorno local otros importantes minerales que las tecnologías existentes no permiten extraer. Las empresas que operan actualmente en Argentina han privilegiado la obtención de carbonato de litio y, más recientemente, cloruro de potasio, utilizado para la fabricación de fertilizantes. Sin embargo, en lo que se refiere al así llamado “árbol del litio”, hay productos como el “nitruro de litio y amida de litio, óxidos metálicos de litio, electrolitos de litio” que no son explotados y cuya obtención presenta desafíos tecnológicos importantes (Panorama Minero, 2015). Asimismo, la composición química de las salmueras contiene disueltos otros recursos que, actualmente, son considerados residuos, debido a que los procesos concomitantes de precipitación utilizados no permiten su aprovechamiento. Entre ellos se encuentra el magnesio –considerado un “contaminante” que dificulta la obtención de litio²⁷–, calcio, boratos, sulfatos, carbonatos, rubidio y cesio.

5.3.2 Sustentabilidad socio-económica y ambiental: presiones desde fuera del régimen

En Argentina, como en algunos otros países en desarrollo, existe una visión bastante difundida que considera a la actividad minera como una “maldición” para el crecimiento y el desarrollo, debido a la volatilidad de sus precios, el limitado crecimiento de su demanda, el estado rentista que genera y el escaso potencial que alberga para el progreso técnico y para generar encadenamientos con otros sectores. También se cuestiona esta actividad en relación a los problemas y riesgos ambientales y sociales que trae aparejados, que en muchos casos son irreversibles y no puedan compensarse.

En el caso del litio en Argentina existe una preocupación bastante extendida de que la actividad se consolide como una explotación meramente extractivista, sin encadenamientos de ningún tipo. Existe también preocupación sobre los potenciales efectos de la explotación de las salinas en la dimensión ambiental. Como ya se ha discutido, por ejemplo, algunos especialistas han señalado que el bombeo exhaustivo rompe el balance hídrico de los salares, planteando ritmos de evaporación que son más acelerados que aquellos que se dan naturalmente. Los efectos de dichos procesos sobre las condiciones ambientales, la habitabilidad de la región y su grado de desertificación son desconocidos.

Existe también una tensión social importante, dado que la región en la que se encuentran las salinas están habitadas desde tiempos ancestrales por distintas comunidades aborígenes –en particular en los casos de Jujuy y Salta–, las cuales desarrollan actividades

.....
27. La presencia abundante de magnesio en la cuenca del salar de Uyuni, en Bolivia, es considerada un factor que dificulta seriamente su explotación económica. En el otro extremo, el salar de Atacama presenta una concentración de magnesio mucho menor que hace más económica su explotación.

económicas entre las que se incluyen la producción agrícola y la cría de ganado, además de la producción de sal (Puente y Argento, 2015), que están siendo amenazadas por la expansión de la actividad minera.

La explotación económica de las salinas ha significado una disrupción importante en la dinámica social, económica y territorial de las comunidades, no solo hacia adentro sino también en los vínculos entre ellas. Los derechos de las comunidades están protegidos por acuerdos internacionales y por la Constitución Nacional. La llegada de empresas con intenciones de realizar tareas de prospección suscitó tensiones y conflictos con los estados provinciales que llevaron a las comunidades a recurrir a la Corte Suprema de Justicia de la Nación, la Organización de Naciones Unidas (ONU) y la Corte Interamericana de Justicia²⁸.

Como señalan Puente y Argento (2015), los conflictos atraviesan distintas dimensiones, que incluyen la simbólico-cultural, referida fundamentalmente a la utilización de la sal; la demanda de información sobre el uso de sus territorios; y el problema por el uso del agua, en un territorio extremadamente árido como el de la puna jujeña.

Sobre este último punto, en particular, los expertos entrevistados han señalado que el problema no es, en verdad, que se utilice agua que antes fuera aplicada a otros fines económicos, sino más bien la incertidumbre acerca de los efectos que pueda tener, en primer lugar, el bombeo de las napas y la reinyección de salmuera empobrecida sobre la dinámica misma de las salinas, y luego, los efectos de la evaporación acelerada de las salinas sobre el ecosistema de aquella zona.

El inicio de operaciones por parte de las empresas requiere una “licencia social” que se formaliza con la firma de un contrato con las comunidades. Las empresas han incorporado la figura de “responsabilidad social”, a partir de la cual “devuelven” recursos a las comunidades en forma de vías de transporte, estructuras o insumos para salud y educación. Asimismo, se han fijado cuotas mínimas de contratación de personas pertenecientes a las comunidades de localidades cercanas tanto en lo que respecta a la mano de obra directa como a la provisión de servicios a la mina (transporte de personal, alimentación y bufet, sanidad, etc.) (Castello y Kloster, 2015).

Es interesante destacar que las experiencias en la provincia han sido muy diferentes en los casos de la zona de Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc, por un lado, y la cuenca de Olaroz-Cauchari, por el otro. Mientras que en el primero se sucedieron los conflictos que llevaron a la escalada judicial descrita en Puente y Argento (2015), en la segunda, las empresas Sales de Jujuy y Minera Exar –que son aquellas con operaciones más avanzadas– han desarrollado acciones para acercarse a las comunidades e involucrarlas mediante distintos mecanismos en la explotación de las salinas.

28. Para un análisis detallado de las tensiones y conflictos con las comunidades aborígenes en las zonas de los salares, se recomienda Puente y Argento (2015).

5.3.3 En resumen

Del análisis de los componentes del régimen sociotecnológico del litio en Argentina se desprende con claridad que, a pesar de tratarse de un proceso en curso, la orientación extractivista que le imprimen las firmas transnacionales que controlan los procesos de obtención del recurso ha sido favorecida por un marco regulatorio liberal, que no contempla condiciones para favorecer la participación de empresas locales o la localización de actividades que utilicen el litio como insumo. Una excepción parcial a esta condición es la iniciativa de la provincia de Jujuy, que ha catalogado al litio como “recurso natural estratégico”. En el marco de esta acción, como se verá más adelante, la provincia ha desarrollado algunas iniciativas como la creación de la firma JEMSE y del Parque Industrial de Servicios Mineros y Logísticos en la localidad de Susques, que pretenden contribuir al desarrollo de un entramado productivo asociado al litio en la provincia. Sin embargo, estas iniciativas son muy incipientes y están lejos de cuestionar la predominancia y poder que las empresas extranjeras tienen en la actividad en la actualidad.

Definimos, por lo tanto, al régimen local como un régimen “periférico”, controlado por actores transnacionales que se vinculan fundamentalmente con sus contrapartes en Asia y los Estados Unidos, y que lleva adelante localmente una actividad tecnológica e innovativa limitada. De hecho, con la excepción de algunas iniciativas que, aun con poco éxito, se han orientado a resolver los desafíos productivos y tecnológicos identificados, y algunas actividades de involucramiento con las comunidades locales, los actores del régimen poco están haciendo para abordar los principales desafíos que se les plantean. En el corto plazo, esto quizás no ponga en riesgo su estabilidad, ya que se trata, como se ha dicho, de un proceso apenas emergente, y las presiones para el cambio que está recibiendo son de carácter moderado, sobre todo en el nuevo contexto de un gobierno liberal en el país. Sin embargo, en el mediano y largo plazo, la magnitud de los desafíos aumentará, más aún si los elevados precios del litio no logran mantenerse, tal como ha ocurrido en el caso de Chile.

La sección siguiente analizará los nichos que se han desarrollado en el territorio argentino para abordar los desafíos identificados en el sector. La atención se focalizará en comprender la visión que da sentido a las iniciativas; en los actores clave encargados de impulsarlas y en las modalidades de articulación que prevalecen con el régimen, tanto en su expresión periférica como central; y en las implicancias que ciertas iniciativas pueden tener sobre el desarrollo futuro del sector.

5.4 Conformación de nichos: desafíos y oportunidades, actores e iniciativas

Como se ha discutido, en el curso del proceso de formación del régimen sociotecnológico en torno al litio en Argentina se han puesto en marcha dinámicas productivas, sociales y ambientales que han generado desafíos y oportunidades. Los actores mismos del régimen, así como también actores fuera de él –principalmente

del ámbito científico-tecnológico-, han sido claves en el desarrollo de ciertos nichos para dar solución a ellos. Las iniciativas que allí se desarrollan responden, por un lado, a las visiones que estos actores han construido en torno al litio en base a sus percepciones e intereses y, por el otro, a los mecanismos de promoción y protección puestos en marcha para cimentar su desarrollo.

A partir del trabajo de campo se identificaron dos nichos principales dentro de los cuales se han desarrollado distintos tipos de iniciativas (Tabla 10). Debajo se presenta una descripción y análisis de cada uno de ellos.

Tabla #10. Nichos identificados en torno al régimen sociotecnológico del litio en Argentina

Nicho	Desafíos y oportunidades	Actores clave		Iniciativas	
Aguas arriba: explotación primaria de las salinas	Geología de la cuenca y composición química de los salares	INQUIMAE	Empresas que explotan el recurso	Creación del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre el Litio (CONICET)	Proyectos para mejorar conocimiento sobre salares, procesos de extracción e impacto sobre medioambiente
	Proceso de extracción y producción				
Aguas abajo: cadena de valor del litio	Aprovechamiento de recursos	CONICET	FAMAF INIFTA Y-Tec CNEA	Investigación básica y aplicada sobre baterías	Investigación sobre el litio como combustible para fusión nuclear
	Medioambientales	Universidad Nacional de Jujuy			

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

5.4.1 Aguas arriba: abordando los problemas de explotación del recurso

Es posible clasificar las iniciativas desarrolladas al interior de este nicho de acuerdo a la naturaleza de los actores involucrados. Por un lado, se encuentran las empresas transnacionales que, desde el corazón mismo del régimen socio-tecnológico, extraen y procesan el litio en el país, para luego exportarlo a los centros de producción. Por el otro, un conjunto de actores periféricos, provenientes del sistema científico-tecnológico, que han recibido cierto apoyo de los gobiernos nacional y provinciales, particularmente de Jujuy, para abordar estos desafíos.

En algunos casos, las empresas que operan en Argentina han establecido vínculos de

cooperación técnica con empresas extranjeras, protagonistas del régimen sociotecnológico del centro, con el objeto de realizar pruebas de procesos para obtener productos de litio en plazos mucho más breves que los tradicionales. Tal ha sido el caso de Minera Exar, que mantuvo por alrededor de dos años un convenio de cooperación técnica con la surcoreana Posco. Esta empresa montó una planta piloto en Jujuy para probar un proceso que permitiría obtener litio con una tasa de recuperación del 90% en un plazo de 8 horas, desde el momento del bombeo del agua del salar. En esencia, el proceso aplica un método de ósmosis inversa, que elimina la necesidad de la evaporación solar, mediante el cual se obtiene actualmente fosfato de litio. Dicho producto era luego enviado a la planta que Posco tiene en Pohang, donde se obtenía el hidróxido de litio y carbonato de litio grado batería. Asimismo, el proceso permite la recuperación de otros recursos, entre los que se encuentran el magnesio y el calcio, que, como se ha señalado, no son recuperados en los procesos tradicionales²⁹. El método, sin embargo, no fue adoptado por Exar debido, principalmente, a sus altos costos operativos, que lo convertían en una opción inferior en términos económicos respecto a los procesos que se utilizan en la actualidad por evaporación solar.

Algunos actores que operan en los márgenes del régimen, entre los que se encuentran algunos provenientes del sistema científico local y nacional –en particular de la UNJU y la UBA, respectivamente–, con el apoyo de agencias públicas como el CONICET, están desarrollando también algunos proyectos que pretenden abordar los desafíos identificados en la Tabla 10. Dentro de la línea de trabajo relacionada con los procesos para obtener litio, una de las iniciativas que muestran mayor grado de avance corresponde al método desarrollado por el INQUIMAE (UBA-CONICET), bajo la dirección de Ernesto Calvo, que ha obtenido patentes internacionales. En breve, el desarrollo consiste en un método electroquímico que permite la captura de iones litio disueltos en la salmuera. El método, que aún no ha sido probado en planta piloto, elimina la necesidad de evaporación evitando, al mismo tiempo, la utilización de químicos que puedan alterar la composición de la salmuera. Tal como ocurre en el caso de las iniciativas privadas, este proceso pretende, por un lado, acelerar los plazos para obtener los productos de litio, y al mismo tiempo, reducir la cantidad de agua evaporada.

Sin embargo, más allá del desarrollo del INQUIMAE, muchas de las iniciativas al interior del nicho muestran un grado de avance aún incipiente, ya que están fuertemente ligadas a la (demorada) puesta en marcha definitiva del Centro Tecnológico General Savio –al interior del cual operará el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre Litio y sus Aplicaciones³⁰– en Palpalá, Jujuy, que depende del CONICET, la empresa Y-TEC y la UNJU. Este centro, dirigido por Victoria Flexer –discípula de Ernesto Calvo–, es considerado un actor clave para articular los proyectos científico-tecnológicos desarrollados en la provincia de Jujuy. Su objetivo es “promover el desarrollo de conocimientos científicos y tecnologías aplicables a la exploración, explotación e industrialización del litio y subproductos, identificando la sustentabilidad ambiental y el agregado de valor como características prioritarias”³¹.

29. Se registran a nivel piloto otros procesos alternativos que no han sido probados a escala industrial. Por ejemplo, la empresa israelí Tenova Bateman ha desarrollado un proceso que no utiliza grandes pozas sino que separa el litio mediante membranas. FMC ha desarrollado un método de evaporación forzada en planta que suplanta la energía solar.

30. También llamado Instituto del Litio.

31. Fuente: <http://www.conicet.gov.ar/ceccatto-visito-jujuy-y-destaco-el-avance-de-proyectos-para-la-federalizacion-de-la-ciencia-y-la-tecnologia/>

Si bien el instituto inició sus funciones en 2012, la construcción de las instalaciones – incluyendo los laboratorios para avanzar en las investigaciones– y la contratación de personal ha enfrentado problemas presupuestarios que derivaron en una sustancial reducción en los montos comprometidos desde cerca de \$ 40 millones a alrededor de \$ 11 millones. Esta situación pone en riesgo la implementación del plan de trabajo, elaborado conjuntamente por los actores clave del sistema científico identificados anteriormente (Fornillo, 2015a). Un desafío importante de este nicho, por lo tanto, es el acceso a fondos públicos y a la infraestructura necesaria para su desarrollo, mecanismo fundamental de protección del nicho, dado que las empresas del sector no desarrollan inversiones en I&D estratégica para abordar este desafío.

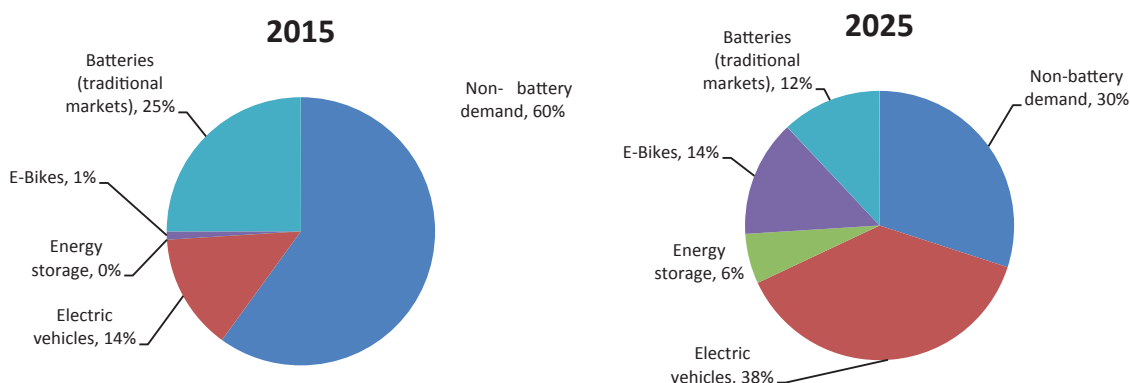
Es importante destacar que el diálogo y la cooperación entre los actores privados y públicos –así como también, en algunos casos, entre estos últimos– son débiles, a pesar de que las iniciativas desplegadas en el seno del nicho abordan desafíos que afectan al régimen en su conjunto. Mientras que las empresas transnacionales señalan que el sistema científico no las convoca para diseñar de manera conjunta una agenda de investigación, los actores del sistema científico señalan que las empresas operan en condiciones de alto secretismo, sin permitir siquiera a los investigadores poder realizar pruebas o realizar mediciones en sus campos de trabajo.

5.4.2 Nicho aguas abajo: abordando los problemas de desarrollo

Las iniciativas organizadas al interior de este nicho se apoyan en la visión que un grupo de actores locales ha construido sobre el papel que Argentina debería desempeñar a partir de las perspectivas de crecimiento que ofrecen ciertos mercados de productos que utilizan al litio como insumo clave. El enfoque estratégico está orientado a desarrollar en el país ciertos procesos de la cadena de valor del litio con alto potencial. Entre los actores locales que promueven estas iniciativas se encuentran grupos de investigación de algunas universidades, el gobierno de la provincia de Jujuy y la Comisión Nacional de Energía Atómica (ver Tabla 10).

A partir del trabajo de campo se han identificado dos áreas específicas que concentraron el interés de estos actores. La primera corresponde a las baterías que incluyen al litio entre sus componentes. El interés en este producto se justifica en su difusión como medio de acumulación de energía desde su lanzamiento comercial en 1991 y, especialmente, en la proyección de mercado a partir de la expansión del uso de vehículos eléctricos. Mientras que, en 2015, el litio utilizado en la fabricación de baterías representó el 40% de una demanda total que alcanzó las 184 kt, se estima que en 2025, dicha aplicación dará cuenta del 70% de una demanda que ascenderá a 534 kt (Gráfico 6). El crecimiento relativo más significativo se concentrará en los vehículos y las motocicletas (Deutsche Bank, 2016). Otro segmento que muestra potencial y, por lo tanto, también ha llamado la atención de este grupo de actores ha sido el de las baterías para el almacenamiento de energía que, de acuerdo a las estimaciones de Deutsche Bank (2016), llegaría a representar el 6% de la demanda total de litio en 2025 (Gráfico 6).

Gráfico #6. Demanda de litio por tipo de aplicación



Fuente: Deutsche Bank (2016).

En este nicho se han identificado dos grupos principales que han trabajado, desde 2010, en distintas iniciativas y cuya convergencia podría ocurrir a partir del comienzo efectivo de operaciones por parte del Instituto del litio de Palpalá³². El primero de ellos está liderado por los investigadores Daniel Barraco y Ezequiel Leiva, de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), y Arnaldo Visintín, del Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Con experiencia en el estudio y producción de baterías, el INIFTA comenzó realizando ingeniería reversa de las baterías de ion-litio existentes, con el fin de caracterizar y desarrollar baterías basadas en los sustratos comerciales tradicionales del mercado actual. El grupo FAMAF, por su parte, ha trabajado especialmente en la caracterización electroquímica sobre celdas estándares de ion-litio comercializadas, para luego avanzar sobre el estudio de sustratos de nueva generación. En paralelo a estos trabajos, este grupo desarrolló en laboratorio algunas integraciones de celdas utilizando algunos de estos sustratos.

En principio, las actividades de este grupo se orientaron, a instancias del así llamado “Grupo de trabajo interministerial para la promoción del aprovechamiento integral del litio” –integrado por el Ministerio de Industria y el Ministerio de Ciencia y Tecnología–, y en asociación con empresas privadas de capital nacional, a la producción de baterías de ion-litio para el programa del gobierno nacional Conectar Igualdad y para la industria electrónica que opera en la provincia de Tierra del Fuego bajo un régimen de promoción. Mientras que, en una primera instancia, los proyectos estaban orientados al ensamblado de las baterías a partir de la importación de componentes, se evaluaría luego la posibilidad de avanzar en la producción local de las celdas.

Si bien este tipo de baterías “tradicionales” no presentan perspectivas de mercado auspiciosas, sino más bien una caída relativa (Gráfico 6), su producción era vista como una oportunidad de aprendizaje a partir del aprovechamiento de nichos protegidos por regímenes de promoción del gobierno nacional. Asimismo, la iniciativa se vio apoyada por subsidios otorgados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, además del financiamiento de CONICET que recibían los centros. Como describe Fornillo (2015a),

32. Una descripción detallada de las iniciativas para el desarrollo local de baterías de ion-litio puede encontrarse en Fornillo (2015a).

estas iniciativas fracasaron por distintos motivos, entre los que se destaca la dificultad de contar con empresas privadas competentes y comprometidas con las iniciativas.

Más adelante, este grupo ha mostrado interés por aquellas baterías utilizadas para almacenar energía que, como se ha visto, muestran un interesante potencial de crecimiento en la próxima década: en un mercado dominado por las centrales hidroeléctricas, que en 2015 explicaban el 94% del mercado, las baterías de almacenamiento de energía explicaban menos del 1% del mercado global de almacenamiento (con una capacidad total de 1GWh). En 2025, como se ha visto, se espera que la cuota de estas baterías alcance el 97% de este mercado (Deutsche Bank, 2016). El segmento con mayor proyección sería el de *peak shifting*, que permite acumular energía durante los períodos de baja demanda para utilizarla durante las horas pico de demanda.

Una de las ventajas que presenta este mercado respecto al de baterías para automóviles es que su cadena de valor es menos jerárquica, lo que ofrece mayores posibilidades de comercialización. Asimismo, ciertas exigencias respecto, por ejemplo, al peso, tamaño y potencia de las baterías, que esperan aún por soluciones técnicas en el caso de los automóviles, no alcanzarían el mismo tenor en el caso de las baterías de almacenamiento.

La posibilidad concreta de producir baterías en el país se reflató con la creación de Y-TEC, empresa pública conformada por YPF (51%) y el CONICET (49%). La principal misión de la empresa es “es brindar soluciones tecnológicas de alto impacto para el sector energético”, concentrándose en el petróleo, el gas y las energías renovables. En el caso particular del litio, Y-TEC se abocará a los mercados de almacenamiento de energía y movilidad para vehículos eléctricos y dispositivos móviles. Participan de la empresa, en calidad de asesores, varios de los científicos que integran este grupo, entre los que se encuentran Barraco, Visintín y Leiva.

En 2016, se hizo pública la decisión de instalar en Argentina una fábrica de celdas ion-litio en la provincia de Jujuy, con una capacidad total de 96 MWh de potencia, que prevé iniciar sus operaciones en 2018. Para ello, Y-TEC firmó un memorándum de entendimiento con la empresa italiana FAAM Energy Saving Battery, que construirá una planta de características similares en Europa, a la que transferirá la tecnología que se ha venido desarrollando en Argentina. Asimismo, ambas empresas acordaron desarrollar líneas de investigación conjunta para el desarrollo de materiales activos a partir de carbonato de litio producido en el país.

El segundo grupo de actores al interior de este nicho está liderado por Ernesto Calvo, del Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) (UBA-CONICET), que trabaja en proyectos de investigación sobre la electroquímica de reversibilidad de la celda litio-oxígeno. Este tipo de baterías, consideradas el “santo grial” de la tecnología del litio (Deutsche Bank, 2016), presenta ciertas ventajas sobre las baterías tradicionales de ion-litio, gracias a su menor peso y mayor autonomía. Aunque se trata de una tecnología promisoriosa, este tipo de baterías se encuentra todavía en desarrollo, puesto que aún enfrenta desafíos técnicos, especialmente en lo que refiere a pérdidas de energía, una degradación más acelerada y componentes más costosos³³.

33. En julio de 2016, se publicó un artículo en la revista *Nature Energy* con los resultados de una investigación que permitirían evitar estos inconvenientes, a partir del uso de nanopartículas llamadas “nanolithia” (Zhu et al., 2016). El experimento ha superado las pruebas de laboratorio y se espera que en el próximo año se desarrolle un prototipo para la fabricación de baterías.

Asimismo, el desarrollo a escala comercial de este tipo de baterías requeriría el desarrollo de una infraestructura adecuada.

Finalmente, se ha identificado una tercera iniciativa, aun de carácter incipiente, impulsada por un grupo de actores más reducido que los anteriores, liderada por investigadores de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJU) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) con la colaboración del Instituto Balseiro. En esencia, el trabajo está orientado a investigar la producción de tritio a partir del litio-6, con el fin de que sea utilizado como combustible para la producción de energía mediante fusión nuclear³⁴. Entre las ventajas que tiene este tipo de producción respecto al de fisión, utilizado actualmente por las plantas de energía nuclear, se encuentra la de no producir gases que contribuyan al efecto invernadero; no generar residuos que puedan utilizarse para producir armas nucleares; ni permitir que se produzcan accidentes importantes, puesto que utiliza muy poco combustible. Asimismo, ni los residuos ni el combustible son radioactivos, como sí sucede en la producción de energía nuclear por fisión (Panorama Minero, 2015).

Esta iniciativa está relacionada con el proyecto ITER, ejecutado por un consorcio integrado por China, la Unión Europea, India, Corea del Sur, Rusia y los Estados Unidos, que tiene por finalidad construir y testear un reactor que produzca energía por fusión nuclear. Este proyecto está aún en sus fases iniciales: puesto en marcha formalmente en 2007, prevé generar su primer plasma de hidrógeno en 2025.

Uno de los importantes desafíos que presenta el desarrollo de este nicho “aguas abajo” es que está dissociado del régimen socio-tecnológico periférico local, de naturaleza fundamentalmente transnacional, con orientación a la extracción y exportación del litio. Esto le impide aprovechar las “ventajas de localización” que podrían originarse en la presencia abundante de litio en el territorio nacional. Las normas que regulan el régimen socio-tecnológico en Argentina han eliminado la posibilidad de generar una ventaja de ese tipo, toda vez que han concesionado la explotación del recurso a empresas transnacionales insertas en redes de producción lideradas por agentes que pertenecen al régimen socio-tecnológico central –y que, en muchos casos, pertenecen a la misma corporación–. El régimen normativo permite a las empresas transnacionales internalizar las ventajas de localización y transformarlas en ventajas de propiedad privada (Castello y Kloster, 2015) con limitados efectos económicos sobre los territorios periféricos donde operan (Slipak, 2015; Nacif, 2015).

Para acceder al litio, los actores de estos nichos locales deben presentarse como compradores ordinarios en el mercado internacional del producto. De hecho, los científicos que realizan tareas de investigación se han visto en ocasiones forzados a importar el litio para sus experimentos. Contribuye a ilustrar este punto el hecho de que uno de los aspectos problemáticos que el grupo interministerial se planteaba resolver era “cómo asegurar el abastecimiento” de litio a quienes pretendieran procesarlo en el país (Fornillo, 2015a). El problema del aprovisionamiento debería quedar resuelto con la cláusula que habilita a JEMSE a acceder a precios de mercado hasta al 5% del carbonato de litio producido por las empresas de cuyo paquete accionario participa en la provincia de Jujuy.

34. Uno de los proyectos en curso consiste en la producción de cerámicos dopados o basados en litio a partir de soluciones líquidas que, a diferencia del método tradicional a partir de la mezcla de sólidos, permitiría la obtención de materiales más homogéneos.

La visión que da origen a las iniciativas desarrolladas en este nicho se basa más bien en argumentos de tipo “simbólico” y “estratégico”, que están vinculados entre sí. El primero se basa en la idea de que, si las reservas de litio están en el territorio nacional, sería efectivo, en términos políticos, mostrar que el recurso es procesado localmente y que no se reproduce la lógica extractiva que ha conducido al país a ser un exportador de materias primas o manufacturas de origen agropecuario con escaso procesamiento local. El segundo argumento pondera los efectos positivos de la iniciativa en términos de su desarrollo científico-tecnológico, así como también de su comercio exterior, si lograra ocupar un lugar destacado en el mapa de un mercado tan promisorio como el de las baterías –hoy dominado por los países asiáticos– o de carácter estratégico como el de la energía nuclear por fisión. Sin embargo, vale la pena volver a subrayar que la presencia de litio en el país, según las reglas que impone el marco normativo actual, no les ofrece a los actores que operan en Argentina ninguna ventaja sobre aquellos que se encuentran en el exterior –más allá, por supuesto, de los costos de transporte que implica el envío de los derivados del litio al exterior–.

5.4.3 Reflexiones sobre el caso del litio

A partir de las herramientas de análisis provistas por el marco sobre transiciones sociotecnológicas es posible realizar ciertas conclusiones en base al caso analizado anteriormente.

A diferencia del caso del cobre, el régimen del litio es de carácter emergente, está desarticulado y, por lo tanto, es muy vulnerable. Asimismo, el sector del litio es aún poco relevante para la economía argentina en términos de su contribución al PBI, a las exportaciones o sus aportes al fisco. Aun en este marco existen presiones que se vinculan con mejorar el desempeño del régimen, así como también incrementar su contribución al desarrollo del país.

Es interesante señalar que las intenciones y la capacidad del régimen en Argentina para iniciar acciones de cambio se ve comprometida por su carácter de periférico. Está constituido por actores que tienen origen en otras regiones y que en el país se limitan a llevar a cabo actividades extractivas que no suponen el desarrollo de nuevo conocimiento de frontera. Las actividades que se ubican en la frontera tecnológica, ya sea aquellas que buscan mejorar los procesos de obtención del litio (por ejemplo, Posco) como las que, aguas abajo, tienen por objetivo encontrar nuevas aplicaciones o mejorar las existentes (por ejemplo, Tesla y las automotrices tradicionales), son desarrolladas por agentes que se encuentran en otras regiones y conforman un régimen socio-tecnológico que podríamos denominar “central”. Ambos regímenes, por supuesto, reconocen múltiples conexiones, comenzando por el vínculo patrimonial existente entre las subsidiarias periféricas y sus casas matrices en el centro, que imponen una jerarquía de acuerdo a la cual los actores locales no tienen demasiada autonomía para desarrollar sus propias iniciativas tecnológicas.

La evolución del régimen sociotecnológico periférico del litio ha demostrado ser altamente dependiente de los desarrollos tecnológicos de frontera, que tienen su origen en nichos

que mayormente operan fuera de este ámbito. En gran medida, por lo tanto, los actores del régimen periférico toman los desarrollos incorporados al régimen central como fenómenos externos sobre los que tienen poca incidencia, asimilables con lo que sucede con el *landscape*.

La creación de nichos locales ha tenido, en general, la intención de: i) atender especificidades propias del ambiente argentino –por ejemplo, relacionadas con la geología de los salares de la región–; ii) lograr un *catching-up* de tecnologías incorporadas a los regímenes centrales, pero que permanecen protegidas por secreto industrial –como en el caso de las baterías–; o iii) participar mediante desarrollos específicos en nichos que se encuentran en desarrollo a nivel global, como es el caso de la utilización del litio en los procesos de generación de energía nuclear por fusión. Es el caso también de los trabajos de INQUIMAE que, tanto en lo que refiere al desarrollo de procesos para obtener productos derivados del litio, como en la batería litio-oxígeno, operan en una frontera tecnológica propia de los nichos centrales.

En ninguno de los casos los nichos plantean proyectos disruptivos que pongan en riesgo la estabilidad del régimen local. Se trata más bien de nichos que podríamos definir como simbióticos o *path-repairing*, o *path-creating*, cuyo eventual éxito terminaría por consolidar el régimen existente.

En relación con lo anterior, en el caso de Argentina resulta evidente que los vínculos entre los actores centrales del régimen periférico –en particular, las subsidiarias de las empresas transnacionales– y aquellos que operan en nichos locales –mayormente integrados por actores del sistema científico-tecnológico– son escasos o inexistentes. Esto dificulta la posibilidad de construir una agenda de cambio tecnológico común, que permita superar los desafíos que enfrenta el régimen a partir de esfuerzos locales.

Del mismo modo, el carácter periférico de los actores del nicho local cuyos desarrollos entran en competencia con los desarrollos del régimen central pone en riesgo la viabilidad comercial de los insumos. Esto queda especialmente en evidencia en el caso de las baterías para automóviles, que pertenecen a una cadena de valor verticalmente integrada bajo el control jerárquico de las empresas multinacionales automotrices, asociadas a las empresas que realizan las actividades de extracción, en las etapas aguas arriba, y más adelante, internalizando el desarrollo de la batería.

En cuanto a los mecanismos de protección y promoción de los nichos locales, se debe destacar que han sido muy pobres, en el marco de un régimen regulado por normas que han favorecido el extractivismo y no han creado condiciones para que actores locales desarrollen capacidades en base a ventajas de localización, en particular en las iniciativas aguas abajo, ligadas a la batería. No se ha concebido un marco normativo que fomente las actividades a nivel de nicho, estableciendo, por ejemplo, un tratamiento especial a los vehículos que utilicen baterías de ion-litio o la adopción de baterías de almacenamiento de energía, como sí existe en otras regiones del mundo (Deutsche Bank, 2016).

Las iniciativas más disruptivas han venido del Congreso Nacional, donde se presentaron distintos proyectos para declarar el litio como recurso estratégico a nivel nacional y, así, dictar un marco de normas que permitan a ciertos actores del régimen local internalizar

las ventajas de localización. Sobresale entre ellas el proyecto presentado en 2014 por Carlos Heller y Juan Carlos Junio, que propone, en términos generales, un esquema a partir del cual el estado nacional sea el principal responsable de regular, fiscalizar, gestionar y ampliar la participación política en torno a la actividad, tanto en la fase de extracción como de industrialización (Fornillo, 2015b). Sin embargo, el régimen ha logrado resistir a iniciativas de este tipo, que no han logrado consenso suficiente para avanzar, preservando así su estabilidad.

6. Reflexiones finales

En un contexto de cambio climático y agotamiento de los recursos, con una demanda cada vez mayor, e inestabilidad en los precios y en otras variables macro, las industrias extractivas están enfrentando cada vez mayores presiones para transformarse. Enfrentan múltiples problemas productivos y tecnológicos, especialmente en América Latina, donde ciertas capacidades claves son limitadas. Las soluciones estandarizadas no resuelven los problemas locales dadas las especificidades de las explotaciones, y se requieren nuevas soluciones. Con un mayor acceso a la información, y con posibilidades de manifestar su descontento, las comunidades locales que resultan afectadas por las explotaciones y no obtienen beneficios por ellas, ponen cada vez mayores presiones para un cambio. Pero las demandas no devienen solo de las comunidades locales más afectadas; la comunidad de la región en general, luego de tantas experiencias fallidas con las industrias extractivas, demanda que éstas generen efectos positivos en el desarrollo productivo, por ejemplo a través de encadenamientos.

En este trabajo proponemos experimentar con el marco teórico de transiciones para investigar las posibilidades de transformación de las industrias extractivas. Este marco ha sido desarrollado fundamentalmente en Europa con el objetivo de entender las posibilidades de transformación social, económica y tecnológica en una dirección más sostenible, en actividades claves como el transporte o la energía. En base a numerosos estudios históricos ha identificado un número de ideas y dimensiones útiles para entender grandes transformaciones, y cómo incentivarlas. Entendemos que algunas de estas ideas pueden ser útiles para estudiar las posibilidades de transformación de las industrias extractivas en América Latina.

Las dos experiencias analizadas en este estudio –la del cobre en Chile y la del litio en Argentina– ilustran algunas de las presiones para el cambio que afectan a las industrias extractivas y ofrecen, al mismo tiempo, un laboratorio para explorar los posibles senderos de transformación que se abren a partir de algunas de las respuestas ensayadas, tanto por los actores que operan al interior de los regímenes dominantes como por aquellos que lo hacen por fuera de ellos.

A pesar de las diferencias que existen, y que serán discutidas a continuación, conviene destacar un rasgo común y distintivo que resulta imprescindible para comprender el alcance y las posibilidades reales de transformación de los procesos en marcha: se trata en ambos casos de regímenes sociotecnológicos y nichos cuya naturaleza podría ser definida como semi-periférica (cobre en Chile) o periférica (litio en Argentina).

Los regímenes centrales se asientan en países con una base de competencias científico-tecnológicas más sofisticada, que ofrecen, según muestran los estudios empíricos disponibles, la posibilidad de desarrollar nichos que producen transformaciones más cercanas a la frontera del conocimiento y con mayor capacidad de ofrecer opciones disruptivas frente al régimen vigente, que, en cambio, terminan siendo adoptadas “llave en mano” en regímenes periféricos. Sería deseable explorar el alcance de las transformaciones operadas en regímenes periféricos, con el objeto de conocer si estas quedan restringidas al ámbito periférico o, en cambio, tienen la capacidad para afectar la estabilidad del régimen central.

Un segundo rasgo que parece caracterizar a los espacios periféricos es el bajo nivel de recursos disponibles –tanto del sector público como del privado– para establecer mecanismos adecuados de “incubación” de los nichos locales donde se gestan los procesos de transformación. Esta limitación no solo afecta la capacidad para promover los desarrollos que allí se gesten, sino también la posibilidad de fomentar su ascenso desde el espacio del nicho al de régimen.

El carácter periférico de los casos estudiados se revela también en las restricciones sobre la autonomía de los actores locales, que resulta de las relaciones de subordinación respecto a aquellos que operan en los regímenes centrales. Tanto en el caso del cobre en Chile y, especialmente, en el caso del litio en Argentina, los actores dominantes del régimen, las tecnologías y los procesos que aplican, así como sus principales proveedores son de origen transnacional, provenientes de los regímenes centrales. Aun en el caso de CODELCO, empresa pública perteneciente al estado chileno, la tecnología utilizada y las innovaciones realizadas provienen, en gran medida, de desarrollos elaborados por empresas transnacionales sobre los que la empresa tiene limitado control.

Esta situación de subordinación impone límites a la autonomía de los actores periféricos para liderar un proceso de transformación profunda de los pilares sobre los que se asientan los regímenes en los que operan. Los límites no solo conciernen a la dimensión estrictamente tecnológica sino también a aspectos no tecnológicos que son cruciales para avanzar en la transformación. Tal es el caso, como se ha discutido, de las capacidades de los actores locales en Argentina para avanzar en la comercialización de baterías ion-litio para automóviles. En este caso, un desafío importante es entrar en una cadena global de valor automotriz sumamente jerárquica, en particular en lo que se refiere a componentes estratégicos como la batería.

Uno de los desafíos de la agenda sobre transiciones socio-tecnológicas consiste, entonces, en profundizar la comprensión sobre la naturaleza de las transiciones socio-tecnológicas en la periferia, explorando las características particulares de cada uno de los niveles propuestos por el marco teórico, así como también las dinámicas de interacción entre estos, tanto al interior de la periferia como entre ésta y el centro.

A pesar de este rasgo en común de los dos regímenes analizados, y de las limitaciones encontradas en el marco de transiciones para el análisis de regímenes periféricos, identificamos, en base al marco, un número de dimensiones en las que los dos regímenes difieren, las cuales son importantes para pensar sus posibilidades de transformación. La Tabla 11 ofrece una síntesis de los resultados obtenidos.

Tabla #11. Síntesis de los casos estudiados

Dimensiones de análisis	Cobre en Chile	Litio en Argentina
Tipo de presión	<ul style="list-style-type: none"> - Fuertes. - Con origen tanto fuera como dentro del régimen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Moderadas. - Ligadas a carácter emergente del régimen. - Con origen tanto fuera como dentro del régimen.
Tipo de régimen	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidado. - Semi-periférico, con empresas importantes de origen local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emergente e inestable. - Dominado por actores transnacionales. - Periférico.
Reacción del régimen	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de consenso público/privado. - Numerosas iniciativas, aunque con un nivel incierto de apoyo efectivo por parte de actores dominantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitada. - Poco articulada y sin construcción de consenso.
Tipos de nicho	<ul style="list-style-type: none"> - Incipiente. - Simbiótico con el régimen, cuya supervivencia busca asegurar abordando las presiones existentes (<i>path-repairing</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Incipiente. - Aguas arriba: simbiótico con el régimen (<i>path-repairing</i>). - Aguas abajo: disruptivo con régimen periférico local y central transnacional.
Gestión del nicho	<ul style="list-style-type: none"> - En la mayoría de los casos, sin mecanismos efectivos de protección definidos. - Dificultades para establecer compromisos efectivos en torno a prioridades definidas. - Financiamiento público-privado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanismos de protección débiles, con limitado financiamiento (principalmente de origen público). - Marco normativo que no promueve el desarrollo del nicho. - Compromiso limitado e inestable por parte de los actores.
Tipo de interacción entre régimen y nicho	<ul style="list-style-type: none"> - Alta coordinación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Respuestas poco articuladas con actores del régimen. - Iniciativas individuales de actores de nicho.
Sendero de transformación posible del régimen local (ver Tabla 1)	<ul style="list-style-type: none"> - Transformación débil (sendero 1). - Reconfiguración limitada (sendero 4). 	<ul style="list-style-type: none"> - Transformación débil o radical (sendero 1).

En base al análisis de las dimensiones del cambio entendemos que en el caso del cobre parecen existir condiciones para una transformación débil. Esto se debe en parte a que son los actores mismos del régimen, ya estable y maduro, quienes, ante las presiones externas, y reconociendo los riesgos que enfrentan en el mediano plazo, han decidido definir una agenda de cambio que no ponga en riesgo su estabilidad.

Más específicamente, algunos de los factores que entendemos limitan el alcance de la transformación son los siguientes. En primer lugar, el hecho de que el diagnóstico y el plan de acción haya sido elaborado por el propio régimen excluye la posibilidad de transformaciones radicales que pongan en riesgo su cohesión interna y estabilidad. La agenda de trabajo refleja, por el contrario, los intentos del régimen por asegurar su sustentabilidad en el tiempo. El segundo factor refiere a la gestión de los nichos concebidos por el *roadmap* tecnológico. Allí se han identificado limitaciones, principalmente, para acordar los mecanismos de financiamiento entre el sector privado y el público, así como también entre las agencias al interior de este último.

Otro sendero posible en el caso del régimen del cobre sería el de una reconfiguración de alcance limitado, en el que el régimen se mantenga, en esencia, inalterado, pero logre incorporar de modo acumulativo innovaciones surgidas de nichos que permitan la incorporación de proveedores locales. Un sendero de este tipo, que permitiría abordar los desafíos del desarrollo (ver Tabla 6), requerirá, sin embargo, un compromiso efectivo –más allá del declarado en el *roadmap* tecnológico– por parte de los actores dominantes del régimen local para integrar a los proveedores locales al régimen de maneras más complejas y colaborativas en el proceso de innovación y desarrollo.

El sendero de transformación del litio resulta más difícil de predecir. Existe una gran desarticulación entre los actores del régimen local –de origen transnacional– y las iniciativas a nivel de nicho –principalmente provenientes del sistema científico-tecnológico–, así como también entre estos últimos y el régimen central. Esto se refleja claramente, por ejemplo, en las iniciativas que abordan los desafíos del desarrollo y pretenden avanzar aguas abajo hacia el desarrollo de la batería. Existen ciertos proyectos en este nivel cuya concreción –en particular en el área de energía nuclear y baterías litio-oxígeno– permitiría posicionar a un grupo de actores locales en la frontera tecnológica de estas innovaciones. Sin embargo, no está nada claro si estos actores lograrán obtener el apoyo para avanzar en la explotación comercial de estos desarrollos.

La gestión pública de nichos parece tener dificultades para ofrecer recursos necesarios para un desarrollo de envergadura y sostenido en el tiempo. Los aportes privados, por su parte, han sido casi nulos hasta el momento, dado que las iniciativas no resultan rentables sin protección pública, ya sea por tratarse de segmentos de mercado controlados por empresas transnacionales (por ejemplo, baterías ion-litio) o que encierran altos riesgos por tratarse de innovaciones de naturaleza radical (por ejemplo, baterías litio-oxígeno).

Las limitaciones de los mecanismos de protección de los nichos, sin embargo, no quedan restringidas a la dimensión financiera, sino que también involucran al régimen normativo. Como se ha discutido, la legislación nacional es favorable a la extracción y exportación del recurso por parte de empresas transnacionales, debilitando las potenciales ventajas de localización de las que podrían gozar los actores, que en los nichos aguas abajo, tienen

vocación de industrializar el recurso en el país. En este caso, dado que los actores del régimen dominante y sus acciones no están coordinados y consolidados, entendemos que son posibles dos tipos de transformaciones. Una más radical, si aumentan las presiones para el cambio y los nichos se pueden seguir desarrollando con un mayor nivel de protección; o débil, si ninguna de estas dos cosas suceden. Está claro que las políticas públicas pueden jugar un rol clave para aumentar las presiones y ofrecer protección.

Como se ha señalado, el trabajo es de carácter exploratorio y no pretende ofrecer respuestas definitivas sino abrir preguntas. Entendemos que el marco de transiciones ofrece herramientas analíticas de interés para entender las posibilidades de transformación de estas industrias. Sin embargo, es necesario ampliar el análisis con nuevos casos y profundizar los existentes analizando con más detalle, por ejemplo:

- Las respuestas del régimen y sus limitaciones para responder a las presiones para el cambio.
- Cómo se pueden afectar desde las políticas las presiones para el cambio.
- Diferente tipo de nichos, sus estrategias de consolidación y potenciación, que afectan al régimen y lo transforman en cualquiera de las direcciones posibles.
- Las posibilidades de nichos menos simbióticos, con mayor capacidad de soluciones divergentes, y de transformar.
- Las redes de desarrollo, los recursos y los distintos tipos de apoyo.
- Las barreras para ampliar los nichos existentes más allá de las debilidades de los mecanismos de protección (capacidades, intereses creados, el poder).
- Los diferentes tipos de interacciones en nichos y régimen.
- Las limitaciones impuestas por los regímenes a los nichos.

Bibliografía

- Benavente, J. M. & Goya, D. (2011). Opening up Natural Resource-Based Industries for Innovation: Exploring New Pathways for Development in Latin America. Copper Mining in Chile. *Sectorial report*. Santiago de Chile: Centro de Investigaciones para la Transformación (Cenit).
- Carlsson, B. & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1, 93-118.
- Castello, A. & Kloster, M. (2015). Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo. Buenos Aires: Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- CESCO (2013). La Minería como plataforma para el desarrollo: Hacia una relación integral y sustentable de la industria minera en Chile. *Position paper*. Santiago de Chile: Centro de Estudios del Cobre y la Minería (CESCO).
- CNID (2014). Minería: Una Plataforma de Futuro para Chile. Informe a la Presidenta de la República, Michelle Bachelet. Santiago de Chile: Comisión Minería y Desarrollo de Chile y Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNID).
- COCHILCO (2013). Mercado internacional del Litio. Comisión Chilena del Cobre.
- COCHILCO (2014). Productividad en la Industria Minera en Chile. Santiago de Chile: Comisión Chilena del Cobre.
- COCHILCO (2015). Caracterización de los costos de la gran minería del cobre. Santiago de Chile: Comisión Chilena del Cobre.
- Contreras Fierro, C. G. (2014). *Problemas de salud en Ventanas: ¿Por qué existen si la zona cumple con la normativa ambiental? Oportunidad para mejores regulaciones ambientales a partir de directrices OCDE*. Magíster en Políticas Públicas, Universidad de Chile.
- Crespi, G., Fernández-Arias, E. & Stein, E. (eds.) (2014). *¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica*, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Davis, R. & Franks, D. (2014). Costs of Company-Community Conflict in the Extractive Sector. *Corporate Social Responsibility Initiative Report No. 66*, Cambridge, MA: Harvard Kennedy School.
- Deutsche Bank (2016). Welcome to the Lithium-ion Age. *FITT Research*. Deutsche Bank.
- Dunning, H. J. (1988). The Eclectic Paradigm of International Production: A Restatement and Some Possible Extensions. *Journal of International Business Studies*, 19, 1-31.
- Fornillo, B. (2015a). "Del salario a la batería": Política, ciencia e industria del litio en la Argentina. En: Fornillo, B. (ed.) *Geopolítica del Litio: Industria, Ciencia y Energía en Argentina*. Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO.
- Fornillo, B. (2015b). Leyes sobre el litio: ¿recurso estratégico minero u oportunidad científico-industrial? *Realidad Económica*, 295, 134-138.
- Fundación Chile (2016). *Desde el cobre a la innovación. Roadmap tecnológico 2015-2030*, Santiago de Chile, Fundación Chile.
- Geels, F. W. (2002). Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: A Multi-Level Perspective and a Case-Study. *Research Policy*, 31, 1257-74.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33, 897-920.
- Geels, F. W. (2005). The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930). *Technology Analysis & Strategic Management*, 17, 445-476.

- Geels, F. W. (2006a). The hygienic transition from cesspools to sewer systems (1840–1930): the dynamics of regime transformation. *Research Policy*, 35, 1069-1082.
- Geels, F. W. (2006b). Major system change through stepwise reconfiguration: a multi-level analysis of the transformation of American factory production (1850–1930). *Technology in Society*, 28, 445-476.
- Geels, F. W. & Kemp, R. (2007). Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies. *Technology in society*, 29, 441-455.
- Geels, F. W. & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36, 399-417.
- Hughes, T. P. (1993). *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*, JHU Press.
- INDH (2012). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile 2012*, Santiago de Chile, Instituto Nacional de Derechos Humanos.
- INDH (2016). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile 2015*, Santiago de Chile, Instituto Nacional de Derechos Humanos.
- Kemp, R., Schot, J. & Hoogma, R. (1998). Regime Shifts to Sustainability through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management. *Technology Analysis and Strategic Management*, 10, 175-95.
- Korinek, J. (2013). Mineral Resource Trade in Chile: Contribution to Development and Policy Implications. *OECD Trade Policy Paper no. 145*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Lagos, G. C., Peters, D. N. & Jara, J. J. (2015). Potencialidades y desafíos para la minería del cobre chileno a 2035. Santiago de Chile: Centro de Investigaciones Estratégicas de Minería (CIEM-UC).
- Lagos, R. (ed.) (2014). *Minería y Desarrollo Sostenible en Chile. Hacia una Visión Compartida*. Disponible en [http://programaaltaley.cl/wp-content/uploads/2015/10/Grupo-Lagos-Mineria-y-Desarrollo-Sostenible-Chile-\(1\).pdf](http://programaaltaley.cl/wp-content/uploads/2015/10/Grupo-Lagos-Mineria-y-Desarrollo-Sostenible-Chile-(1).pdf).
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.
- Marín, A., Olivari, J. & Pietrobelli, C. (2016). Diversification through NRs: what is getting in the way? The case of mining in Brazil, Chile and Peru. *Paper presentado en la conferencia Schumpeteriana, julio 6-8, Montreal, Canadá*.
- Ministerio de Economía (2014). Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento. Santiago de Chile: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.
- Nacif, F. (2015). Producción de litio en la Argentina: sobre la ley y el debate. *Realidad Económica*, 138-146.
- Ocmal (2016). Conflictos mineros en América Latina: extracción, saqueo y agresión. Estado de situación en 2015. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, OCMAL.
- Panorama Minero (2015). Seminario Internacional "Litio en la Región de Sudamérica". *Panorama Minero*. Buenos Aires.
- Puente, F. & Argento, M. (2015). Conflictos territoriales y construcción identitaria en los salares del noroeste argentino. En: Fornillo, B. (ed.) *Geopolítica del Litio: Industria, Ciencia y Energía en Argentina*. Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO.
- Rodríguez, J. C.; Vega, A. C.; Chamorro, J. M. & Acevedo, M. O. (2015). Evolución, administración e impacto fiscal de los ingresos del cobre en Chile. Santiago de Chile: Dirección de Presupuestos, Gobierno de Chile.
- Roskill (2013), Lithium: Market Outlook to 2017. London: Roskill Information Services Ltd.
- Schot, J., Hoogma, R. & Elzen, B. (1994). Strategies for shifting technological systems: the case of the automobile system. *Futures*, 26, 1060-1076.
- Schot, J. W. & Geels, F. W. (2007). Niches in evolutionary theories of technical change: a critical survey of the literature. *Journal of Evolutionary Economic*, 17, 605-22.
- Slipak, A. M. (2015). La extracción del litio en la Argentina y el debate sobre la "riqueza natural". En: Fornillo, B. (ed.) *Geopolítica del Litio: Industria, Ciencia y Energía en Argentina*. Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO.

- Smith, A. (2006). Green niches in sustainable development: the case of organic food in the United Kingdom. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 24, 439-458.
- Smith, A. & Raven, R. (2012a). What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy*, 41, 1025-1036.
- Smith, A. & Raven, R. (2012b). What Is Protective Space? Reconsidering Niches in Transitions to Sustainability. *Research Policy*, 41, 1025- 36.
- Smith, A., Stirling, A. & Berkhout, F. (2005). The governance of sustainable sociotechnical transitions. *Research Policy*, 34, 1491-510.
- Smith, A.; VOß, J.-P. & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: the allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39, 435-448.
- Stake, R. E. (2010). *Qualitative Research: Studying how Things Work*, Guilford Press.
- Stubrin, L. (2016). Innovation, learning and competence building in the mining industry. The case of knowledge intensive mining suppliers (KIMS) in Chile. En prensa.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: design and methods*, Londres, Sage.
- Zhu, Z., Kushima, A., Yin, Z., Qi, L., Amine, K., Lu, J. & Li, J. (2016). Anion-redox nanolithia cathodes for Li-ion batteries. *Nature Energy*, 1, 1611.

ANEXO I Presiones y desafíos de las industrias extractivas

Presiones del landscape sobre el sector minero		¿A qué nos llevan las presiones, en qué se expresan, cuál es la reacción de la industria?
Medio ambiente y sustentabilidad	Cambio climático (GEI - energía)	<p>Gobiernos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Normas ambientales más estrictas. Definición y expansión de las responsabilidades y obligaciones de las empresas extractivas. - Cambios en la institucionalidad ambiental (instrumentos de gestión ambiental legítimos para todas las partes): participación ciudadana en el proceso de preparación y aprobación de los estudios de impacto ambiental. - Nuevas regulaciones en torno al reciclado de materiales. En el caso de algunos minerales se comienza a observar una mayor presencia del mismo por encima del suelo que por debajo, lo que representa un cambio en el centro de valor. En el caso del oro, la ley de mineral es de 0,2g/t, mientras que a partir de la chatarra de la telefonía móvil se puede obtener una relación de 200g/t. De esta forma, para hacer un anillo de casamiento de 2g se requiere el procesamiento de 10 toneladas de mineral, frente a 10 kg de chatarra electrónica (Boliden, 2008, en Giurco y Cooper, 2012).
	Uso y gestión del agua	
	Residuos (relaves - <i>mining tailing</i>)	<p>Empresas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo y uso más eficiente del agua (reducción del consumo). - Reutilización y reciclado del agua. - Fuentes de energía alternativas para reducir GEI. - Compromiso con las comunidades locales y la participación de expertos en la materia. - Inversión en I+D y nuevas tecnologías que hacen un uso más eficiente del agua, permiten mejoras en la gestión de residuos y reducen las emisiones. - Innovaciones en producto (por ejemplo, tubos de cobre más delgados y que, por ende, utilizan menos metal, o bien más gruesos pero con una mayor resistencia y duración).
	Reciclado de materiales - Economía circular	
	Desmaterialización	<p>Sociedad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participación al margen de la normatividad oficial (en respuesta a los anhelos de la población): <ul style="list-style-type: none"> * consultas populares * mesas de diálogo * monitoreo ambiental y vigilancia social participativa.
	Conservación de la biodiversidad	

<p>Conflictos sociales: comunidad y pueblos originarios</p> <p>Presiones institucionales</p>	<p>Mayor demanda por equidad</p> <p>Mayor democratización</p>	<p><i>Gobiernos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Legislación sobre participación ciudadana en las industrias extractivas / Leyes de consulta (Ej. Perú, 2011, Ley sobre el derecho de consulta de los pueblos indígenas). -Mayor transparencia de los gobiernos en temas tales como distribución de las rentas. -Desarrollo de mecanismos para la captación de la renta y la distribución territorial de lo que el Estado ha captado. <hr/> <p><i>Empresas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Modelos de negocio que mitiguen la volatilidad del precio de las materias primas. -Definición y expansión de las responsabilidades y obligaciones de las empresas extractivas con respecto al respeto y defensa de los derechos humanos: códigos de conducta auto impuestos o códigos promovidos por las instancias intergubernamentales e internacionales. - Creación de asociaciones que vinculan a los distintos actores interesados en las industrias extractivas (<i>The Extractive Industry Review, The Extractive Industry Transparency Initiative y The Equator Principles</i>) / Organizaciones empresariales (ICMM). - Establecimiento de códigos de conducta: elaboración de guías de buenas prácticas en relación al vínculo empresa-comunidad y empresa-pueblos indígenas. <hr/> <p><i>Sociedad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Participación al margen de la normatividad oficial (en respuesta a los anhelos de la población): <ul style="list-style-type: none"> * consultas populares * mesas de diálogo * monitoreo ambiental y vigilancia social participativa - Las comunidades ejercen un mayor escrutinio de las mineras, gracias a las redes sociales y las TICs.
--	---	---

Marcos regulatorios con diseños más participativos	Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH)	- CIDH: procura avanzar un marco jurídico integral de estándares de DDHH del sistema interamericano aplicables a las problemáticas causadas por las actividades extractivas. Objetivo: que los estados receptores adopten un marco regulatorio apropiado, lo que incluye la consulta a pueblos que pueden verse afectados; la garantía de mecanismos de participación efectiva y de un adecuado acceso a información facilitadora del ejercicio de derechos; la obligación de supervisar y fiscalizar las actividades de las empresas y otros actores no estatales; el deber de prevenir actividades ilegales y otras formas de violencia; etc.
	Presiones de reformas de parte de algunas de las principales instituciones de crédito públicas y privadas a nivel mundial	- La Revisión de las Industrias Extractivas (iniciativa impulsada por el Grupo del Banco Mundial con el fin de influir positivamente en los estándares de la industria -2004-); - La Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (es un estándar global para gestionar de forma transparente los ingresos que provienen de los recursos mineros -2003-); los Principios de Ecuador (proveen un marco a las instituciones financieras para gestionar los temas ambientales y sociales en el financiamiento de proyectos).
Tecnología	Automatización / Robótica	Búsqueda de eficiencias operativas / Automatización de procesos para mejorar la seguridad y optimizar operaciones / Comienzan a aparecer algunos centros de operaciones remotas en Australia (Rio Tinto y BHP Billiton).
	Internet de las cosas	
	Impresoras 3D	Optimización de procesos mediante el establecimiento de redes que recopilan, monitorean y procesan datos / Optimización y control del uso de recursos (agua y energía).
	Nuevos materiales	Reducción de costos. Las máquinas de impresión 3D tienen el potencial de ayudar a resolver el problema de la necesidad de tener que enviar piezas de repuesto a los sitios mineros.

ROSKILL 2013. Lithium: Market Outlook to 2017. Roskill Information Services Ltd., Londres, Gran Bretaña.

Supported by



International Development Research Centre
Centre de recherches pour le développement international

Canada 