

ABC DEL LITIO SUDAMERICANO

**Soberanía, ambiente, tecnología
e industria**

Colección Economía y Sociedad, dirigida por la Lic. María Elisa Couste, directora del Departamento Economía y Administración de la Universidad Nacional de Quilmes, y Juan Carlos Junio, director del Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini.

Federico Nacif - Miguel Lacabana
(coordinadores)

ABC DEL LITIO
SUDAMERICANO

**Soberanía, ambiente, tecnología
e industria**

Nacif, Federico ; Lacabana, Miguel

ABC del litio sudamericano / Federico Nacif ; Miguel Lacabana ; coordinadores :
Federico Nacif ; Miguel Lacabana. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
: Ediciones del CCC Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini ; Quilmes
: Universidad Nacional de Quilmes, 2015.

464 p. ; 23 x 15 cm. - (Economía y sociedad / Jorge Testero, ; 8)

ISBN 978-987-3920-14-1

1. Ciencias Sociales. I. Nacif, Federico, comp. II. Lacabana, Miguel, comp.

CDD 301

© Universidad Nacional de Quilmes

Roque Sáenz Peña 352 - Bernal (B1876BXD) - Buenos Aires - Argentina

Tel: 4365-7100

www.unq.edu.ar

Rector: Dr. Mario Lozano

Vicerrector: Dr. Alejandro Villar

© Ediciones CCC, Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini.

Ediciones del Instituto Movilizador de Fondos Cooperativos C.L.

Avda. Corrientes 1543 (C1042AAB) Tel: 5077-8080 - Buenos Aires - Argentina

www.centrocultural.coop

Director: Juan Carlos Junio

© Federico Nacif ; Miguel Lacabana

Composición y armado: Mari Suárez

Diseño de tapa: Raúl Pollini

Fotografía de tapa: Raúl Pollini

Corrección: Carmen De Luca

Coordinación editorial: Javier Marín

Distribuye Editorial Atuel y Cara o Cecca. Dirección Julián Álvarez 813.

Buenos Aires. CP C1414DRQ - teléfono (5411) 20649005

e-mail: info@editorialatuel.com.ar

Todos los derechos reservados.

Esta publicación puede ser reproducida gráficamente hasta 1000 palabras, citando la fuente. No puede ser reproducida, ni en todo, ni en parte, registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo escrito de la editorial y/o autor, autores, derechohabientes, según el caso.

Hecho el depósito Ley 11.723

Impreso en la Argentina - Printed in Argentina.

Queda hecho el depósito que previene la ley 11.723

La Universidad Nacional de Quilmes y el Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini presentan este nuevo emprendimiento editorial conjunto. En el área de Economía hemos desarrollado dos colecciones: “Economía y Sociedad” y “Economía y Gestión”, que se conforman con materiales de investigación de ambas instituciones, en un esfuerzo por poner a disposición de la ciudadanía los trabajos que hemos realizado, con el objeto de contribuir al debate en torno a la economía entendida como una ciencia social.

El Centro Cultural de la Cooperación y la Universidad Nacional de Quilmes incluyen hoy en esta colección un nuevo título referido a una temática fundamental: la industria electrónica, las energías renovables y las nuevas tecnologías. El presente libro contiene las ponencias del Seminario ABC del Litio Sudamericano ¿nuevo commodity o recurso estratégico? que se llevara a cabo en común en el mes de noviembre de 2013 en el C.C.C., junto a nuevos aportes de expertos convocados por el debate allí inaugurado, en el marco del Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socio Ambiental de la UNQ.

Consideramos que con su publicación realizamos un aporte sustantivo para la instalación de ideas y valores que permitan leer los procesos económicos, sin escindir de ellos la equidad social, en estos tiempos en los que las ideas únicas y las recetas infalibles sólo han demostrado fracasos y limitaciones.

JUAN CARLOS JUNIO
Director del Centro Cultural
de la Cooperación Floreal Gorini

LIC. MARÍA ELISA COUSTE
Directora del Departamento de Economía
y Administración de la Universidad
Nacional de Quilmes

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la prensa masiva señala con creciente interés que los salares de Argentina, Bolivia y Chile contienen más de dos tercios de las reservas mundiales de litio, “el metal más liviano de la tabla periódica”. Gracias a sus especiales propiedades físico-químicas —nos explican con variable precisión—, el litio permite la producción de modernas baterías recargables, utilizadas por casi toda la electrónica portátil y, lo más importante, por los nuevos vehículos eléctricos en pleno desarrollo tecnológico. De esta forma, la creciente y sostenida demanda mundial de baterías eléctricas habría otorgado al litio la categoría de “nuevo recurso estratégico”, convirtiendo a los salares de la puna andina-sudamericana en una “importante y atractiva fuente de commodities”.

Sin embargo, el verdadero carácter *estratégico* de estas reservas no radica en el elevado precio internacional actual, ni se limita a las aplicaciones tecnológicas de vanguardia en la propulsión de vehículos eléctricos de alta gama. Guiados por la tendencia actual de las grandes empresas automotrices y presionados por la urgente necesidad de reducir el acelerado calentamiento del sistema climático, los países industriales consideran el litio un *factor clave* para la emergencia futura de un nuevo paradigma tecno-económico basado en la generación, el almacenamiento, la distribución y el consumo eficiente y sustentable de energías renovables. En cualquier caso y más allá de la competencia mundial por el desarrollo de los futuros vehículos eléctricos de punta, que eventualmente podrían utilizar otras formas de acumulación y conversión energética, los sistemas de almacenamiento electroquímico basados en el litio alcanzaron en la actualidad un grado de madurez tal que permiten satisfacer un amplio rango de aplicaciones demandadas por toda la sociedad: tanto dispositivos electrónicos y herramientas como el almacenamiento estático de energías renovables para el consu-

mo doméstico o semi-industrial y la propulsión eléctrica de vehículos diseñados para el transporte público masivo.

No es novedad la importancia de nuestra región en lo que al litio respecta. Sólo dos operaciones de extracción radicadas en el salar de Atacama de Chile y una en el salar del Hombre Muerto en Argentina, controlan desde hace más de 15 años alrededor del 50% de la producción global total. A diferencia de los minerales de litio (pegmatita, espodumeno), las salmueras contenidas en los salares sudamericanos permiten obtener carbonato de litio (Li_2CO_3) con el grado de pureza que demanda la industria de baterías eléctricas y bajo costos productivos y ambientales mucho menores a los asociados con los métodos mineros convencionales. Este oligopolio del litio, mayoritariamente norteamericano, representó en 2012 el 85% de la producción mundial obtenida a partir de salmueras (casi 90.000 toneladas de CLE)¹. Tanto los proyectos ubicados en Chile a cargo de la SQM (42%) y la SCL-Rockwood (25%), como la explotación argentina de la FMC Lithium (18%), fueron desarrollados originalmente con participación de empresas estatales y luego privatizados durante las décadas de 1980 y 1990.

A pesar de esta extensa trayectoria, las reservas de litio sudamericanas no protagonizaron aún ningún debate político ni académico de verdadero alcance continental. En el comienzo del nuevo milenio, sin embargo, el fuerte impulso dado a la demanda de litio por la naciente industria de vehículos eléctricos, renovó el interés de las inversiones mineras en los yacimientos aún sin explotar, reviviendo a su vez el viejo dilema del desarrollo dependiente:

¿Debe la región limitarse una vez más al papel de proveedora de bienes naturales estratégicos para la gran industria transnacional? ¿O, por el contrario, debería impulsar un proceso de industrialización orientado principalmente hacia el desarrollo de tecnologías de almacenamiento energético?

¹ COCHILCO (diciembre de 2013). La unidad de medida utilizada es carbonato de litio equivalente (CLE), según la cual 1 tn de litio metálico equivale a 5,32 tn de CLE. En cuanto al 15% restante de la producción mundial, el 12% corresponde a China y el 3% a los Estados Unidos, cuya producción de Silver Peak (Nevada), es controlada por Rockwood, poseedora de la explotación de SCL en Chile, además del 49% de Talison, principal productora de minerales de litio del mundo (Australia). En enero de 2015, por otra parte, Rockwood fue absorbida por la también norteamericana Albemarle, líder mundial en productos químicos.

Originalmente enmarcado en la sustitución de importaciones y la Guerra Fría, el tradicional dilema del desarrollo puede hoy reformularse en torno al caso específico del litio, aunque en el actual contexto de globalización y crisis climática, se ve agravada su contradicción interna y aparentemente insalvable. Desde mediados del siglo XX, las múltiples teorías sociales que buscan medir, analizar, fomentar o cuestionar las causas y consecuencias del *desarrollo económico*, comparten un mismo presupuesto teórico: en todo tiempo y lugar, las necesidades de la prosperidad material (eficiencia, acumulación, productividad), tarde o temprano, entran en contradicción con la satisfacción de los objetivos socialmente virtuosos (participación, distribución, cuidado ambiental) y viceversa. Dicha contradicción, inherente a todo dilema del desarrollo, pareciera haber encontrado en la mega minería relocalizada en América Latina durante la década de 1990, una de sus expresiones más dramáticas.

Por ello, en 1999, las principales empresas mineras del mundo encargaron al Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (en inglés, IIED), el proyecto “Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable” (en inglés, MMSD), para adaptar las estrategias empresariales a los postulados de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992 (II Conferencia de la ONU sobre Medioambiente y Desarrollo). El proyecto se propuso así identificar las distintas dificultades del sector en torno al acceso a los recursos, la producción, el consumo, los mercados y la estructura interna de la gran industria minera. Organizado en cuatro equipos regionales (Sur de África, América del Sur, Australia y América del Norte), produjo en 2002 un informe final denominado “Abriendo Brechas”, que junto a los respectivos informes regionales, estableció los temas prioritarios que necesariamente debía enfrentar el sector. En términos generales, el informe reconoce la necesidad de impulsar un “cambio cultural” para revertir la tradicional “desconfianza” por parte de las “personas con las que [el sector] trata a diario”, a partir de una serie de dispositivos de intervención sobre la sociedad civil (comunidades, pueblos indígenas, productores locales). Según esta visión, los estados nacionales y provinciales deben garantizar la infraestructura y la *seguridad jurídica* necesarias para la explotación y comercialización de los recursos mineros, de manera tal que el *desarrollo* de los nuevos proyectos extractivos pueda *sostenerse* a lo largo del tiempo. Para ello, sin embargo, era necesario invertir los términos de la relación: según

el informe, la *sustentabilidad* no es más un límite ambiental a la producción minera, sino que ésta es ahora una condición económica para el *desarrollo* de la región. En palabras del informe MMSD para América del Sur: “Este proyecto no se pregunta por la sustentabilidad de la industria [minera], sino por cómo la industria puede contribuir al desarrollo sustentable de regiones y países mineros” (MMSD América del Sur, 2002)².

En los hechos, este intento por transfigurar la contradicción inherente a todo dilema del desarrollo, no hizo más que condicionar y limitar los debates del presente en torno al extractivismo dependiente de América Latina. El nivel de abstracción o, mejor dicho, de generalidad en el que las diversas organizaciones sociales y políticas se ven obligadas a discutir sobre los beneficios y perjuicios de una mega minería instalada a la sombra de las reformas neoliberales, impide la participación activa del amplio público que se niega a tener que optar por uno de los términos del dilema. En otras palabras, para el sentido común de las mayorías latinoamericanas, tanto el desarrollo económico como el cuidado ambiental parecen igualmente razonables y necesarios.

La necesidad de superación de este punto ciego del dilema (sintetizado por la filosofía política clásica como la oposición entre *necesidad* y *virtud*) es la que otorga el verdadero y novedoso carácter *estratégico* a las enormes reservas de litio contenido en los salares andinos sudamericanos. Existen dos razones: a) en oposición a la *mega minería metalífera*, la extracción y el tratamiento de las salmueras líquidas de los salares no produce el nivel de impacto ambiental asociado a la voladura de montañas, el manejo de grandes cantidades de efluentes tóxicos y la implantación de diques de cola. Aun el extraordinario consumo de agua dulce utilizado para la obtención del carbonato de litio, no supone ni los volúmenes³ ni los peligros

² El Proyecto MMSD para América del Sur fue dirigido por la Iniciativa de Investigación sobre Políticas Mineras (IIPM) del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC) del gobierno de Canadá, sede Montevideo. <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/26837/25/117618.pdf>.

³ En la provincia argentina de Catamarca, mientras la FMC Lithium, cuarta productora mundial de litio, declara un consumo promedio cercano a los 80 l/s de agua dulce, el consumo de Bajo de la Alumbrera para la producción de cobre y oro a cielo abierto asciende a un promedio de 1000 l/s.

del drenaje ácido relacionados con las operaciones a *cielo abierto*; b) la eventual industrialización de las reservas de litio, no sólo tendría los impactos socio-económicos de toda industria intensiva en ciencia y tecnología, sino que además —y sobre todo— podría destinarse a la emergencia de un nuevo esquema energético ambientalmente sustentable. De esta manera, la reformulación del clásico dilema del desarrollo en torno al caso de las reservas de litio en salmueras, da lugar a una necesaria profundización de los debates sobre la soberanía de los bienes naturales comunes y la superación de la dependencia extractivista en América Latina: *¿Es deseable iniciar un proceso de industrialización del litio en los países de la región? ¿Es posible? ¿Bajo qué condiciones sociales y económicas, políticas y geopolíticas, tecnológicas y ambientales?*

En noviembre de 2013, el Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socio ambiental (PIIdISA) de la Universidad Nacional de Quilmes (PIIdISA) junto con el Centro Cultural de la Cooperación “Floreal Gorini”, realizaron el primer seminario “ABC del Litio Sudamericano: ¿nuevo commodity o recurso estratégico?” Académicos, profesionales y actores sociales de numerosas disciplinas, instituciones y nacionalidades, analizaron las dimensiones implícitas en la cadena productiva del litio en general y particularmente en los modelos de explotación vigentes en Argentina, Bolivia y Chile. Tanto la profundidad de las exposiciones como la complejidad de los interrogantes allí planteados, gestaron la publicación del presente libro, que reúne las principales exposiciones del seminario e incorpora nuevos aportes de expertos en el tema, interesados en el debate acerca de la explotación del litio (sus formas y consecuencias). Una polémica central, demandada por los urgentes problemas ambientales de largo alcance, asociados al modo de producción y a la matriz energética dominantes.

Inspirado en la necesidad de un enfoque multidisciplinario, el presente libro se organiza en dos grandes secciones. La primera, aborda los aspectos temáticos relacionados con la cadena productiva del litio sudamericano (soberanía, energía, tecnología, industria, ambiente y filosofía política), mientras que la segunda, se centra en el análisis de los modelos productivos vigentes en Argentina, Bolivia y Chile.

La primera sección comienza con el análisis de la Dra. Mónica Bruckmann⁴, quien parte de la “Estrategia de gestión soberana de los recursos naturales para el desarrollo integral de América Latina” (UNASUR, 2012), y advierte sobre la dependencia de los Estados Unidos respecto de la provisión de minerales estratégicos, en general, y del litio, en particular. El desafío, sostiene, consiste en pensar las transformaciones sociales en relación con la apropiación de los recursos naturales, para superar una actividad extractiva irracional. A continuación, el Dr. Roberto Kozulj⁵ reflexiona a partir de una sólida documentación, en torno a los efectos de la acelerada urbanización asiática en el actual esquema energético mundial basado en combustibles fósiles. Se trata, según el autor, de establecer las condiciones estructurales que limitarán la penetración de las energías renovables en el mediano y largo plazo. Por su parte, el Dr. Alexis Mercado⁶ aborda la hipótesis de la revolución tecnológica en torno a las baterías de litio y la impulsión eléctrica. Según el autor, los países de América Latina deben considerar el impulso innovador dado por las principales instituciones científicas del mundo para modificar la matriz energética. A pesar de los condicionantes estructurales, el desarrollo de nuevos sectores de producción y servicios, podría desplazar finalmente a los combustibles fósiles tradicionales.

Establecido así el contexto geopolítico, energético y científico-tecnológico que dio lugar a la emergencia del litio como potencial *factor clave* de un nuevo paradigma tecno-económico, el Ing. Iván Aranda propone analizar los múltiples aspectos que deberán ser considerados para diseñar una alternativa productiva en los países de América del Sur. A partir de su intervención en el proyecto de industrialización del litio propulsado por el gobierno boliviano mediante una empresa estatal, Aranda enfatiza el concepto de soberanía energética, vinculada en su dimensión material tanto al régimen de propiedad sobre los recursos como a las capacidades científico-tecnológicas para transformarlos en los dispositivos de almacenamiento requeridos por las energías reno-

⁴ Profesora perteneciente al Departamento de Ciencia Política de la Universidad Federal de Río de Janeiro y ex asesora de la Secretaría General de UNASUR.

⁵ Economista especializado en temas energéticos y actual vicerrector de la Universidad Nacional de Río Negro (Sede Andina).

⁶ Investigador perteneciente al Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES) de la Universidad Central de Venezuela.

vables. Respecto de los impactos socio-ambientales de los principales proyectos de litio de la región, el Mg. Axel Anlauf⁷ analiza críticamente las consecuencias relacionadas con los procesos de extracción, a partir de las dinámicas hidrológicas y los niveles de extracción de salmueras, por un lado, y la dinámica de los conflictos asociados y las percepciones locales, por otro. Finalmente, el Dr. Nathaniel Freiburger⁸ indaga desde la Filosofía política las modalidades existenciales del objeto litio (“formas, prácticas, materialidades y significados”). La heterogeneidad de las visiones sobre lo que el litio *significa*, no sólo deriva en desacuerdos y conflictos, sino que también determina el modo particular de su existencia, transformándolo en un objeto constitutivo de *lo político*.

En la segunda sección, dedicada a las particularidades nacionales, la diversidad de enfoques disciplinarios, lejos de ser fortuita o neutral, respondió a los rasgos sectoriales más destacables de cada país. Coherente con ello, las exposiciones sobre los modelos productivos vigentes en Argentina, Bolivia y Chile, son acompañadas por breves documentos elaborados por profesionales referentes de las instituciones que protagonizan los debates públicos de mayor trascendencia en torno al litio.

En primer lugar, el caso argentino, de acelerada concesión directa de todos sus yacimientos como resultado de un extenso proceso de provincialización y transformación del recurso en un *commodity minero*, es abordado por el sociólogo Federico Nacif, integrante del Programa PII-dISA de la Universidad Nacional de Quilmes. A pesar de que Argentina se encuentra entre los principales exportadores mundiales de litio desde 1998, existe un generalizado desconocimiento sobre la importancia del recurso y las reservas nacionales. Recién en 2011 comenzó a ser levemente revertido por la emergencia de una serie de proyectos, convenios y eventos de Ciencia, Tecnología e Innovación. En este sentido, se incorpora como insumo para el análisis del caso nacional, un documento elaborado por el economista Lizardo González, director del Centro de Estudios en Comercio Internacional de la Universidad Nacional de Jujuy e integrante de la Comisión Asesora del Rectorado sobre Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico relativos al Litio.

⁷ Sociólogo alemán (Universidad de Leipzig).

⁸ PHd en Sociología por la Universidad de California (EEUU) con el tema: “Lithium: Object, Concept, Event” Sociólogo perteneciente a la Universidad de Kansas (EEUU).

Por su parte, el análisis del proyecto de industrialización del litio impulsado por el gobierno boliviano desde 2008, es desarrollado por el Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, Ing. Luis Alberto Echa-zú. Esta estrategia, que forma parte del proyecto nacional más amplio enmarcado en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, fue posible gracias a la participación de actores locales que, durante la década de 1990, impulsaron la anulación de las concesiones a las empresas transnacionales. La creación de una gerencia específica dentro de la histórica Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), se expresa hoy en un elevado nivel de seguimiento crítico por parte de intelectuales y periodistas que fiscalizan el proyecto productivo en el marco de los debates sobre la política general del gobierno nacional. Como expresión de esta abierta polémica nacional y en respuesta directa a diversos cuestionamientos por presunta contaminación ambiental, los ingenieros Juan Carlos Montenegro y Edwin Limbert Bustillos (per-tenecientes al Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés), elaboraron un documento técnico acerca del reciclado de residuos generados en la obtención de carbonato de litio en la Planta Piloto.

Por último, el caso chileno, de temprano y sostenido desarrollo de profesionales expertos en la industria del litio, fue abordado por los ingenieros Mario Grágeda, Pedro Vargas y Svetlana Ushak del Centro de Investigación Avanzada del Litio y Minerales Industriales de la Uni-versidad de Antofagasta (CELIMIN). Este recorrido por las diversas dimensiones del modelo productivo chileno, incluye una síntesis sobre las conclusiones de la Comisión Nacional del Litio creada en junio de 2014, elaborado por el Ing. Pedro Pavlovic, especialista en proyectos de litio e integrante de la Comisión.

La diversidad de disciplinas, nacionalidades, instituciones, enfo-ques y opiniones que recorren los trabajos presentados en la presente publicación, se enmarca en un objetivo común y una convicción com-partida: la convocatoria al debate público, abierto y franco, sobre un tema tan relevante como poco divulgado, se propone como lugar de encuentro y consolidación de una amplia red académica comprometida con la producción y circulación de conocimiento en torno a los salares de la puna sudamericana. Sólo la transformación democrática de la producción científica y tecnológica posibilitará en nuestro continente la emergencia de una alternativa real al extractivismo dependiente.

**CONTEXTO, CONDICIONES,
POTENCIALIDADES**

EL LITIO Y LA GEOPOLÍTICA DE LA INTEGRACIÓN SUDAMERICANA

*Mónica Bruckmann*¹

Durante los últimos años viene desarrollándose un amplio debate en el ámbito de la Unión de Naciones Suramericanas sobre la necesidad de construir una visión estratégica sobre los recursos naturales que la región posee, como eje para una política de desarrollo integral de la región. Este debate se inicia en la VI Cumbre de Jefas y Jefes de Estado y de Gobierno de UNASUR (Lima, noviembre de 2012) con la aprobación de un documento de lineamientos para elaboración de una estrategia regional de gestión soberana de los recursos naturales y su aprovechamiento para el desarrollo integral de América del Sur, a partir de la propuesta del Secretario General en aquel momento, Alí Rodríguez Araque. En pocos meses, este debate adquiere organicidad y se instaura en los Consejos Ministeriales de la Unión, en los Grupos Técnicos de Trabajo, al interior los gobiernos de cada país y a través de diversos espacios de debate y reflexión colectiva que buscaron convocar a la academia, a la sociedad civil y a los gestores públicos de los doce países. De este modo, se inaugura un amplio y denso debate a partir del cual se esbozaron un conjunto de propuestas y proyectos que se encuentran en pleno desarrollo.

Esta ponencia se propone contribuir a la construcción de una visión estratégica de los recursos naturales en la geopolítica de la in-

¹ Doctora en ciencia política; investigadora de la Cátedra y Red UNESCO sobre Economía Global y Desarrollo Sustentable – REGGEN; profesora del Departamento de Ciencia Política de la Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil.

tegración latinoamericana y suramericana. Incorpora en el análisis los intereses en disputa en el continente y al mismo tiempo, las enormes posibilidades que tiene la región para apropiarse de la gestión económica, científica, política, social de estos recursos desde una perspectiva de preservación de la vida y el medioambiente, orientada hacia el desarrollo de sus pueblos y sus naciones.

Se resumen los ejes centrales de este debate en el ámbito de UNASUR:

Una estrategia sudamericana para la gestión soberana de sus recursos naturales

Los datos muestran que América del Sur posee importantes reservas de recursos naturales considerados estratégicos: minerales fósiles (representa la segunda mayor reserva de petróleo a nivel mundial); minerales no fósiles (posee 96% de las reservas mundiales de litio, 98% de niobio, 44% de cobre, etc.); importantes fuentes de agua dulce (aproximadamente 30% de las reservas mundiales); gran concentración de diversidad biológica, ecosistemas y bosques, así como todas las fuentes primarias de energía. Una estrategia para el aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo pleno de la región significa la apropiación de la gestión económica, científica, social y ambiental de los mismos.

- a. **La gestión económica:** la creciente demanda de la economía mundial en relación a recursos naturales cuyas principales reservas están en América del Sur indica que la región posee condiciones de mejorar enormemente los términos de intercambio y negociación de las materias primas que produce y al mismo tiempo desarrollar políticas de industrialización de las mismas. La región tiene la oportunidad histórica de dejar de ser exportadora de materias primas de bajo, o ningún, valor agregado y avanzar hacia el desarrollo de políticas regionales de industrialización que busquen aprovechar las complementariedades económicas existentes para atender las demandas del mercado interno, de promover el comercio intrarregional y agregar valor a las exportaciones extra regionales. Esto significa desarrollar matrices industriales de gran envergadura que

necesitarán instrumentos capaces de llevarlas a cabo, como el Banco del Sur para garantizar la base financiera; la elaboración de instrumentos de planificación y gestión de estos recursos (dos propuestas importantes se plantearon para atender este objetivo: la creación de un Servicio Geológico Suramericano y la formación de un Instituto de Altos Estudios de UNASUR dedicado al estudio e investigación sobre temas estratégicos para la región); la construcción de infraestructura vial y de comunicaciones adecuada para integrar los centros de extracción, producción, industrialización y consumo; el desarrollo de proyectos energéticos articulados a los proyectos industriales, etc. La gestión económica soberana de los recursos naturales significa priorizar el desarrollo regional, aprovechando las reservas y excedentes financieros para agregar valor a las materias primas que la región produce y atender la expansión del mercado interno sudamericano. Significa también identificar matrices industriales a partir de la posición estratégica que la región tiene en relación a reservas importantes de un conjunto de recursos naturales fundamentales para la economía mundial y sus ciclos de innovación tecnológica.

- b. **La gestión científica:** como consecuencia de lo anterior y como sustento de cualquier política industrial es indispensable que la región avance hacia una política de apropiación de la gestión científica de sus recursos naturales, que significa no solo la capacidad de establecer alianzas estratégicas que permitan transferencia tecnológica sino también desarrollar ciencia, tecnologías e innovación en sectores considerados estratégicos, orientadas al proceso de industrialización, indispensable para transitar hacia nuevas visiones y modelos de desarrollo. Al mismo tiempo, es necesario elaborar instrumentos teórico-metodológicos capaces de estudiar los ciclos de innovación tecnológica de la economía mundial a partir del uso intensivo de recursos naturales, que permitan un análisis prospectivo, instrumento indispensable de planificación y de gestión de estos recursos.
- c. **La gestión social:** gran parte de los conflictos sociales y medioambientales en la región están relacionados a la actividad

extractiva y a la minería. Según datos de la CEPAL², el 35% de los conflictos registrados en América Latina y el Caribe de 2007 a 2012 están relacionados con la minería de oro, 23% con minería de cobre y 15% con la de plata. Esto muestra que resulta indispensable una política regional para disminuir las tensiones sociales generadas por una actividad extractiva irracional que, además del impacto devastador al medioambiente, tiene la capacidad de expulsar poblaciones locales de los territorios donde estas viven, que son los mismos territorios que detentan reservas importantes de recursos naturales estratégicos. Estas poblaciones, en su mayoría indígenas y campesinas son, además, privadas de los medios de subsistencia económica. Es necesario crear y perfeccionar mecanismos de consulta a las poblaciones locales en relación a la gestión de los recursos naturales localizados en sus territorios.

- d. **La gestión ambiental:** tiene como objetivo disminuir, al nivel mínimo posible, el impacto ambiental causado por la minería y la actividad extractiva, así como crear mecanismos de compensación y recuperación del impacto ambiental histórico acumulado. Si bien es cierto que toda intervención en la naturaleza produce, inevitablemente, un impacto ambiental, está claro que una gestión adecuada, basada en una visión de preservación del medio ambiente, respeto a las poblaciones locales y en el desarrollo de nuevas tecnologías, permite disminuir considerablemente el impacto medio ambiental y social de la actividad extractiva.

Estos cuatro ejes sintetizan a grandes rasgos la estrategia planteada en la Conferencia de la UNASUR sobre Recursos Naturales y Desarrollo Integral de la Región, realizada en Caracas, en mayo de 2013. Sin duda, esta reunión permitió identificar los elementos centrales de un debate que fue tomando cuerpo y ganando terreno específico en los varios niveles de discusión y decisión de la Unión. Si América del Sur consigue avanzar en la elaboración y materialización de una

² BARCENA, Alicia. 2012. Gobernanza de los recursos naturales en América Latina y El Caribe.

estrategia conjunta para la gestión soberana de sus recursos naturales orientada al pleno desarrollo de sus pueblos sin duda estaremos frente a uno de los hechos históricos más importantes de la región a lo largo de los últimos siglos.

Recursos naturales y desarrollo científico-tecnológico

Una de las características más nítidas de nuestro tiempo es la creciente importancia de los recursos naturales en función de su utilización, a partir de los avances científicos y tecnológicos producto de un conocimiento cada vez más profundo de la materia, la naturaleza y la vida. Al mismo tiempo, estos avances científicos convierten a la naturaleza en un campo de su propia aplicación. La relación entre recursos naturales y desarrollo científico adquiere una articulación cada vez mayor.

La apropiación de la naturaleza no está referida únicamente a la apropiación de materias primas, *commodities*, minerales estratégicos, agua dulce, etc., sino también a la capacidad de producir conocimiento y desarrollo científico y tecnológico a partir de una mayor comprensión de la materia, de la vida, de los ecosistemas y de la bio-genética. Las nuevas ciencias, que han alcanzado enormes avances durante las últimas décadas, son producto de este conocimiento creciente de la naturaleza y del cosmos. Sin embargo, muchas de ellas están aún en sus inicios. Se espera que, durante los próximos años, las investigaciones en marcha produzcan resultados científicos de gran envergadura, capaces, inclusive, de cambiar radicalmente la sociedad humana y su civilización. Estamos frente a la perspectiva no solo de transformaciones profundas de la naturaleza, sino de la inminente creación de nuevas formas de vida en el planeta³.

Este proceso no puede ser entendido, en su dinámica más compleja, fuera de las estructuras de poder económico y político a nivel mundial, regional y local. El desarrollo tecnológico está condicionado y manipulado por estas estructuras de poder, que politizan la naturaleza en función

³ La creación de una nueva bacteria sintética anunciada en mayo de 2010 por el científico Craig Venter, abre una nueva era en la investigación científica sobre genoma y la capacidad de la ciencia de crear artificialmente nuevos micro organismos para los fines más diversos.

de sus objetivos. La enorme acumulación histórica de conocimiento se convierte en un instrumento de dominación extremadamente poderoso.

El sistema mundial basado en la división internacional del trabajo entre las zonas industriales y manufactureras y los países productores de materias primas, minerales estratégicos y productos agrícolas, consolidó el poder hegemónico de los países centrales y su dominio en relación a las zonas periféricas o dependientes y los espacios económicos que ocuparon una posición de semi-periferia. Así, la elaboración industrial de las materias primas que exportaban los países periféricos tendió a ser la menor posible, consolidando y ampliando la dependencia económica, pero también la dependencia científica y tecnológica de estas regiones⁴.

La elevación drástica de la productividad del trabajo producto de la revolución científico-tecnológica, y una creciente capacidad de acumulación de capital (concentración, centralización y estatización) nos instala frente a un problema esencialmente político: la sustentabilidad del planeta frente a la in-sustentabilidad del capitalismo contemporáneo, a sus formas de acumulación y sus límites para superar la anarquía del mercado y para gestionar el desarrollo de las fuerzas productivas a nivel planetario.

La expansión de las multinacionales, transnacionales y empresas globales conducen a desequilibrios crecientes que desarticulan la economía mundial. El mismo capitalismo que es capaz de producir fuerzas colosales de creación e innovación, necesita destruir dramáticamente aquello que produce y la propia base natural en que produce para garantizar el proceso de acumulación. Esta cuestión nos coloca frente a otro dilema, la necesidad de pensar los ciclos de innovación científico-tecnológica y los ciclos económicos en relación al uso, transformación, apropiación y consumo de los recursos naturales. La forma en que esta relación se encamine, representa una cuestión estratégica para la civilización humana planetaria y para las naciones que la conforman. Ciertamente, se trata de una confrontación entre dos modelos de desarrollo, uno basado en la planificación y uso sustentable de los recursos naturales orientado a atender las necesidades de la mayoría de los actores sociales y el otro basado en la explotación y expropiación violenta y militarizada de estos recursos y de las fuerzas sociales y los pueblos que los detentan.

⁴ Ver: SANTOS, Theotonio dos. A politização da natureza e o imperativo tecnológico. GREMIMT, Serie 1, N° 7, 2002, 7 p.

Esta situación nos conduce a una necesaria redefinición de la relación hombre-naturaleza, que se expresa en una nueva visión del mundo y del uso y gestión de sus recursos naturales, al mismo tiempo que recupera una visión humanista que coloca como principal objetivo económico y social el pleno desarrollo del ser humano.

En América Latina este proceso está en marcha, a partir de fuerzas sociales y políticas profundamente comprometidas con la preservación de la naturaleza y el uso de sus recursos en función de los intereses y necesidades de los pueblos, postura que corresponde a una visión civilizatoria de los pueblos originarios del continente. Como ejemplos, podemos citar el movimiento indígena que ha demostrado una gran capacidad de movilización y articulación política, las fuerzas progresistas y de izquierda, los ambientalistas y eco-socialistas empeñados en vincular el desarrollo del socialismo a una nueva visión ecológica y de sustentabilidad.

La cuestión ecológica y soberana sobre los recursos naturales asumen así, un carácter radical y crean condiciones para una reapropiación social de la naturaleza, dentro del contexto de un proceso civilizatorio que aproxima los pueblos originarios de América Latina a los demás pueblos del mundo. Conforman una civilización planetaria que tendrá que fundarse en una política de desarrollo global y sustentado de la humanidad, incorporando el conocimiento de los varios pueblos y regiones para producir un verdadero conocimiento universal. La gestión social, económica y científica de los recursos naturales asume un rol fundamental en el proceso civilizatorio de la humanidad y en la reestructuración del capitalismo mundial, que desarrolla diferentes estrategias desde el centro, desde las potencias emergentes y desde los países productores de materias primas.

La disputa global por recursos naturales de cara a las nuevas ciencias, se desdobra en múltiples dimensiones políticas, económicas y militares. Sin el desarrollo de un pensamiento estratégico que se afirme en el principio de la soberanía y en una visión de futuro de largo plazo, los países latinoamericanos tienen menos condiciones de hacer frente a las enormes presiones generadas por esta situación de disputa, donde está en juego, en última instancia, capacidad de re-organización de proyectos hegemónicos y la emergencia de proyectos contra-hegemónicos. Está claro que este conflicto de intereses tiene como telón de fondo visiones societarias y proyectos civilizatorios en choque.

Pensamiento estratégico de Estados Unidos

La visión estratégica de desarrollo científico de los Estados Unidos para la década en curso, sintetizada en el informe *Facing Tomorrow's Challenges: U. S. Geological Survey Science in the decade 2007-2017*, plantea que la dirección central de la estrategia de ciencia de este país “está basada en la visión de que la complejidad de medición, mapeamiento, comprensión y predicción de la situación y tendencias de los recursos naturales gestionados en los Estados Unidos requieren desarrollar ampliamente un pensamiento y una acción interdisciplinaria, definiendo áreas prioritarias y oportunidades para servir a las necesidades más urgentes de la Nación de cara a los desafíos del siglo XXI”. De esta manera, la estrategia científica se colocada en su exacta dimensión política, orgánicamente articulada a los objetivos estratégicos más generales de este país, orientados a atender sus “necesidades vitales”, como muestra el siguiente trecho del Plan de Ciencia 2017-2017:

“Para responder a la evolución de las prioridades nacionales, el USGS debe reflexionar y perfeccionar periódicamente su orientación estratégica (...) El surgimiento de una economía mundial afecta la demanda de todos los recursos (...) El uso y la competencia por los recursos naturales en escala global y las amenazas naturales a estos recursos, tiene el potencial de impactar la capacidad de la nación para sustentar su economía, la seguridad nacional, la calidad de vida y el ambiente natural” (*Facing Tomorrow Challenges*” U.S. Geological Survey *Sciencien decades 2007-2017* – Prólogo).

Al igual que el documento en su conjunto, el trecho arriba citado muestra que la estrategia científica se articula al objetivo de garantizar el acceso y el dominio de los Estados Unidos sobre los recursos naturales considerados vitales. Esta estrategia científica articulada a la política externa de Estados Unidos, incorpora los ámbitos político, económico y militar con el objetivo de derribar las “amenazas” que pongan en riesgo la “seguridad nacional”. No solo orienta el desarrollo de la ciencia y su permanente innovación, sino que busca producir conocimiento e información para la administración y la gestión del territorio nacional, continental y de ultramar y la política de seguridad nacional de Estados Unidos, estableciendo como uno de los objetivos científicos “asegurar el acceso a suministros apropiados” que, como hemos mostrado en

otros trabajos, se encuentran fundamentalmente fuera del territorio Federal, continental o de ultramar de este país⁵. Veamos:

“Durante la próxima década, el Gobierno Federal, la industria y otros sectores necesitarán una mejor comprensión de la distribución nacional y global, origen, uso y consecuencias del uso de estos recursos para dirigir asuntos relacionados a la seguridad nacional, la gestión de los suministros internos de la nación, la predicción de necesidades futuras así como anticipar y guiar cambios en los patrones en uso, facilitar la creación de nuevas industrias y asegurar el acceso a suministros apropiados” (Ibid, p. 21).

Se trata de un proceso complejo que justifica las estrategias orientadas a garantizar el acceso global a recursos naturales estratégicos y a derribar las amenazas para la obtención de los mismos, como muestra de manera más explícita las Estrategias de Seguridad Nacional de 2006 y 2010. La Estrategia de Seguridad Nacional 2010, aprobada por el gobierno Obama, reconoce que “América (es decir, Estados Unidos), como otras naciones, depende de los mercados extranjeros para vender sus exportaciones y mantener el acceso a las materias primas y recursos escasos”. En el mismo documento, justifica el uso unilateral de la fuerza militar para defender los intereses nacionales. Veamos:

“Estados Unidos debe reservarse el derecho de actuar unilateralmente, si fuera necesario, para defender nuestra nación y nuestros intereses, pero también vamos a tratar de cumplir con las normas que rigen el uso de la fuerza. Al hacerlo, fortalece a aquellos que actúan en consonancia con las normas internacionales, mientras que aísla y debilita a aquellos que no lo hacen (...) Estados Unidos tendrá cuidado al enviar a los hombres y mujeres de nuestras Fuerzas Armadas hacia situaciones de peligro, para asegurar que tengan el liderazgo, capacitación y equipos necesarios para el cumplimiento de su misión” (*U.S. National Security Strategy 2010*, p. 22).

La articulación de los varios documentos que expresan el pensamiento y los intereses estratégicos de Estados Unidos muestran que, para este país, el acceso y el dominio de los recursos naturales a nivel global constituyen una cuestión de interés y de seguridad nacional,

⁵ Ver: BRUCKMANN, Mónica. Recursos naturales y la geopolítica de la integración sudamericana. Disponible en <http://www.rebellion.org/admin/editor2.php?ID=127270>

garantizados por un derecho unilateral para usar la fuerza militar en su consecución. Esta política forma parte de una estrategia multidimensional de dominación, que integra “todas las herramientas del poder estadounidense” para conseguir el fortalecimiento de la capacidad nacional como un todo, como muestra la siguiente cita:

Fortalecimiento de la Capacidad Nacional - un enfoque global de gobierno

“Para tener éxito, debemos actualizar, equilibrar, e integrar todas las herramientas del poder estadounidense y trabajar con nuestros aliados y socios para que hagan lo mismo. Nuestras fuerzas armadas deben mantener su superioridad convencional y, siempre y cuando existan armas nucleares, nuestra capacidad de disuasión nuclear, sin dejar de mejorar su capacidad para derrotar las amenazas asimétricas, **preservar el acceso a los bienes comunes**, y fortalecer los socios (...) debemos integrar nuestro enfoque de la seguridad de la patria con nuestro enfoque más amplio de la seguridad nacional” (*U.S. National Security Strategy 2010*, p. 14).

Esta estrategia global que pone en tensión todas las herramientas de poder estadounidense se sustenta en una política hegemónica que incluye “aliados” y “socios” y que va a orientar la política de seguridad nacional, la estrategia científica, la política comercial, las acciones “humanitarias”, la política de propaganda y, ciertamente, la estrategia militar. Analizar la cuestión militar, *per se*, significa perder de vista la complejidad de intereses geopolíticos que están en juego en cada coyuntura.

Una de las principales amenazas para este proyecto hegemónico en la región es la capacidad creciente de América Latina para recuperar la soberanía sobre sus recursos naturales, minerales estratégicos, petróleo y gas, reservas de agua dulce, bio-diversidad, ecosistemas y florestas. Esta soberanía asume un sentido más profundo cuando se desdobra en soberanía política, económica e inclusive en relación a sus visiones de futuro y modelos de desarrollo, basados en la recuperación de un legado histórico y civilizatorio, como en el caso de los países andinos, donde el movimiento indígena ha desarrollado una alta capacidad de movilización y presión política. Los proyectos de integración regional

en América Latina están marcados, en mayor o menor medida, por un espíritu anti-colonial y por una afirmación de des-colonialidad del poder, de la cultura, de la ciencia, de la tecnología y del saber.

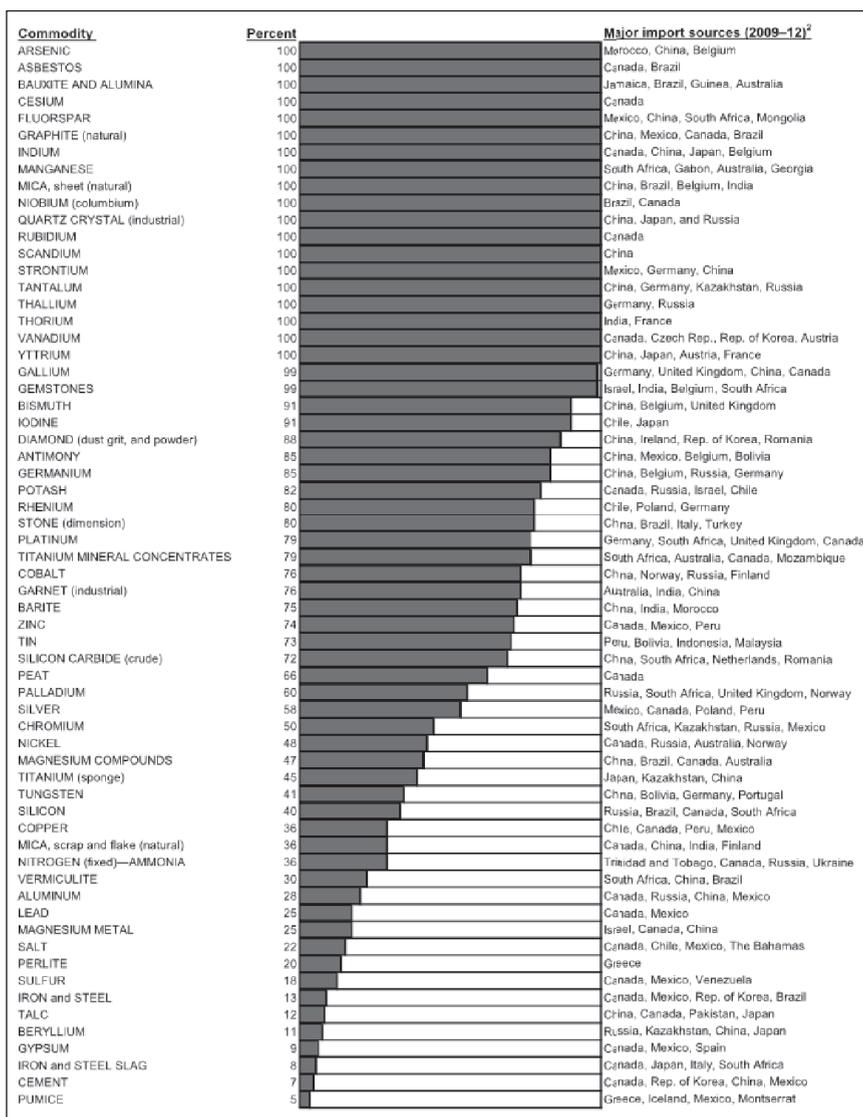
A cada pensamiento hegemónico se le opone un pensamiento contra-hegemónico. Frente al pensamiento estratégico analizado líneas arriba, América Latina necesita también desarrollar un pensamiento estratégico que sea capaz de articular una política científica y tecnológica como base, no para la apropiación de los recursos naturales de otras regiones, sino para defender la soberanía de sus propias riquezas naturales. Tal vez sea éste uno de los principales desafíos de los proyectos de integración regional en curso.

Minerales estratégicos y vulnerabilidad de Estados Unidos

El informe *Mineral Commodity Summaries 2014* (USGS, 2014) muestra que el impacto de los minerales no combustibles en la economía estadounidense equivale US\$ 2,230 mil millones de dólares estadounidenses, es decir, el 14,5% de su Producto Interno Bruto. Esta cifra corresponde apenas al valor agregado al PBI de las principales industrias que consumen minerales procesados. Si calculamos el impacto indirecto de los minerales procesados domésticamente y de las importaciones netas de minerales procesados, seguramente llegaremos a cifras bastante mayores. Sobre todo si tenemos en cuenta la relación entre minerales estratégicos y el desarrollo de industrias de tecnología de punta, como la industria aeroespacial, satelital, producción de nuevos materiales, nanotecnología o energía nuclear.

El gráfico 1, publicado anualmente por esta agencia en el informe *Mineral Commodity Summaries*, sintetiza la visión estratégica del Departamento del Interior de los Estados Unidos en relación a la vulnerabilidad de este país respecto a minerales considerados estratégicos para el “desarrollo de la nación”. Un análisis atento de esta información, que se actualiza cada año, indica que Estados Unidos es un país altamente dependiente de importaciones para el abastecimiento de minerales no combustibles necesarios para su economía. Gran parte de los mismos son importados de China y de América Latina.

Gráfico 1 - EUA: Dependencia de las Importaciones netas de minerales no combustibles seleccionados⁶, 2013



Fuente: Mineral Commodity Summaries 2014.

⁶ Nota de la fuente: No todos los productos minerales tratados en esta publicación se enumeran aquí. Aquellos que no se muestra incluyen productos minerales para los cuales los Estados Unidos es un exportador neto (por ejemplo, molibdeno)

La importación neta (importaciones menos exportaciones) en relación al consumo interno de minerales seleccionados muestra que, en todos los casos, Estados Unidos necesita importar estos recursos para abastecer su consumo. Para mejor análisis, la vulnerabilidad de EUA puede medida en tres niveles: el primero, que llamaremos “vulnerabilidad total”, formado por 21 minerales, un tercio, más importantes que Estados Unidos consume y cuyo abastecimiento depende entre 99% y 100% de importación de otros países; el segundo grupo, “altamente vulnerable”, conformado por 17 minerales que dependen entre 50% y 98% de importaciones; y el tercer grupo, de “vulnerabilidad moderada”, formado por 25 minerales cuyo consumo depende hasta en 49% de importaciones. Veamos el cuadro siguiente:

Cuadro 1 - Vulnerabilidad de Estados Unidos en relación a minerales estratégicos, 2013

Total Vulnerabilidad 99-100%	Alta Vulnerabilidad 50-98%	Vulnerabilidad Moderada hasta 49%
Arsénico; Asbesto; Bauxita y Alumina; Cesio; Fluorita; Grafito, Índio; Manganeso; Mica; Niobio (o Columbio); Cristal de Cuarzo; Escandio; Estroncio; Tantalio; Talio; Torio; Vanadio; Itrio, Galio; Piedras preciosas.	Bismuto; Yodo; Diamante (polvo y arena); Antimonio; Germanio; Potasa; Renio; Piedras dimensionadas; Platino; Concentrados de mineral de Titanio; Cobalto; Granate; Barita; Zinc; Estaño; Carburo de Silicio; Turba; Paladio; Plata; Cromo	Níquel; Compuestos de Magnesio; Titanio (esponja); Tungsteno; Silicio; Cobre; Mica (residuos y escamas); Nitrógeno y Amoniaco; Vermiculita; Aluminio; Plomo; Metal de Magnesio; Sal; Perlita; Azufre; Hierro y Acero; Talco; Berilio; Yeso; Cemento; Piedra pómez;

Fuente: Elaboración propia con base en el gráfico 1

o dependen en menos de 5 % de importaciones (por ejemplo, fosfato de roca). Para algunos productos minerales (por ejemplo, las tierras raras), no existe suficiente información disponible para calcular el porcentaje exacto de la dependencia de las importaciones; para otros (por ejemplo, litio), porcentajes exactos pueden haber sido redondeados para evitar la divulgación de datos de propiedad de la empresa.

América Latina es una de las principales regiones desde donde Estados Unidos importa los minerales estratégicos que necesita. Así, observamos que 7 de los 21 minerales que pertenecen al grupo que hemos denominado de “total vulnerabilidad” son importados principalmente desde Brasil y México. En el caso del segundo grupo, de “alta vulnerabilidad”, de los 17 minerales que pertenecen a esta categoría, 8 registran como principales fuentes de importación México, Perú, Bolivia, Brasil y Chile. Con relación al último grupo, “mediana vulnerabilidad”, podemos observar que 11 de los 25 minerales tienen como principal fuente de importación a Venezuela, Chile, México, Perú, Brasil y Trinidad y Tobago.

Esto muestra que América Latina tiene una amplia capacidad de negociación con Estados Unidos en relación con estos minerales, además de una gran capacidad de formación internacional de precio de los mismos. Ni una, ni otra condición favorable son usadas por los países de la región para mejorar las condiciones de intercambio y de comercialización de estos recursos. Tampoco se da importancia suficiente al enorme potencial que América Latina tiene para avanzar hacia una política de industrialización de los mismos, orientada a agregar valor a sus exportaciones.

América Latina en la geopolítica global

En el tablero de la geopolítica mundial, la disputa global por minerales estratégicos direccionará los movimientos de los grandes consumidores de minerales hacia las principales reservas del planeta. La estrategia de las potencias hegemónicas incluye una acción articulada y compleja para derribar las barreras políticas y económicas que permitan un dominio de largo plazo sobre estos recursos.

Esta dinámica no se reduce al ámbito comercial y, por tanto, al consumo de la producción mundial, sino que se desdobra necesariamente en una política de gestión y de dominio de las reservas mundiales. La mayoría de los contratos de exploración y explotación de recursos minerales que se firman entre las empresas mineras (gran parte de las cuales son de capital norteamericano, europeo y chino) y los países latinoamericanos tienen un marco regulatorio que garantiza a las primeras periodos de operación que van de 20 a 40 años.

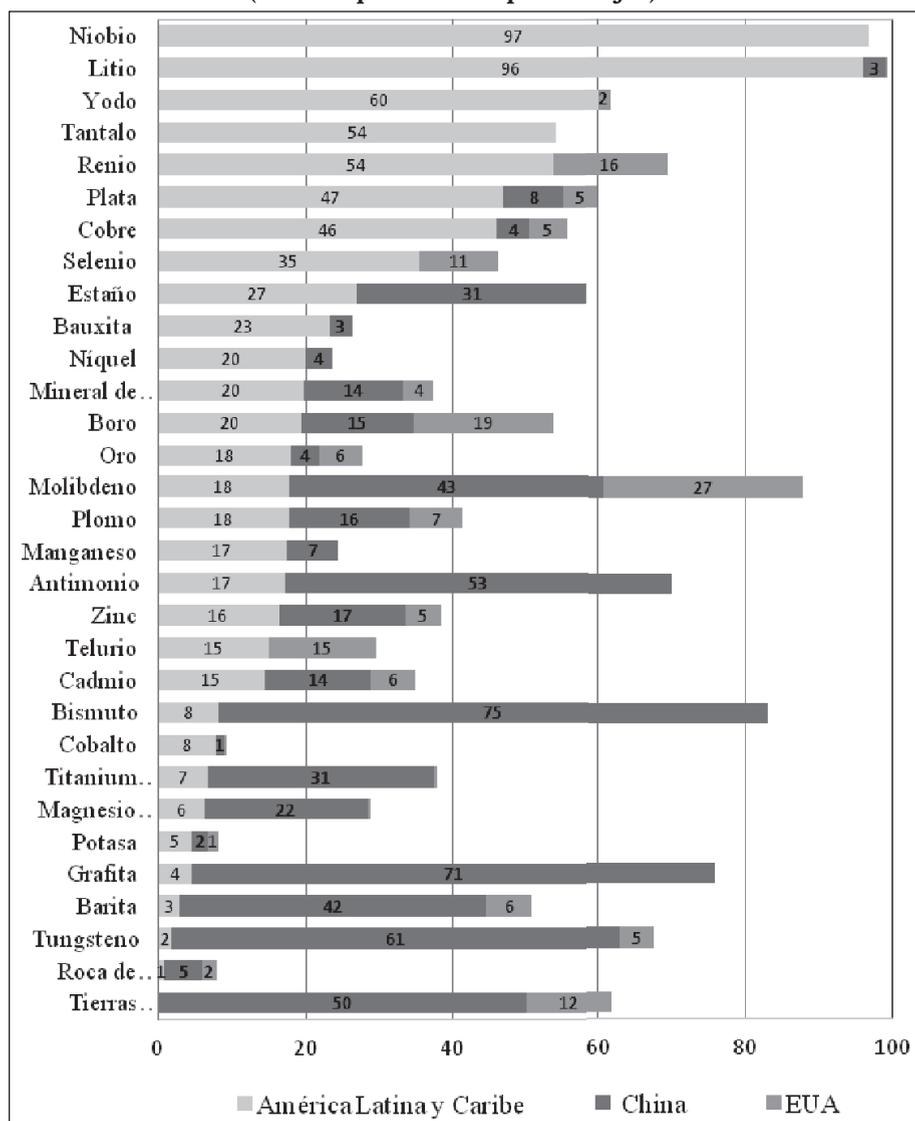
Los descubrimientos de nuevos yacimientos y grandes reservas de minerales estratégicos orientarán el desplazamiento de intereses geopolíticos de un país a otro, o de una región a otra. Un mapa dinámico, que actualice permanentemente el volumen de reservas de minerales en América Latina, se convierte en una herramienta muy útil para prever el desplazamiento de intereses geopolíticos en la región y el surgimiento de nuevos territorios de disputa y de conflicto en el continente.

El gráfico 2 muestra las reservas de minerales seleccionados de América Latina, China y Estados Unidos en relación con las reservas mundiales en 2011. Ciertamente, los intereses estratégicos de las potencias hegemónicas y emergentes en relación a estas materias primas no pueden ser analizados únicamente a partir del consumo y de la producción mundial sino, principalmente, a través de un inventario dinámico de las reservas mundiales. Un análisis más minucioso podría comparar el comportamiento histórico de la producción en relación a las reservas de minerales estratégicos en los países que detentan estos recursos, con el objetivo de construir tasas de drenaje/agotamiento de reservas, políticas de incremento o disminución de la producción dentro de límites establecidos a partir de estrategias nacionales y regionales de uso de estos recursos. Se trata de crear instrumentos analíticos para la toma de decisiones y elaboración de políticas públicas de los países y regiones productoras de materias primas, que permitan una gestión económica más eficiente de sus propios recursos.

Los datos muestran la gran participación de América Latina en las reservas mundiales de minerales. En primer lugar, se encuentra el niobio, mineral usado intensivamente para la producción de acero y, en menor proporción, en la industria aeroespacial. Por lo tanto, es un mineral extremadamente importante no sólo para EUA, sino también para China, que emerge como el gran consumidor de acero del mundo.

En relación al litio, 96% de las reservas mundiales se encuentran en América del Sur (88,5% en Bolivia, 6,7% en Chile, 0,75% en Argentina). Por la importancia estratégica de este mineral, es factible que se ejerza una presión creciente por parte de Estados Unidos sobre la gestión del litio en Bolivia, que está en manos de la empresa estatal Comibol (Corporación Minera de Bolivia).

Gráfico 2 - Reserva de minerales estratégicos de América Latina y Caribe, China y EUA en relación a las reservas mundiales, 2011 (datos expresados en porcentajes)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos del U.S Geological Survey, 2012, Mineral commodity summaries 2010 y Boletín Minero n° 133 del Ministerio de Minería y Metalúrgica de Bolivia.

El renio, mineral en relación al cual Estados Unidos depende en 79% de importación de otros países, sobre todo de Chile, tiene 54% de sus reservas en la región (Chile y Perú). A pesar de que EUA tiene una participación de 16% en las reservas mundiales de este mineral, su producción no abastece la totalidad del consumo interno.

Por el volumen de mineral importado por Estados Unidos y el impacto que tiene en su economía, el cobre es un caso de particular importancia para América Latina: la región tiene 46% de las reservas mundiales (Chile, 27,5%; Perú, 13% y México, 5,5%) y 44% de la producción mundial (Chile 34%; Perú, 8% y México, 2,3%), según datos de 2011. El consumo de cobre de EUA depende en 35% de importaciones netas, de las cuales 61% provienen de América Latina. Lo que quiere decir que la mayor parte del cobre que EUA importa tiene su origen en la región. Por otro lado China, que detenta apenas 4,3% de las reservas mundiales y 7,4% de la producción mundial, según datos de 2011, importaba 7,8⁷ millones de toneladas métricas de cobre, es decir, 48% de la producción mundial en el mismo periodo.

Este panorama indica que América Latina es un espacio vital para el abastecimiento de cobre, tanto para Estados Unidos como para China. Mientras el primero muestra un consumo estable en relación a este mineral a lo largo de los últimos años, China viene incrementando el consumo del mismo en casi 10% al año⁸.

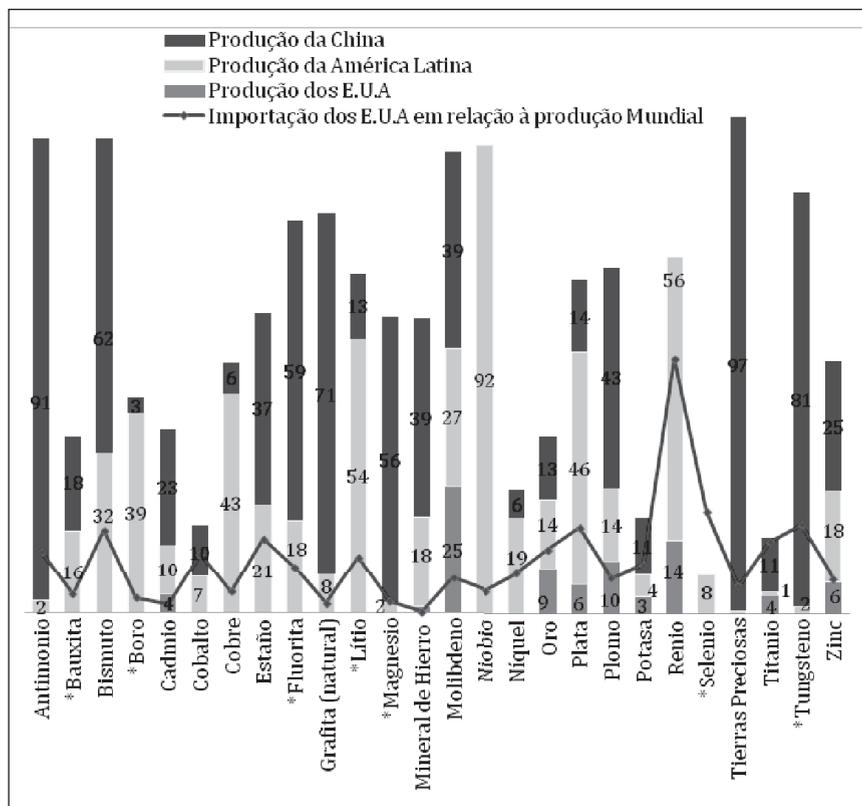
El gráfico 3 muestra la producción de minerales estratégicos seleccionados de Estados Unidos, China y América Latina en relación a la producción mundial, incluyendo las importaciones de Estados Unidos para el periodo 2009⁹.

⁷ *China: 2012 Mineral Yearbook. USGS.*

⁸ *China: 2012 Mineral Yearbook. USGS.*

⁹ El comportamiento de las variables en el año 2009 no registran mayores diferencias en relación al año anterior, como se esperaría como consecuencia de la crisis económica del año 2008.

Gráfico 3 - Producción de minerales estratégicos de E.U.A, China y América Latina en relación a la producción mundial e Importación para consumo de E.U.A, 2009
(Datos expresados en porcentajes en relación a la producción mundial)



* Producción de E.U.A. no se encuentra disponible en la fuente.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del informe *U.S. Geological Survey, 2010, Mineral Commodity Summaries 2010*.

Los datos ofrecen un panorama de los intereses de Estados Unidos medidos a partir de sus importaciones de minerales, cuya producción mundial proviene fundamentalmente de América Latina y de China. La creciente demanda de China por los minerales seleccionados

tiene como consecuencia que ésta tienda a consumir la totalidad de su producción y, aún así, necesite importar estos recursos de otras regiones para disminuir su déficit. Frente a esta situación, Estados Unidos debe orientar cada vez más el abastecimiento de su consumo a importaciones desde América Latina. El comportamiento de la línea de importaciones indica que los casos más vulnerables para Estados Unidos son el bismuto, cobre, estaño, litio, niobio, níquel, oro, plata, renio, titanio y zinc, en relación a los cuales su producción es mucho menor que su demanda.

La importancia estratégica del litio

De particular importancia en el análisis geopolítico de los minerales en el mundo es el litio, fundamentalmente usado en baterías recargables de casi todos los dispositivos electrónicos portátiles que se producen actualmente, como teléfonos celulares, computadoras, cámaras fotográficas y de video, etc.

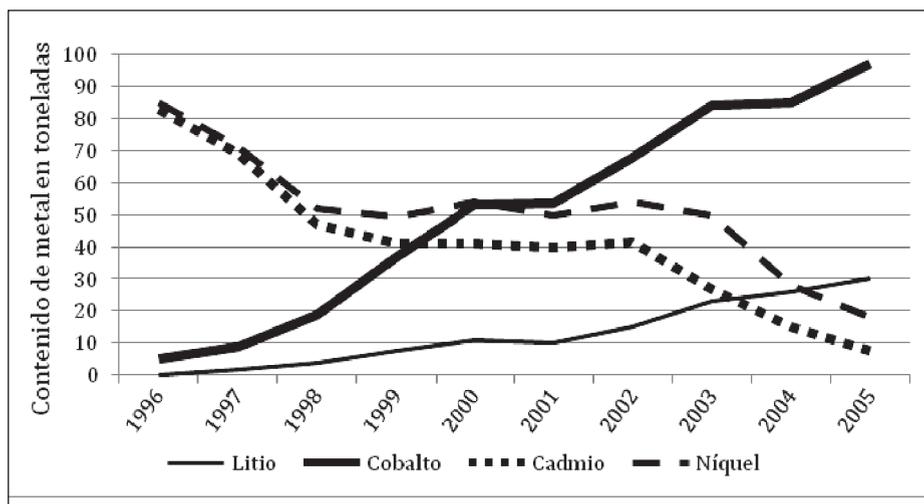
Mientras China tiene liderazgo absoluto en relación a la producción de tierras raras, a partir de lo cual ha desarrollado una política industrial específica, atrayendo la producción de aparatos de televisión y pantallas de computadoras desde Corea hacia su propio territorio, América Latina tiene el liderazgo absoluto en relación al litio. Esta situación coloca la necesidad urgente de elaborar una política regional de industrialización del litio que desplace la producción de baterías recargables de dispositivos electrónicos portátiles, desde el sudeste asiático hacia América del Sur. Ciertamente, urge la creación de un gran centro de investigación científica y tecnológica de este mineral, además de una estrategia de apropiación de innovaciones desde los actuales centros de producción de electrónicos ligados a este mineral. La gestión económica de estos minerales requiere desarrollar equipos de investigación multidisciplinarios, cuyo campo de estudio debe ir desde la investigación geológica para la extracción de este mineral con el menor impacto ambiental posible, hasta la investigación científica orientada a desarrollar tecnología de punta en relación a la producción derivada de estas materias primas. Por la envergadura de este proyecto, solo puede desarrollarse como parte de una política regional.

Según un informe realizado por el USGS sobre el uso de cadmio, cobalto, litio y níquel en baterías recargables (WILBURN, 2008), el contenido de litio en baterías recargables usadas anualmente en productos electrónicos en los Estados Unidos se incrementó drásticamente entre 1996 y 2005. El litio usado en baterías de teléfonos celulares pasó de 1.8t en 1996 a 170t. en el año 2005. Es decir, en 10 años el consumo de litio se multiplicó 94 veces. El consumo de este mineral para la fabricación de baterías recargables de computadoras portátiles se incrementó, en el mismo período, de 3.3 t. a 99 t., es decir, 3,000%. Si se considera que el uso de celulares en Estados Unidos pasó de 340 mil unidades en 1985 a 180 millones de unidades en 2004 y que la importación de computadoras portátiles creció 1,200% de 1996 a 2005, al mismo tiempo que la importación de cámaras digitales creció en 5,600% en el mismo período, se tendrá una idea más clara de la importancia estratégica del litio.

El uso del litio en baterías recargables ha reemplazado antiguos materiales como Nickel-Cadmium (NiCd), Nickel-Metal-Hydride (Ni-MH) por reducir los costos de producción y por representar una tecnología superior en relación al padrón anterior. Además, se ha comprobado que es un material ecológicamente más limpio y menos nocivo para la salud del usuario (investigaciones comprobaron la acción cancerígena del Níquel y Cadmio).

El Gráfico 4 muestra el comportamiento del cadmio, cobalto, litio y níquel en la fabricación de baterías recargables importadas por Estados Unidos entre 1996 y 2005. Mientras que el níquel y el cadmio registran un comportamiento descendente, de más de 80% en 1996 a menos de 10% en 2005, el litio y el cobalto crecen de menos de 5% a casi 100% en el mismo periodo. Como podemos observar, en el año 2000 se produce el punto de inflexión que coloca al cobalto como la materia prima más usada en la fabricación de baterías recargables, y en 2004 la tendencia se consolida cuando el litio pasa a ser más usado que el níquel y el cadmio. El ciclo tecnológico del litio se inicia entonces entre el año 2000 y 2005.

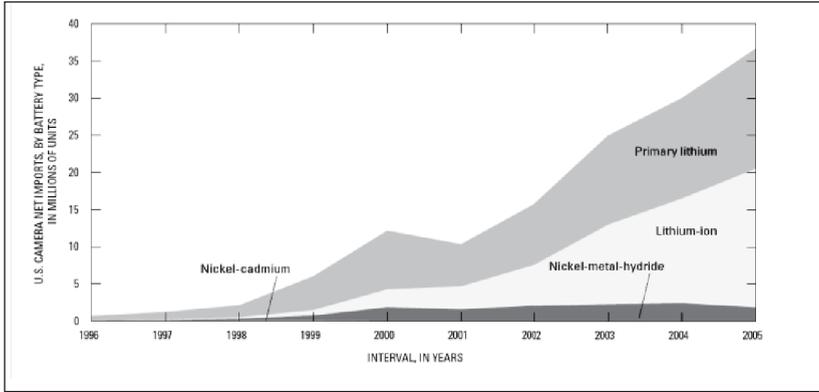
Gráfico 4 - Cantidades estimadas de Cadmio, Cobalto, Litio y Níquel contenidas en baterías recargables de cámaras fotográficas y filmadoras usadas en los EUA de 1996 a 2005



Fuente: Wilburn, D.R., 2008, Material use in the United States – Selected case studies for cadmium, cobalt, lithium and nickel in rechargeable batteries: U.S. Geological Survey Scientific Investigation Report 2008.

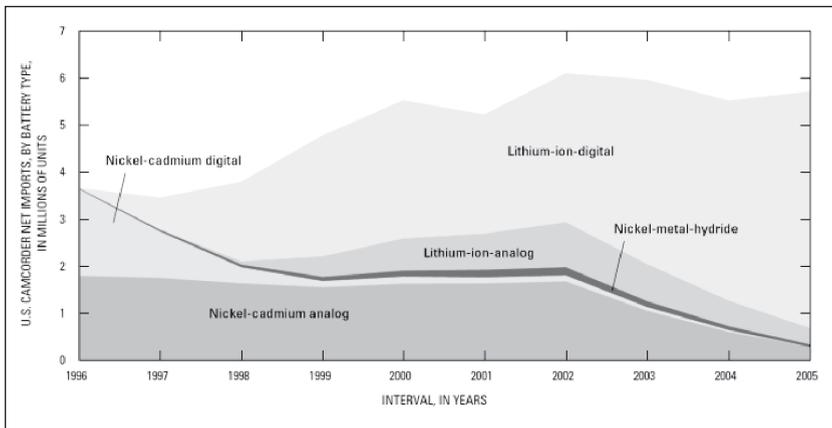
El gráfico 5 muestra la importación neta de cámaras fotográficas por tipo de batería usada, en Estados Unidos. Desde 1999 el uso de baterías compuestas por litio y litio/ion registra un crecimiento sostenido en la fabricación de cámaras fotográficas importadas por Estados Unidos. En 2005, aproximadamente 95% de cámaras fotográficas importadas por EUA usaban baterías de litio. Un comportamiento similar se registra en el caso de cámaras de video importados por Estados Unidos, como podemos observar en el gráfico 6:

Gráfico 5 - E.U.A.: Importación neta de cámaras por tipo de batería (en millones de unidades)



Fuente: Wilburn, D.R., 2008, Material use in the United States – Selectec case studies for cadmium, cobalt, lithium and nickel in rechargeable batteries: U.S. Geological Survey Scientific Investigation Report 2008.

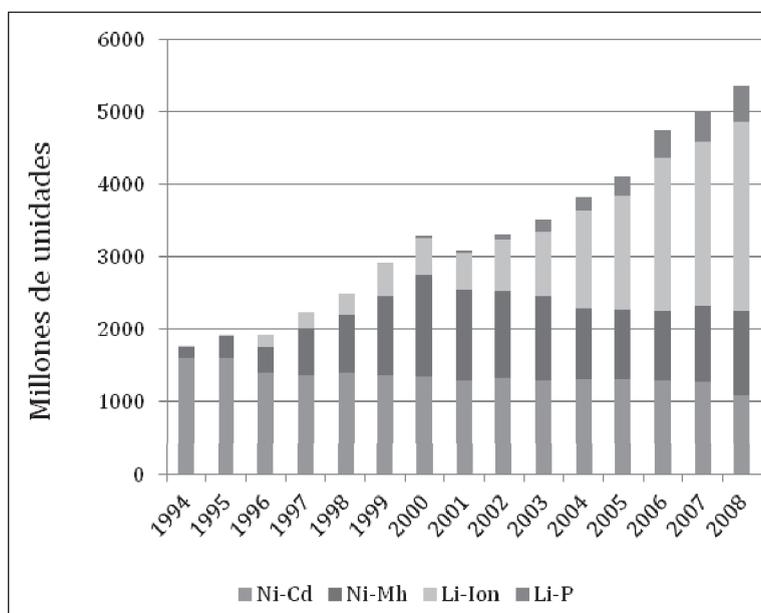
Gráfico 6 - E.U.A.: Importación neta de cámaras de video por tipo de batería (millones de unidades)



Fuente: Wilburn, D.R., 2008, Material use in the United States – Selectec case studies for cadmium, cobalt, lithium and nickel in rechargeable batteries: U.S. Geological Survey Scientific Investigation Report 2008.

La importancia estratégica del litio, consecuencia de su aplicación en la industria de baterías recargables de casi todos los dispositivos electrónicos portátiles consumidos en el mundo, es incontestable. Esta tendencia se comprueba al analizar el gráfico 7, que muestra la evolución del mercado mundial de baterías recargables entre 1994 y 2008. Las baterías producidas a base de litio aparecen en cantidad bastante modesta, menos del 5%, en 1995, y experimentan una participación creciente que llega al 58% aproximadamente, en 2008.

Gráfico 7 - Mercado mundial de baterías recargables 1994-2008
(datos expresados en millones de unidades)



Fuente: The Rechargeable Battery Market 2008-2020, Avicenne, junio 2009.

Sin embargo, tal vez la aplicación más importante del litio, desde el punto de vista estratégico, sea en la producción de una nueva tecnología de baterías recargables para vehículos híbridos eléctricos: *Hybrid Electric Vehicle* (HEV). Este tipo de vehículos combina el motor a com-

bustión interno de un vehículo convencional con batería y un motor eléctrico. Se trata de un automóvil capaz de viajar de 64 km a 350 km (dependiendo del modelo) sólo bajo el impulso de sus baterías de tipo ion-litio. A partir de este límite se activa un motor de combustión a gasolina o gas. Las baterías pueden ser recargadas en aproximadamente 6 minutos a través de cualquier enchufe doméstico de 220 v; el auto puede alcanzar una velocidad máxima de 180 km/hora y una aceleración de 0 a 100 Km/hora en menos de seis segundos. La empresa General Motors, estadounidense, y Toyota y Nissan, japonesas, al igual que las europeas Porsche, Mercedes y Volvo, ya están trabajando en nuevos modelos de vehículos híbridos. En 2007, la Desso francesa firmó un convenio con el gobierno de China para desarrollar un nuevo modelo de su híbrido *Clevanova* (SAGÁRNAGA, 2009). Las principales limitaciones para la masificación de esta nueva tecnología de vehículos son el precio, todavía bastante alto, y el tamaño de las unidades, bastante reducido. Sin embargo, investigaciones en marcha prevén que en pocos años estos inconvenientes serán superados.

Otra de las ventajas de la nueva tecnología de baterías de ion-litio es su alta densidad de energía, que permite una mayor capacidad de almacenamiento de energía por unidad de peso, lo que reduce considerablemente el peso total de estas baterías en relación a aquellas producidas a partir de NiCd o NiMH. En 1992, cuando se introdujeron en el mercado las baterías de litio, éstas tenían una densidad de energía apenas 10% mayor que las baterías de NiMH. En 2005, la densidad de energía promedio de las baterías de litio era 80% mayor que las baterías de NiMH (PILLOT, 2005). El incremento de la densidad de energía de las baterías de litio ha permitido la disminución sostenida del peso total de las mismas y consecuentemente, la disminución del peso de los dispositivos portátiles que las usan. En el caso de los vehículos eléctricos híbridos la alta densidad de energía de las baterías de litio es fundamental. La nueva tecnología de baterías ion-litio, en su forma más avanzada, tiene la mitad de peso que sus antecesoras (baterías de níquel) y almacenan el triple de energía, generando el doble de potencia, lo que ha permitido la construcción de algunos modelos de vehículos con 450 km de autonomía capaces de desarrollar una velocidad de hasta 100 km por hora (FONTANA DOS SANTOS, 2009, p. 17).

Esto nos coloca frente a la posibilidad de un cambio de patrón energético en el transporte, al usar la energía eléctrica, a través de las

baterías de litio, en la fabricación de vehículos de mayor porte. La sustitución de minerales combustibles por energía eléctrica tendría un impacto ambiental muy grande, al reducir significativamente la emisión de gases estufa. Pero seguramente incrementaría también la disputa por el agua como principal recurso hidro-energético.

Según el análisis de los ciclos de minerales, usado en nuestras investigaciones, se estima que el litio inicia su ciclo en el año 2005 (ver datos del gráfico 7) y tendrá un horizonte de uso intensivo hasta los años 2035–2045. Aunque según otras interpretaciones bastante serias (PEREZ, 2002), la duración de los ciclos tecnológicos tiende a reducirse paulatinamente; de cualquier forma, el ciclo del litio nos deja un horizonte temporal de demanda del mercado mundial aún bastante grande.

En este contexto, ¿Cuál es la importancia estratégica del litio para América Latina? La región en su conjunto representa 96% de las reservas mundiales. Los descubrimientos¹⁰ de grandes yacimientos de litio en Bolivia,¹¹ cuyas reservas comprobadas ascienden a, aproximadamente, 100 millones de toneladas, multiplicaron por diez veces las reservas mundiales y Bolivia se convierte en la mayor reserva del mundo. Esto significa que casi todas las reservas de litio del planeta se encuentran en el continente sudamericano.

El gobierno de Bolivia dispuso la construcción de una planta para la producción de litio en el salar de Uyuni. En la primera fase se esperaba producir de 40 a 60 toneladas métricas de cloruro de litio al año, en una segunda fase se buscaba producir hidróxido de litio y en una tercera fase, litio metálico, que es la materia prima para la fabricación de baterías recargables¹². El Estado boliviano asume directamente la gestión de la exploración y producción de este mineral, que incluye investigación científica en cooperación con varias instituciones del mundo. Al ser

¹⁰ Hace algunos meses fue divulgada, a través de la prensa internacional, la noticia de que se habría descubierto en, Afganistán, grandes yacimientos de litio. Sin embargo, hasta el momento no disponemos de fuentes técnicas que informen de manera más exacta la dimensión de las reservas encontradas.

¹¹ Véase: Minería al día. Boletín Minero, n° 133, Año 4, 01 de abril de 2010. Ministerio de Minería y Metalúrgica de Bolivia.

¹² Véase: Minería al día. Boletín Minero, n° 111, Año 3, miércoles 22 de abril de 2009. Ministerio de Minería y Metalúrgica de Bolivia.

declarado por la Constitución como un recurso natural estratégico, el Estado se reserva derechos inalienables sobre este mineral. En 2011 Bolivia firmó un convenio con Venezuela que establece, entre otros acuerdos, la cooperación entre los dos países para la producción de batería de litio¹³, lo que demuestra la preocupación del gobierno boliviano con la aceleración del proceso de gestión económica del litio.

Como muestra el Cuadro 2, el consumo de litio de Estados Unidos depende en casi 50% de importaciones, principalmente de países de América Latina. El Carbonato de Litio, que representa casi el 93% del total de litio importado, proviene de Chile y Argentina. En 2008 hay un incremento de 5.5% del volumen de carbonato de litio importado por EUA en relación al año anterior. Para los años siguientes se espera un incremento sostenido de los volúmenes de importación de este mineral por EUA.

La disputa global por el litio, debido al crecimiento abrupto y sustentado de su demanda como consecuencia de una innovación tecnológica en la producción de baterías recargables, tenderá a crear nuevas tensiones en la región andina de América del Sur. Los intereses en juego son colosales.

Ciertamente, se trata de una confrontación entre dos modelos de desarrollo, uno basado en la planificación y uso sustentable de los recursos naturales orientado a atender las necesidades de la mayoría de los actores sociales y el otro basado en la explotación y expropiación violenta y militarizada de estos recursos y de las fuerzas sociales y los pueblos que los detentan.

¹³ El 31 de marzo de 2011 se firmó un acuerdo entre Venezuela y Bolivia para la promoción de 18 proyectos de interés común, entre los que se establece la elaboración de un “cronograma de trabajo para evaluar la factibilidad de un proyecto de fábrica de pilas y baterías de litio entre el Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias de Venezuela y Bolivia”. Véase:

<http://www.cambio.bo/noticia.php?fecha=2011-04-01&idn=42145>

Cuadro 2 - EUA: Importación de químicos de litio para consumo por componente y país 2001, 2012

	2011		2012	
	Peso Bruto	Valor²	Peso Bruto	Valor²
Compuesto y País	(toneladas métricas)	(miles US\$)	(toneladas métricas)	(miles US\$)
Carbonato de Litio:				
Argentina	6.430	\$24.800	5.620	\$23.900
Chile	7.210	26.400	7.250	29.400
China	801	4.160	299	1.650
Japón	(3)	17	29	80
Otros	15	58	--	3
Total	14.400	55.400	13.200	55.100
Carbonato de Litio, U.S.P.: ³				
India	19	517	34	740
Italia	(3)	4	--	--
Total	19	522	34	740
Hidróxido de Litio:				
Chile	652	7.130	1.450	9.460
China	32	182	115	682
Finlandia	19	88	6	31
Alemania	14	942	(3)	5
Japón	10	109	(3)	3
Noruega	22	38	15	33
Reino Unido	46	374	49	274
Otros	5	36	3	84
Total	800	8.890	1.640	10.600

Fuente: USGS. 2012 Minerals Yearbook: Lithium.

Bibliografía

Fuentes

- Acelerar la ejecución de acuerdos. Cambio: periódico del Estado plurinacional boliviano, abr. 2011. Disponible en: <http://www.cambio.bo/noticia.php?fecha=2011-04-01&idn=42145>.
- Jung-Ah Lee: Samsung, LG gain approval for LCD plants in China. Wall Street Journal, 5 de noviembre de 2010.
- Menzie, David et al. China's Growing Appetite for Minerals: Open-File Report 2004-1374", U.S. Geological Survey.
- Ministerio de Minería y Metalúrgica de Bolivia. Minería al día. Boletín Minero, n° 133, Año 4, 01 de abril de 2010.
- Ministerio de Minería y Metalúrgica de Bolivia. Minería al día. Boletín Minero, n° 111, Año 3, miércoles 22 de abril de 2009.
- Seal Of The President Of The United States. National Security Strategy. Mayo, 2010.
- Seal Of The President Of The United States. National Security Strategy. 2006.
- The Economist. In zone: An electric car really works. En: The Economist, 7 de setiembre de 2010.
- Tribunal Supremo de Justicia. Lei no 39. 511. La Gaceta Oficial, Caracas, 16 sept. 2010.
- U.S. Geological Survey, 2007, Facing tomorrow's challenges—U.S. Geological Survey science in the decade 2007–2017: U.S. Geological Survey Circular 1309, 70p.
- Wilburn, D.R., 2008, Material use in the United States—Selected case studies for cadmium, cobalt, lithium, and nickel in rechargeable batteries: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5141, 19 p.

Referencias bibliográficas

- Bruckmann, Mónica. Civilización y modernidad: El movimiento indígena en América Latina, En: Revista Comunicação & Política, Vol. 28, n° 1, enero-abril 2010.

- Boron, Atilio (Compilador). Nueva hegemonía mundial: Alternativas de cambio y movimientos sociales. Buenos Aires: CLACSO Libros, 2003, 195 p.
- Ceceña, Ana Esther (Coordinadora). Los desafíos de las emancipaciones en un contexto de militarización. CLACSO Libros. Buenos Aires, 2006, 306 p.
- Fontana Dos Santos, Juárez. Relatório Técnico 66: Perfil do chumbo. Secretaria de Geologia, Mineração e transformação mineral-SGM do Ministério de Minas e Energia-MME, Brasil, Setiembre de 2009.
- Herrera, Amílcar O. A nova onda tecnológica e os países em desenvolvimento, problemas e opções. En: Revista Política e Administração (FESP), vol. 1, nº3, outubro-dezembro de 1985, Rio de Janeiro, p. 373-387.
- Kondratiev, Nikolai D. Los grandes ciclos de la vida económica. The Review of Economics Statistics, vol XVII nº 6, noviembre 1935.
- Pérez, Carlota. Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza. México: Siglo XXI, 2004, 269 p.
- Pillot, Christophe. Main trends for the rechargeable battery market worldwide 2004–2010. París, Avicenne Développement, Batteries 2005, junio 14–16, Presentación, 26 p.
- Sagárnaga, R. Se viene la “Guerra del litio?”. El Deber, Oct. 2007. Disponible en: <http://www.eldeber.com.bo/extra/2007-10-28/nota.php?id=071024185421>.
- SANTOS, Theotonio dos. A politização da natureza e o imperativo tecnológico. GREMIMT, Serie 1, Nº 7, 2002, 7 p.
- Saxe-Fernández, John. Terror e imperio. La hegemonía política y económica de Estados Unidos. México: DEBATE: 2006, 303 p.
- Schumpeter, Joseph. Socialismo, capitalismo y democracia (traducido por Ruy Jungmann). Río de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961, 488 p.

MARCO ECONÓMICO Y ENERGÉTICO GLOBAL: SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

*Roberto Kozulj*¹

Introducción.

En el presente capítulo se aborda un tema de vital importancia para comprender algunas de las razones por las cuales se puede o no considerar al litio como recurso estratégico. En tal sentido el abordaje es indirecto: se trata de entender el nexo existente entre el devenir de este recurso y los impactos que ha tenido y tendrá la reconfiguración espacial del comercio, la producción y el consumo a escala global en su directa vinculación con la demanda de energía, las fuentes renovables y distintos aspectos del medioambiente. El trabajo tiene como objetivo aportar algunos elementos teóricos y conceptuales entre los vínculos existentes entre urbanización y desarrollo. La urbanización es un motor del crecimiento económico con sus particularidades en torno a la mutación de las “variables embebidas” que componen el PBI, indicador de crecimiento económico. A su vez, la demanda de energía en sus distintas formas de ser producida y consumida, se deriva y forma parte de dicho crecimiento.

En tanto la innovación tecnológica sigue siendo liderada por los países desarrollados, comprender la dinámica de la reciente reconfiguración de la producción, el comercio y el consumo a escala global ayuda a situar a las fuentes renovables en su contexto como industria

¹ Roberto Kozulj —Vicerrector de la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro— Profesor Titular Adscripto a Fundación Bariloche.,.

innovadora y como aspecto crucial de los ejes seguridad de suministro y medioambiente. Estas han caracterizado las prioridades definidas para el sector energético por parte de un gran número de organismos internacionales en particular desde 2003 en adelante.

La descripción de dicho proceso de interrelaciones es central para comprender los factores explicativos de la demanda de vehículos de transporte. Su tratamiento brinda un marco de referencia más preciso para abordar la cuestión del litio en su dimensión de insumo para la producción de energía.

1. Rasgos estilizados del crecimiento económico durante las dos últimas décadas

El ingreso de China a la Organización Mundial del Comercio (OMC) se produjo en el año 2001, cuando los países que representaban más del 80% del Producto Bruto Mundial ya habían ingresado a dicha organización a través de los diversos Tratados de Libre Comercio (TCL). Si bien China venía preparándose desde poco antes de 1990 para este “Gran Salto” —a través de las reformas que implicaron un impresionante proceso de migraciones del campo a la ciudad—, este proceso cobró nuevas dimensiones a partir de la conversión de China en la denominada “Fábrica del Mundo”, lo que se produce con mayor fuerza desde 2003. Al respecto, conviene señalar que en 2012 las exportaciones de China superaban ya en un 32% a los de los Estados Unidos, mientras que, según la UNCTAD (Unctadstat, 2014) en 2001 las exportaciones de China eran sólo 36% de las de los Estados Unidos de América. Sin duda, representó un fuerte impacto sobre el conjunto del proceso de industrialización global.

Hasta el año 1985, el porcentaje total de población urbana de ese país sólo había alcanzado el 24% sobre un guarismo del 12% en 1950. En cambio, en 2013 la urbanización en China sobrepasaba el 50%, con una proporción de casi 49% en ciudades de más de 750 mil habitantes (World Urbanization Prospects, Naciones Unidas, 2011). Es decir, casi una cuarta parte de su población habitando en ciudades grandes y en unas cuantas megalópolis.

Este proceso de urbanización —aunque impulsado primero por políticas de atracción de la inversión extranjera y luego acentuado

por las exportaciones al resto del mundo tras la entrada de China a la OMC—, ha sido en realidad el principal motor de la economía china y también un gran impulsor de la demanda industrial de los países desarrollados y de materias primas en buena parte del resto del mundo. Aunque los reclamos por incrementar el consumo interno en dicho país se han producido desde 2008 en adelante (especialmente desde los Estados Unidos con miras a favorecer su propia industria), lo cierto es que la inversión en infraestructura de todo tipo asociada al proceso constructivo de ciudades y su conectividad han sido los más importantes motores de su creciente PBI con múltiples impactos multiplicadores sobre otras actividades. De hecho, el máximo del incremental de nuevos habitantes urbanos se produjo entre 1995 y 2000, etapa previa al papel de gran exportador desempeñado por China.

Paralelamente, notables desarrollos urbanos se han dado en otros países asiáticos. Por ejemplo, la India. La región asiática ha dado cuenta de más del 46% del incremento de población urbana mundial en las últimas dos décadas. Esto significa que Asia introdujo alrededor de 594 millones de nuevos habitantes urbanos, sobre un total de 1277 millones. Esta última cifra ha representado, a su vez, el 80% del incremento demográfico total a escala mundial. Aunque el ingreso de China a la OMC potenció el comercio mundial y con los países desarrollados, también lo hizo dentro del propio continente asiático y con el resto del mundo.

Cabe decir, en este contexto explicativo y descriptivo, que la correlación entre incremento de población en grandes ciudades y el incremento posterior del PBI es un hecho remarcable ya analizado por el autor desde una óptica que no había sido considerada previamente en la literatura sobre urbanización y crecimiento (Kozulj, R. 1997; 2001)². Esta mirada enfatiza la antelación del incremento de población en ciudades como factor que explica parte del crecimiento económico subsiguiente, pero también como causa de crisis de sobrecapacidad estructural que afecta a un gran conjunto de industrias y servicios.

² Kozulj, R. (1997) *Analizando el motor del crecimiento económico pasado en función del desarrollo sustentable*, en Globalización y políticas de desarrollo territorial, Alberto C. Barbeito, comp. [et al.]; Kozulj, R. (2001), *People, Cities, Growth and Technological Change: from the golden age to globalization*, en Technological Forecasting and Social Change, 70 (2003) 199-230, Elsevier Science, NL.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de nuevos ejercicios que correlacionan incremento de población urbana parcialmente desfasado respecto del crecimiento del PBI y que arrojan mejores resultados que otro tipo de correlaciones similares. Puede citarse, las de porcentaje de urbanización y nivel del PBI por habitante utilizados por organismos como el Banco Mundial (2009)³. Según ello, la correlación explicaría solo alrededor de 47% de los casos contra 70% en el caso expuesto basado en estimaciones propias del autor para ambos tipos de correlación.

Cuadro 1- Correlación entre incremento de población urbana 1980-2000 y crecimiento posterior del PBI 1990-2010: datos de panel para 148 países clasificados en países desarrollados y en vías de desarrollo

Dependent Variable: LOG_INCPBI9010				
Method: Least Squares				
Date: 02/10/14 Time: 17:29				
Sample: 1 148				
Included observations: 148				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_DELTAUR-POP80_00	0.637406	0.052158	12.22063	0.0000
PVD	-0.954843	0.108390	-8.809305	0.0000
C	20.20370	0.205067	98.52247	0.0000
R-squared	0.703327	Mean dependent var		21.41685
Adjusted R-squared	0.699235	S.D. dependent var		0.984484
S.E. of regression	0.539911	Akaike info criterion		1.625237
Sum squared resid	42.26807	Schwarz criterion		1.685992
Log likelihood	-117.2676	Hannan-Quinn criter.		1.649922
F-statistic	171.8769	Durbin-Watson stat		1.268139
Prob(F-statistic)	0.000000			

Nota explicativa: 1- **LOG_INCPBI9010** es el logaritmo natural del incremento en valor absoluto del PBI en valores constantes ocurrido entre 1990 y 2010 en cada país; 2-**LOG_DELTAURPOP80_00** es el logaritmo natural del incremento en valor absoluto de la población urbana de cada país y 3-**PVD** una variable binaria con valor 1 para distinguir países desarrollados y resto de los

³ Spence, M., Clark Annez, P. y Bucley, R.M. editores, 2009, Urbanization and Growth, Commission on Growth and Development, BIRF, FM, Washington DC, 2009.

países que aplica a estos últimos. El modelo queda especificado como: $\log_in_cpbi9010 = @coef(1) * \log_deltaurpop80_00 + @coef(2) * pvd + @coef(3) @$
 $coef(1) = 0.6374060; @coef(2) = -0.9548426; @coef(3) = 20.203698.$

Fuente: estimación propia a partir de datos de: a) Maddison Historical GDP Data, www.worlddeconomics.com; b) The Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania; c) UNCTAD –UnctadStat y Naciones Unidas, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. Salida software 8.E-Views.

Estas interrelaciones entre inversiones y procesos de urbanización impactan sin duda sobre el comportamiento y las características de las economías en distintas fases del proceso de urbanización. Resulta relevante remarcar su importancia para la comprensión de múltiples aspectos: crecimiento, ciclos económicos, inversión, obsolescencia acelerada, empleo, distribución del ingreso, acceso a la energía y desafíos futuros (Kozulj, R. 2011^{a4}; 2011b⁵; 2005⁶). El tema cobró renovado interés desde 2005 a la fecha aunque con un enfoque distinto y basado en las controversias en torno a formulaciones como las del modelo Harris-Todaro (1970) o de otros temas vinculados a urbanización y crecimiento (Helsey, W.R.; Strange, W.C., 1990; Duranton, G.; Puga, D., 2003; Tolley, G. S. y Thomas, V. 1987; Ciccone, A.; Hall, R. A., 1987)⁷, contenidas en parte en el citado trabajo reciente del Banco Mundial (Spence, M y Buckley, R.M., 2009).

⁴ Kozulj, R. (2011a), *A Critical View of Innovation in the Context of Poverty, Unemployment and Slow Economic Growth*, PP.228-258, Pub. Date: 2011-07-29., en *Modern Economy*, Volume 02, Number 03 (July 2011), ISSN Print: 2152-7245 ISSN Online: 2152-7261 Website: <http://www.scrip.org/journal/me>

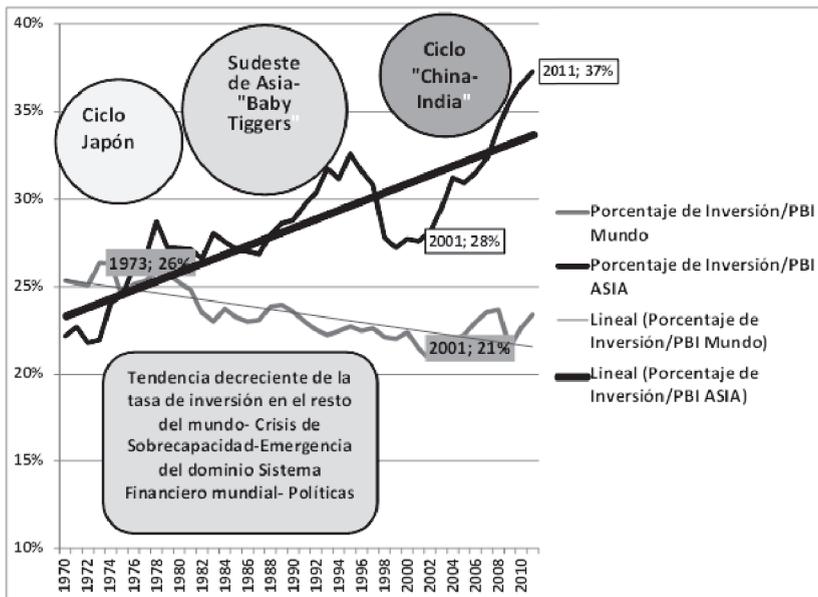
⁵ Kozulj, R. (2011b), *Development, Poverty and Energy, in the 21st Century*, en *Modern Economy* ISSN Print: 2152-7245 ISSN Online: 2152-7261, Volume 02, Number 04, PP.483-497, Pub. Date: 2011-09-21, (September 2011) Website: <http://www.scrip.org/journal/me>

⁶ Kozulj, R. (2005), “¿Choque de Civilizaciones o Crisis de la Civilización global? Problemática, Desafíos y Escenarios”, Ed. Miño y Dávila, colección Filosofía y Política, Buenos Aires y Madrid. 1ª edición 2005.

⁷ Helsey, W.R.; Strange, W.C. (1990), *Matching and agglomeration economies in a system of cities*, *Regional Science and Urban Economics*, Volume 20, Issue 2, September 1990, Pages 189–212, Elsevier; Duranton, G. y Puga, D. (2003) *Micro-foundations for Urban Agglomeration Economies*, NBER Working Paper No. 9931, August 2003, JEL No.

Como correlato en la figura 1, se puede observar cómo la tasa de inversión ha sido creciente en los países asiáticos al tiempo que disminuía en los países desarrollados. Estos procesos se pueden explicar a partir de las fases constructivas de los movimientos de urbanización y modernización en las economías en desarrollo para el caso de Asia y, por efecto de la saturación de urbanización y mercados, en el mundo desarrollado (Kozulj, R. 2001; 2005).

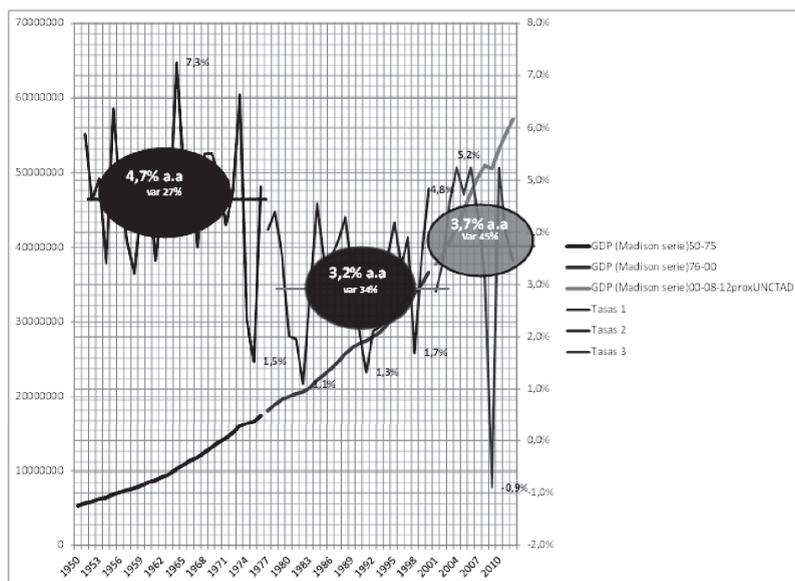
Figura 1-Tasa de inversión en Asia y Mundial- Inversión Bruta Fija/ PBI 1970-2011



Fuente: elaboración del autor con datos de Naciones Unidas, UNCTAD, UnctadStat (2014).

R12, R13, R32; Henderson, J.V. (2003), Marshall's scale economies, *Journal of Urban Economics* 53 (2003) 1-28; Ciccone, A. ; Hall, R. A., (1987), Productivity and Density of Economic Activity, NBER, Working Paper 4313, Cambridge, Massachusetts, 1993; Tolley, G. S. y Thomas, V., *The economics of urbanization and urban policies in developing countries -1987*, George S. Tolley and Vinod Thomas, editors, <http://www.rojastatbank.info/econurb87toc.htm>

Figura 2. Evolución de Producto Bruto Mundial (PBM), de los incrementales anuales del PBM y de las tasas de crecimiento promedio global según tres grandes períodos desde 1950 a 2012



Fuente: elaboración del autor con datos de Maddison Historical GDP Data, www.worldeconomics.com. The Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania y UNCTAD – UnctadStat.

Nota: valores expresados en “GK\$”, abreviatura de “Geary–Khamis dólar”, unidad monetaria ficticia con un valor equivalente al valor adquisitivo que el dólar estadounidense tenía a una fecha determinada. En este caso específico, dólares de 1990. La comparación de esta serie larga con los datos publicados por UNCTAD para 1970–2008 se comporta de modo similar aunque no idéntico. Para actualizar la serie larga, se han utilizado los incrementos de PBI a precios constantes de 2005 de UNCTADSTAT.

Las consecuencias de esta extensión territorial del moderno estilo de vida urbano y sus pautas de producción y consumo han dado lugar a una extensa nueva clase media mundial que coexiste con niveles de pobreza rural tradicional y con pobreza y marginalidad urbana. Al mismo tiempo, dicha expansión territorial explica la dinamización del

crecimiento económico durante la última década y las interrelaciones entre urbanización y crecimiento global no sólo en términos de crecimiento, sino de crisis fraccionada en parte por la desaceleración del crecimiento urbano en China (figuras 2, 3 y 4).

Este crecimiento ha implicado transferir al conjunto de los países llamados en vías de desarrollo (por oposición a los denominados países desarrollados) el grueso de la expansión productiva, sea primaria o industrial. Esta pauta de crecimiento ha permitido a los países desarrollados reactivar su aparato industrial interno al menos hasta 2008.

En el cuadro 2, se muestra con datos de UNCTAD que, cuando se analiza la composición y origen del incremento del PBI entre 2003 y 2011, se obtiene que los países definidos como distintos del grupo de las economías desarrolladas han contribuido con el 90% del incremento del Valor Agregado agropecuario, el 69% del producto industrial, el 46% del Valor agregado del sector de servicios, totalizando un aporte al crecimiento mundial del 56%. Mientras, los países desarrollados contribuyeron con el 44% del mismo, aunque compuesto en gran medida por los servicios (lo que representa el 76% de su propio incremento en el producto).

Cuadro 2. Origen sectorial y regional del incremento del Producto Mundial entre 2003 y 2011

Sector/Región	Contribución de cada sector y región al incremento del Producto Mundial en el período 2003-2011		Incrementos de cada sector por Región en %	
Agricultura PD	1%		10%	
Industria PD	10%		31%	
Servicios PD	33%		54%	
Agricultura Resto Mundo		5%		90%
Industria Resto Mundo		23%		69%
Servicios Resto Mundo		28%		46%
Total PD	44%		44%	
Total Resto del Mundo		56%		56%

Fuente: elaboración del autor con datos de UNCTAD.

Nota: PD, países desarrollados según nomenclador de UNCTAD.

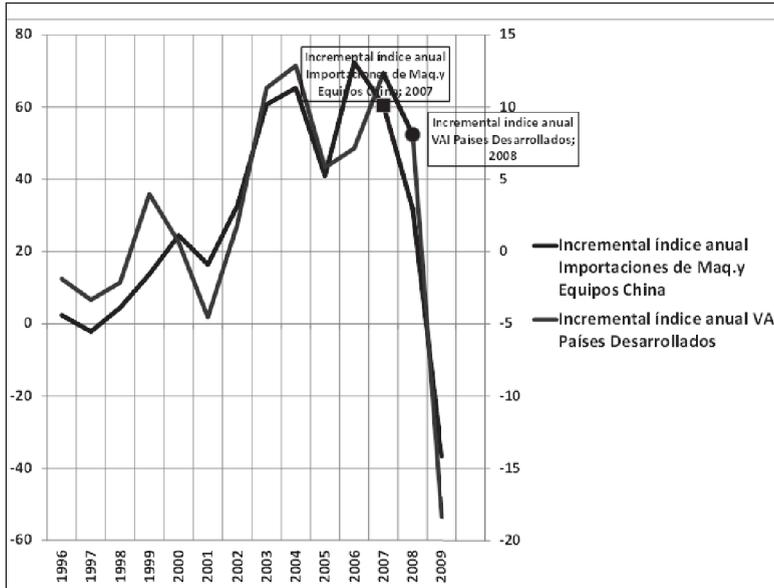
Esta pauta de crecimiento diferenciada implica que buena parte de la recuperación industrial de los países desarrollados, tuvo como contexto la provisión de bienes de capital y tecnología vinculados con el crecimiento de las economías en desarrollo. La crisis “financiera” de 2008-2009 afectó a ambos lados del mundo, aunque en la recuperación posterior, el resto del mundo continuó creciendo sobre la base de distintos factores explicativos. Mientras, la recuperación del VAI en el mundo desarrollado muestra que los niveles de 2012 no son muy distintos a los de 1985, aún expresados en dólares corrientes. Es decir que, el VAI de los países desarrollados se ha estancado por casi tres décadas a pesar de la innovación tecnológica y los grandes procesos de transformación de la industria. Como ejemplo, según Duranton y Puga (2001)⁸, quien cita a Dumais et al. (1997)⁹, tres cuartas partes de las plantas industriales de los Estados Unidos existentes en 1972 habían cerrado en el año 1992 y más de la mitad de los trabajadores industriales en 1992 trabajaban en plantas inexistentes en 1972.

Si se observa y compara el comportamiento del incremento de las importaciones de China de Maquinarias y Material de Transporte entre 1995 y 2009 con el comportamiento del índice del Valor Agregado Industrial de los países desarrollados (Figura 3), se observa otro hecho. Este hace a la desaceleración del producto industrial en los países desarrollados en 2007-2008, factor que es posible de ser explicado en base a las hipótesis del autor (Kozulj, R. 2001; 2005), respecto al impacto que tiene sobre la industria de bienes de capital la desaceleración del incremental de población urbana, en tanto es uno de los motores del crecimiento. La hipótesis sostiene que la urbanización requiere de actividades distintas —y de distinto dinamismo— en sus fases de construcción del estilo de vida urbano y de consolidación del mismo. Ello permite que un conjunto de actividades específicas se reflejen como variables embebidas dentro del PBI afectando su comportamiento general. Desde este punto de vista, la crisis financiera es anticipada por signos de desaceleración de la economía real, afectada a su vez por una caída en la demanda de bienes de capital desde el resto del mundo, pero especialmente de China.

⁸ Duranton, G y Puga, D. (2001), *Nursery Cities: Urban diversity, process innovation and the life-cycle products*, CEPR Discussion Paper 2376.

⁹ Dumais, G., Ellison, G. y Glaeser, E. L. (1997), *Geographic concentration as a dynamic process*, NBER, Working Paper 6270, <http://www.nber.org/>

Figura3 - Variaciones anuales del índice de importaciones de maquinaria y material de transporte por parte de China y variaciones anuales del índice de Valor Agregado Industrial

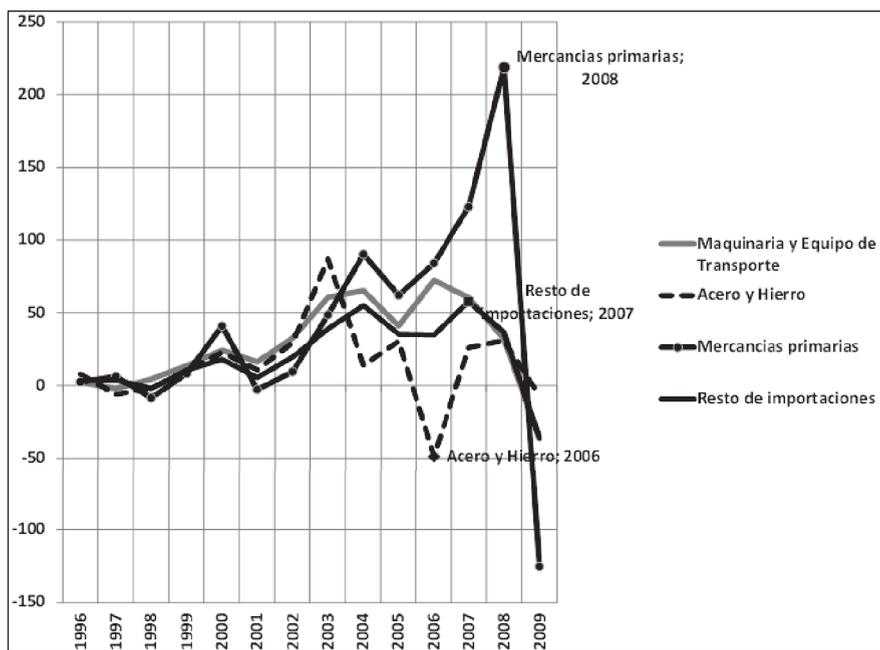


Fuente: elaboración del autor con datos de UNCTAD.

Según un análisis de misma índole, durante el año 2009, la caída de las importaciones de China de mercancías primarias fue, por el contrario, efecto de la crisis “financiera” de los países desarrollados que a su vez impacta sobre la demanda de los productos exportables de este mismo país. A diferencia de las importaciones de bienes de capital y otras mercancías manufacturadas (con origen en los países desarrollados), las de las mercancías primarias (provistas en su mayor medida por el resto del mundo, América Latina incluida) venían evidenciando incrementales crecientes hasta 2008 (y se han recuperado entre 2010 y 2013). En particular, la demanda de acero comenzó a declinar tras el pico de incremento de población urbana registrado en China en 2000. En otras palabras, previo a su ingreso en la OMC, lo que sólo se explica a juicio de este autor por el mencionado vínculo entre urbanización, sus propias fases y el arrastre que generan hacia la

demanda de distintos tipos de productos y actividades en cada una de ellas (Kozulj, R., 2001; 2005; 2011a).

Figura 4- Variaciones anuales del índice de importaciones de China al resto del mundo según tipo de productos



Fuente: elaboración del autor con datos de UNCTAD.

Al enfatizar estas interrelaciones dinámicas se pretende, como ya dicho, brindar un marco de referencia global. Se trata de comprender el comportamiento de la demanda de materias primas distintamente afectadas por la dinámica de la economía mundial según se trate de la que se halla más vinculada a los consumos urbanos “cotidianos” (productos energéticos como los combustibles, alimentos, indumentaria, transporte) o a ciclos de vida de productos más prolongados (viviendas, infraestructura de todo tipo y parte de la maquinaria y equipo asociadas a estas actividades). Mientras que la demanda de minerales como cobre y acero puede verse afectada por una disminución del incremento de

personas que migran hacia las ciudades, la demanda de materias primas energéticas y alimenticias crecerá a medida que continúe adicionándose personas al estilo de vida urbano. Esto representa una buena noticia para muchos países de América Latina, aunque posiblemente no se repita un escenario mundial como el de 2003 a 2007/2008 en el cual todos los países de América del Sur experimentaron una gran bonanza (CAF, 2012)¹⁰. No obstante, de no existir eventos disruptivos catastróficos, los nuevos picos de urbanización a escala global se sitúan hacia 2015-2020, lo que augura posibilidades de crecimiento económico global hasta 2025-2030, siempre y cuando, factores de posicionamiento geopolítico no lo obstruyan.

Los detalles del contexto vienen al caso en marco explicativo de este capítulo por dos motivos. El primero y más inmediato porque el comportamiento de la demanda mundial de energía, de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de otros impactos sobre el medioambiente, no dependen sólo de una mayor eficiencia en el uso —o de la instalación de una mayor proporción de fuentes renovables, lo que se vincula con tecnologías de producción y de consumo de energía—, sino también con los usos, los que a su vez son función directa del cambio de composición sectorial y espacial de la demanda. Esta última cambia drásticamente con nuevos procesos de urbanización, modernización e industrialización y con la citada reconfiguración espacial de la producción y el consumo. Por otra parte, los usos se vinculan con tecnologías específicas de consumo energético y ello determina, en gran medida, la demanda de las distintas fuentes de energía no siempre sustituibles. Es decir, marca en este estadio del desarrollo tecnológico, los límites de “renovabilidad” de la matriz energética global y explica cómo se ha comportado esta demanda en la última década dando cuenta de los factores que explican los cambios de consumo energético por regiones. El segundo —y no siempre bien visualizado aspecto— se refiere precisamente al liderazgo que ejercen los países desarrollados en la innovación tecnológica y en su capacidad de promover el uso de fuentes renovables y nuevas tecnologías de consumo de energía. Esto tanto porque el estancamiento

¹⁰ Una explicación detallada respecto a este contexto puede ser hallada en Kozulj, R. Coordinador de proyecto (2012), www.caf.com/_custom/static/agenda.../caf_agenda_energiat1_marco.pdf

industrial vinculado a la saturación de mercados obliga a procesos de “destrucción creativa” e “innovación tecnológica”, como porque ellos se hallan destinados a mejorar las condiciones de seguridad de abastecimiento de sus propias sociedades. El estancamiento de la actividad industrial en los países desarrollados no implica en modo alguno que estos países no continúen liderando intensivamente nuevos desarrollos tecnológicos que impactarán en modos de uso y producción de energía, entre otras cosas.

Por ello, para comprender el papel de un recurso como el litio es necesario ahondar también sobre cómo impactan los estilos de vida sobre el consumo de energía. La idea es precisamente establecer el papel del litio en el contexto de las soluciones tecnológicas que hacen al paradigma de las “renovables” como parte del desarrollo sustentable.

2. Estilos de vida y consumo de energía: acerca de los límites actuales de las fuentes renovables determinada por las formas de utilización de la energía

Para comprender correctamente la importancia de la energía y su vínculo con las tendencias del crecimiento económico descrito, se debe considerar que el mismo se ha caracterizado por procesos interactivos complejos entre desarrollos tecnológicos, industrialización, urbanización, estilos de vida y las propias posibilidades de reproducción de la especie humana una vez instalado a escala planetaria dicho estilo de desarrollo sociocultural. Esto hace al concepto de “irreversibilidad potencial” de los sistemas económicos o de la propia historia material, en ausencia de eventos disruptivos de gran magnitud. Del mismo modo, este segmento está destinado a facilitar la comprensión del espacio que en la matriz energética pueden ocupar las fuentes renovables habida cuenta de las tecnologías de uso más que de las de producción de energía. Un primer paso consiste en presentar de manera muy esquemática los grandes procesos de transformación socio-productiva que caracterizaron el modo de vida actual y lo que es posible entrever como panorama al año 2050 sobre la base de lo que se divulga frecuentemente sobre las componentes de la denominada sexta ola de Kondriateff.

Cuadro 3- Principales hitos en el desarrollo tecnológico en vinculación con los requerimientos de fuentes de energía

Año	1800	1900	1950	2000	2050
Proxy al PIB mundial	711	1657	2114	6073	???
Millones de habitantes en zonas urbanas	20-???	250	745,5	2858,6	6500-???
Población total (millones)	1000	1650	2530	6122	9300-???
Ciclos de Kondratieff	2ª ola de Kondratieff	3ª ola de Kondratieff	4ª ola de Kondratieff	5ª ola de Kondratieff	6ª ola de Kondratieff
Período	1830-1880	1880-1930	1930-1970	1970-2010	2010-2050
Principales tecnologías impulsoras de actividades	Ferrocarriles, Acero	Electrificación, Químicos	Automóvil, Aviación Comercial, Petroquímica, Electrodomésticos	Tecnología de la Información, comunicaciones- Aeroespacial- Biotecnología	Fuentes Energéticas Nuevas-Robótica- Biotecnología- Aeroespacial- Automóvil eléctrico- Vehículos telecomandados- Cuidados de la Salud- Geociencias, Otras innovaciones
Fuentes primarias de Energía y otras	Carbón	Carbón	Petróleo, Gas, Carbón, Hidro	Petróleo, Gas, Nuclear, Grandes Hidroeléctricas	Petróleo, Gas, Nuclear, Grandes Hidroeléctricas- Eólica, Solar, Baterías de Litio, Fotosíntesis Artificial, otras

Fuente: elaboración propia del autor.

Como se ha afirmado, una posibilidad de captar dicha complejidad es comprender los usos de la energía en los distintos sectores de consumo en los que se clasifica la información acerca de la demanda energética. Ello permite vincular, no sólo cada uso a tecnologías-artefactos específicos, sino también a las distintas fuentes de energía que se requieren y cuyas posibilidades de sustitución no son independientes del progreso tecnológico y de las tecnologías ya establecidas. Por otra parte, esta sectorización ayuda a comprender los vínculos entre actividades y componentes del crecimiento económico y desarrollo humano, pero también el contexto para la demanda de recursos como, por ejemplo, el litio.

Así, para el sector residencial, sea rural o urbano, los usos que satisfacen necesidades humanas son cocción de alimentos, calentamiento de agua, iluminación de ambientes, su acondicionamiento según

temperaturas, la posibilidad de conservar alimentos refrigerados o de disponer de artefactos como lavadoras, radios, televisión, computadoras y muchos otros electrodomésticos y artefactos electrónicos.

Buena parte de estos usos se repiten también en sectores comerciales y de servicios aunque en distinta escala. Por ejemplo, en hoteles, restaurantes, comercios mayoristas y minoristas, empresas de servicios, hospitales, escuelas, oficinas públicas, clubes y otros centros comunitarios.

Vale mencionar que los usos en el sector industrial varían según ramas de actividad, pero pueden clasificarse genéricamente como calor de proceso (producción de vapor, hornos, fraguas, etc.) y en fuerza motriz, lo que implica poner en marcha y hacer funcionar maquinarias y equipos de distinta naturaleza. En el caso de la Industria Petroquímica, además de estas implementaciones, algunos productos requieren como insumos básicos recursos como el petróleo, el gas natural o el carbón (ej. etileno, polietileno, plásticos). En ciertos casos, la energía puede formar una importante parte de los costos (ej. aluminio y acero, o bien cemento, cerámicas y vidrio). En otros, una parte menor (ej. alimentos), o aún insignificante, (ej. electrónica). Sin embargo, ninguna funciona sin alguna o varias fuentes de energía para satisfacer estos usos propios de cada función técnica de producción. Pero además —se subraya— no en todos los procesos pueden utilizarse todas las fuentes, al menos no de modo competitivo aunque las tecnologías lo permitiesen (Kozulj, R. 2011c)¹¹.

En el caso de sector transporte, cualquiera sea su modalidad, la energía es necesaria para hacer funcionar motores en vehículos, trenes y barcos o turbinas en los vehículos aéreos. La mayor parte del parque existente y del proyectado seguirá requiriendo combustibles líquidos. El automóvil eléctrico seguramente ocupará una parte importante del parque incremental futuro, pero se estima no más de entre 30% y 42% de aquí a fines de esta década (BCG, 2009)¹². Por último, en el sector agropecuario los usos dependen del grado de incorporación de

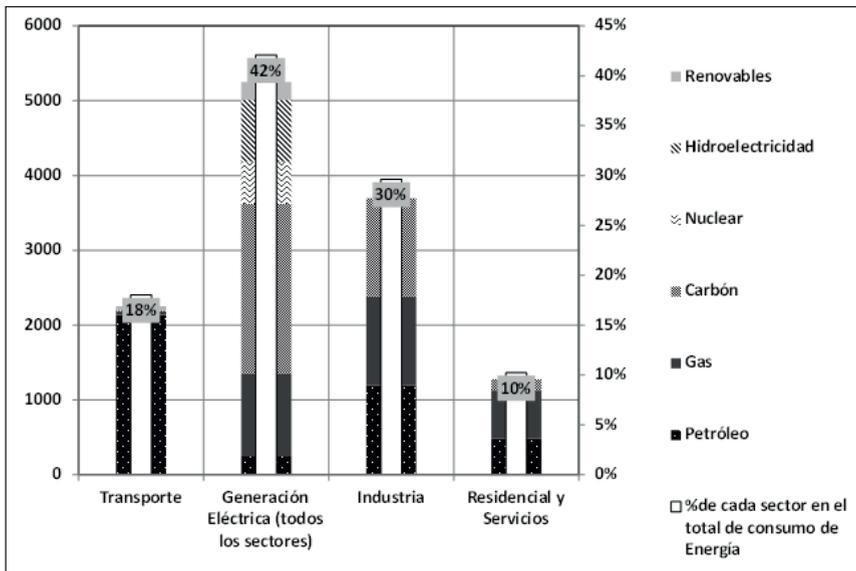
¹¹ Kozulj, R. (2011c), *La energía en el Siglo XX*, Capítulo V, Veintiuno: Ensayos sobre lo que nos dejó el siglo XX, compilador: Juan Quintar, Prólogo de Aldo Ferrer, Editorial de la Universidad Nacional del Comahue EDUCO, 308 p., Neuquén, 2011.

¹² BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). *The comeback of the electric car? How real, how soon, and what must happen next*. Boston, 2009.

tecnología a los procesos y su importancia variará entre explotaciones intensivas y extensivas, modernas o pre-modernas. Generalmente, el uso de tractores, cosechadoras, etc. depende de derivados de petróleo como el gasoil o de su mezcla con biocombustibles.

La resultante global de la demanda según usos y fuentes actual se ilustra de modo aproximado en la figura 5. El sector de transporte representó en 2012 cerca del 18% del total del consumo energético mundial, mientras que la generación de electricidad lo hizo en un 42%¹³; la industria, en un 30% y los sectores residencial y de servicios, el 10% restante. Esta imagen es sin duda muy distinta según regiones y más aún si consideramos el consumo por habitante (cuadro 4).

Figura 5- Consumo total de energía a escala global en 2012 por sectores y fuentes



Fuente: estimaciones propias con datos de BP Energy Outlook 2035, Reino Unido, 2014.

¹³ Esta cifra y proporción incluye el consumo de energía eléctrica por parte de todos los demás sectores de demanda como industria, transporte, residencial y servicios.

Cuadro 4 - Consumo total de energía a escala global en 2012 por sectores, regiones y según habitantes

	Consumo total de Energía (en Millones de TEP)				
Regiones	Trans- porte	Generación Eléctrica (todos los sectores)	Indus- tria	Residencial y Servicios	Total
América del Norte y Europa	1178	2405	1364	707	5654
Resto del Mundo	1074	2846	2333	570	6823
Consumo total de Energía (en porcentajes)					
América del Norte y Europa (%)	52%	46%	37%	55%	45%
Resto del Mundo (%)	48%	54%	63%	45%	55%
Consumo de Energía por Habitante (TEP/Hab.)					
América del Norte y Europa	1080	2206	1251	648	5186
Resto del Mundo	180	478	392	96	1145
Relación PD/PVD	6,0	4,6	3,2	6,8	4,5

Fuente: estimaciones propias con datos de BP Energy Outlook 2035, Reino Unido, 2014.

Las imágenes y datos presentados permiten comprender que el principal ámbito de las fuentes renovables se centraría en la posibilidad de sustituir los insumos representados por combustibles fósiles utilizados para producir electricidad, por otras fuentes como la hidráulica, nuclear, eólica, solar, etc. y por la posibilidad de modificar el tipo de consumo en el transporte. En este último caso, las posibilidades se centran en: a) biocombustibles (sean de primera generación como aceites y alcoholes o de generaciones más avanzadas como los biocombustibles lignocelulósicos); b) la difusión del automóvil eléctrico y, por último, c) medios de transporte alternativos al automóvil. Ello, desde el punto de vista econó-

mico y sociocultural, podría llevar muchos años. Opciones como la de producción de energía por medio de fotosíntesis artificial pueden aportar tal vez sorpresas aunque se desconozca la fecha de implementación¹⁴. En general, las proyecciones de consumo por uso y fuente suponen una transición progresiva entre fuentes. En primera instancia, se debe registrar qué ha ocurrido con la demanda de energía en la reconfiguración reciente del sistema económico global y además, examinar los escenarios corrientes para horizontes como al año 2035, por ejemplo.

3. Los cambios observados en el patrón de consumo de energía tras la reconfiguración del sistema productivo y las proyecciones futuras

La reconfiguración espacial de la producción y del consumo a escala global descrita en el punto anterior ha tenido importantes impactos sobre la demanda de energía entre 2000 y 2010, incrementando usos calóricos en la industria y expandiendo la demanda de energía eléctrica y para usos de transporte de modo muy diferenciado por regiones y países *pari passu* con los procesos y características de la urbanización mencionada en el punto 1.

Así, China ha dado cuenta del 50% del incremento en el consumo registrado de energía neta, de los cuales 21% han sido petróleo (15.5%) y gas natural (5.5%), 70% carbón mineral y el 9% restante compuesto principalmente por hidroelectricidad (8%) y nuclear más otras fuentes nuevas como la eólica (1%). Esta pauta de consumo ha sido consecuencia del traslado de las industrias a ese país, pero también de la urbanización y cambios en el modo de vida. Por su parte, India dio cuenta del 10% del incremento de la demanda, América Latina, de un 7% al igual que Europa del Este, Medio Oriente, de un 11%, resto de Asia Pacífico otro tanto y el resto del mundo alrededor del 5%. Por el contrario, los Estados Unidos y Japón redujeron su demanda en un 0,5% cada uno.

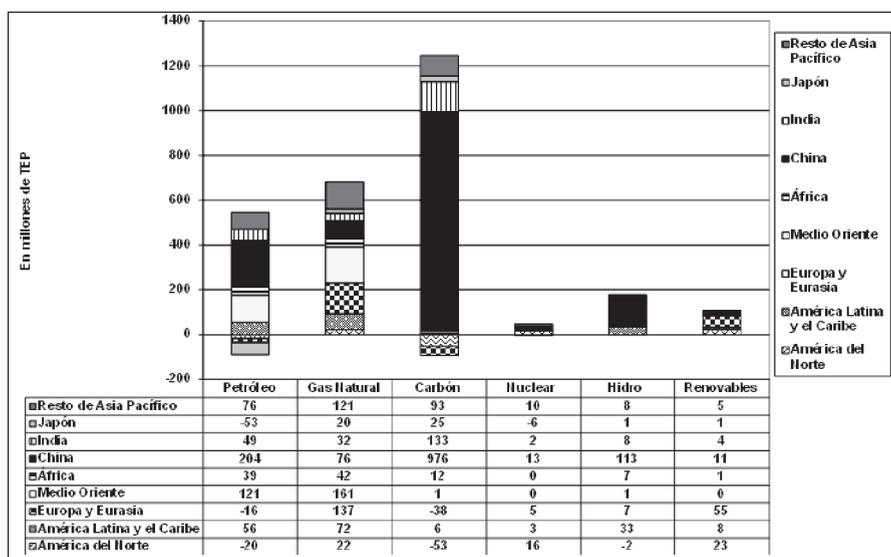
Una lectura simplista llevaría a ponderar el esfuerzo realizado por el mundo desarrollado en ahorrar energía y en producirla de forma

¹⁴ La fotosíntesis artificial investiga materiales que puedan producir combustible a partir de luz solar, agua y dióxido de carbono. Grandes grupos de investigación se hallan trabajando en ello como en tecnología de captura de CO₂.

más limpia, lo cual es sólo una verdad a medias en tanto se ha producido un desplazamiento de la producción a otros territorios. Ello ha impactado sobre el conjunto de la demanda mundial de energía y de distintos productos, pero también de las fuentes utilizadas.

La figura 6 muestra la composición del incremento de consumo de energía por fuentes y localizaciones espaciales, sean grandes países o regiones.

Figura 6- Participación de cada fuente en el incremento del consumo mundial de energía registrado entre 2000 y 2010 según grandes regiones y países. En millones de tep

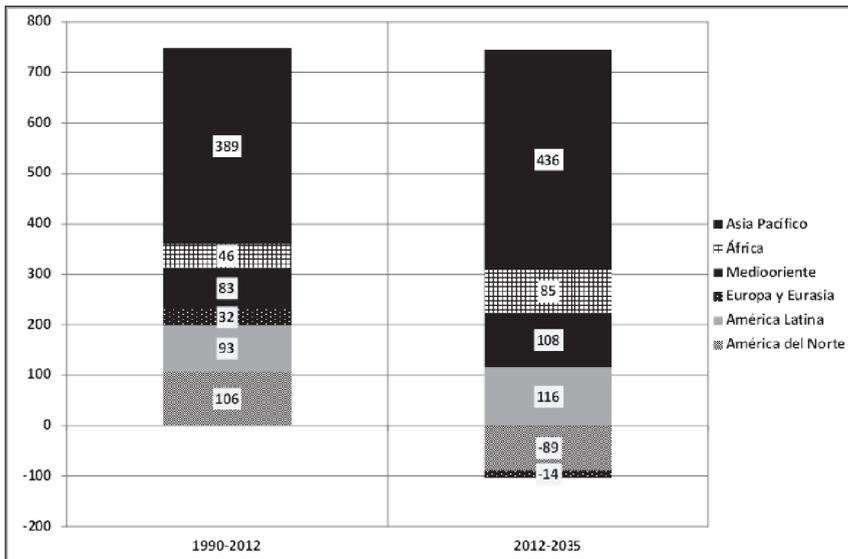


Fuente: estimaciones propias con datos de BP Statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.xls

A todas luces, las fuentes renovables han ocupado un espacio modesto en la demanda incremental de energía y se ha concentrado principalmente en Europa y los Estados Unidos, aun cuando la expansión de la energía eólica ha sido particularmente intensa también en China. Para los países de América Latina estas fuentes han resultado costosas frente a las alternativas hidráulica y de uso de gas natural. La relativa escasez de este último podría modificar el panorama en el futuro, aunque en forma modesta (CAF, 2012).

De hecho, si observamos lo ocurrido en el consumo del sector transporte (figura 7), la disminución del consumo de petróleo para el mundo desarrollado (figura 6) oculta el hecho de que entre 1990 y 2012 este sector incrementó su demanda tanto en América del Norte como en Europa y recurrió principalmente a biocombustibles, más que a una innovación tecnológica profunda de la industria automotriz. En esta misma figura, se muestra cómo la disminución de consumo energético de este sector se produciría en las próximas dos décadas.

Figura 7 - Demanda incremental de energía del sector transporte registrada y proyectada



Fuente: estimaciones propias con datos de BP, BP Energy Outlook 2035, Reino Unido, 2014.

Las proyecciones de consumo futuro auguran, por lo general, una fuerte penetración de las energías renovables para la generación de electricidad, pero un crecimiento importante del uso de combustibles para el sector transporte.

Aun así, la demanda proyectada de energía para transporte sería la única decreciente hacia 2035 respecto a la del resto de los sectores.

Ello puede estar indicando una suposición de fuerte penetración del automóvil eléctrico, junto a las nuevas normativas europeas respecto a la tolerancia de emisiones específicas por distancia recorrida (UK, Department for Transport, 2011)¹⁵. Lo anterior sería una solución tanto para poner un límite a las emisiones como al uso intensivo de recursos agotables como los hidrocarburos líquidos y gaseosos. Otro elemento para considerar es que del total de incremento previsto en el consumo de energía originado en el sector transporte, un 68% se concentrará en Asia Pacífico mientras que América Latina, Medio Oriente y África en conjunto darían cuenta de un 48% de dicho incremental de demanda con tendencias a la reducción en Estados Unidos y en Europa. Para el caso de China, se asume la continuidad de su crecimiento urbano para las próximas décadas lo que junto al crecimiento del PBI por habitante permitiría un incremento de su parque superior al de los Estados Unidos de 2004 en 2027-2028. También superaría el parque proyectado de ese último país hacia 2032-2034. Asimismo, el parque automotor de los EUA se incrementaría en cerca de 45% —esto representa alrededor de 100 millones más de vehículos a los cerca de 220 millones existentes en 2004— (Huo, H., Wang, M., Johnson, L. y He, D., 2007)¹⁶.

De hecho, en las citadas proyecciones de BCG acerca del futuro del automóvil eléctrico los mercados de China¹⁷, Japón, Estados Unidos y Europa son los de mayor promesa, aunque China y Japón liderarían esta expansión (BCG, 2009]. Las proyecciones de distintas empresas

¹⁵ Department for Transport, Road Transport Forecasts 2011: Results from the Department for Transport's National Transport Model, Reino Unido, enero de 2012.

¹⁶ Hong Huo, Michael Wang, Larry Johnson, and Dongquan He, *Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO2 Emissions Through 2050*, H. Huo, M. Wang, and L. Johnson, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, 9700 South Cass Avenue, Argonne, IL 60439. D. He, Energy Foundation, CITIC Building, Beijing 100004, China. Corresponding author: H. Huo, hhuo@anl.gov. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2038, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007, pp. 69–77. DOI: 10.3141/2038-09

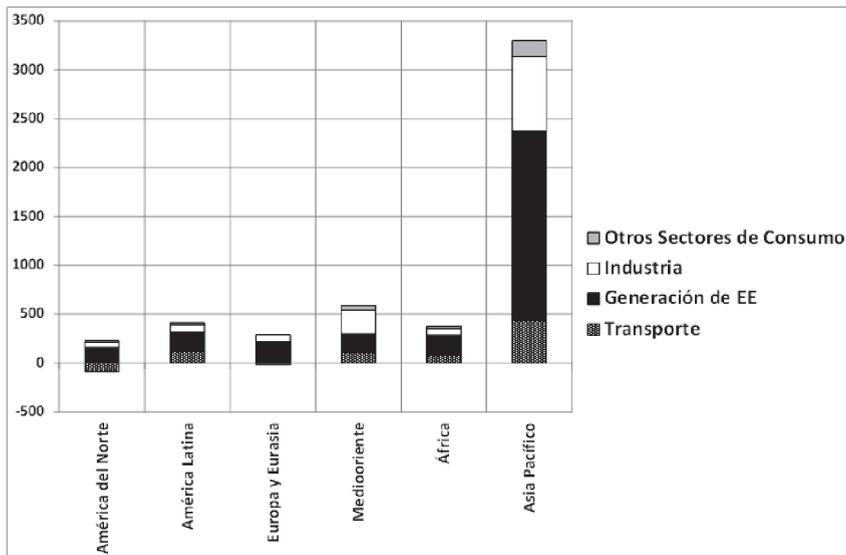
¹⁷ En tal sentido, puede estimarse que China sería más propenso a impulsar el uso del automóvil eléctrico, si su fabricación se realiza in situ o también si no, en tanto los costos de estos automóviles disminuyan respecto a sus valores actuales y por otra parte mitigan la emisión de GEI. No obstante, mientras la producción industrial incremental futura continúe fuera de los países desarrollados, el consumo de combustibles fósiles será todavía importante sobre todo en usos industriales y generación eléctrica.

y organismos sitúan en 2040 el apogeo del automóvil eléctrico, uno de los principales factores de arrastre de la demanda de litio, junto a miles de millones de baterías menores para una creciente diversidad de artefactos menores (computadoras, teléfonos, otros).

En el caso de América Latina, la disyuntiva será, sin duda, lograr incorporar mayor valor agregado al litio en base a una demanda mundial que será creciente.

Se debe recordar también que los cambios de la economía mundial a partir de 2001-2003 han puesto una vez más la cuestión de la suficiencia de los recursos en general —energía en particular— sobre el tapete de discusiones, sumado a las agendas sobre cuestiones medioambientales. Ello, en general, parecería alentar una mayor presión futura para utilizar energías renovables a escala global. Sin embargo, la propia revolución del shale gas en los Estados Unidos y los precios a la baja del gas natural estarían actuando como barrera a un uso más intenso de renovables para generar electricidad.

Figura 8 - Proyección de la demanda por sectores de uso y por tipo de fuente primaria de energía período 2012-2035



Fuente: estimaciones propias con datos de BP, BP Energy Outlook 2035, Reino Unido, 2014.

Conclusiones

Los procesos de urbanización previstos para los próximos veinte años, el subsiguiente incremento en el producto por habitante, la correlación entre este último indicador y el crecimiento del indicador vehículos por habitante, implican desafíos geopolíticos, energéticos, ambientales y de sostenibilidad del crecimiento para evitar la dualidad social propia de sociedades que agotan su ciclo expansivo basado en la construcción del proceso de modernización sin poder sustituir en el tiempo las bases que dieron lugar a su propio crecimiento.

Los países de América Latina se han visto beneficiados por el ciclo expansivo de Asia, China en particular, en principio por el impacto sobre el precio de las *commodities*, pero también por los efectos multiplicadores sobre el consumo y la producción en sus mercados internos. El crecimiento de Asia fue funcional a los países del norte hasta 2008, pero tras la crisis de 2009 existe una profunda preocupación por el crecimiento futuro y sus bases, tanto como por cuestiones geopolíticas.

Aunque desde 2009 a la fecha, las economías de la región han experimentado dificultades para sostener el dinamismo ocurrido entre 2003 y 2008, han tenido éxito en evitar procesos recesivos.

A escala global, iniciativas como el Plan de Urbanización de China 2014-2020 pueden hacer renacer fases dinámicas tanto a escala regional como global.

Las proyecciones de distintas empresas y organismos sitúan en 2040 el apogeo del automóvil eléctrico, uno de los principales factores de arrastre de la demanda de litio.

Sin embargo para los países de América Latina, el desafío mayor es lograr incrementar valor a las cadenas primarias lo que exige Inversión en Educación, I&D, iniciativas privadas y un panorama claro de desarrollo industrial que sea compatible con niveles de competitividad razonables. Esto requiere a su vez una continuidad de las políticas que con fuerza se han comenzado a implementar desde 2003 y desde 2009, pero que a su vez por ser transformadoras necesitan tiempo de maduración y una planificación más articulada entre niveles macro y micro a nivel del gasto público, de la coordinación institucional y de lo estrictamente económico y productivo. Por tal razón, el conjunto de los recursos naturales continuarán siendo altamente estratégicos tanto como el destino que se le dé a la renta que ellos proporcionan.

Bibliografía

- BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). *The comeback of the electric car? How real, how soon, and what must happen next*. Boston, 2009.
- BP, *BP Statistical review of world energy full report 2011.xls*, accedido en <http://www.bp.com/>
- BP, *BP Energy Outlook 2035*, Reino Unido, 2014, accedido en <http://www.bp.com/>
- Ciccone, A. y Hall, R. A., (1987), *Productivity and Density of Economic Activity*, NBER, Working Paper 4313, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- Department for Transport, *Road Transport Forecasts 2011: Results from the Department for Transport's National Transport Model*, Reino Unido, enero de 2012.
- Dumais, G., Ellison, G. y Glaeser, E. L. (1997), *Geographic concentration as a dynamic process*, NBER, Working Paper 6270, <http://www.nber.org/>
- Duranton, G y Puga, D. (2001), *Nursery Cities: Urban diversity, process innovation an the life-cycle products*, CEPR Discussion Paper 2376.
- Duranton, G. y Puga, D. (2003) *Micro-foundations for Urban Agglomeration Economies*, NBER Working Paper No. 9931, August 2003, JEL No. R12, R13, R32.
- Helsey, W.R.; Strange, W.C. (1990), *Matching and agglomeration economies in a system of cities*, *Regional Science and Urban Economics*, Volume 20, Issue 2, September 1990, Pages 189–212, Elsevier.
- Henderson, J.V. (2003), *Marshall's scale economies*, *Journal of Urban Economics* 53 (2003) 1–28.
- Hong Huo, Michael Wang, Larry Johnson, and Dongquan He, *Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO2 Emissions Through 2050*, H. Huo, M. Wang, and L. Johnson, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, 9700 South Cass Avenue, Argonne, IL 60439. D. He, Energy Foundation, CITIC Building, Beijing 100004, China
- Kozulj, R. (1997), *Analizando el motor del crecimiento económico pasado en función del desarrollo sustentable*, en *Globalización y políticas de desarrollo territorial*, Alberto C. Barbeito, comp. [et al.].
- Kozulj, R. (2001), *People, Cities, Growth and Technological Change: from the golden age to globalization*, en *Technological Forecasting and Social Change*, 70 (2003) 199-230, Elsevier Science, NL.

- Kozulj, R. (2005), "¿Choque de Civilizaciones o Crisis de la Civilización global? Problemática, Desafíos y Escenarios", Ed. Miño y Dávila, colección Filosofía y Política, Buenos Aires y Madrid. 352 págs, 1ª edición 2005.
- Kozulj, R. (2011a), *A Critical View of Innovation in the Context of Poverty, Unemployment and Slow Economic Growth*, PP.228-258, Pub. Date: 2011-07-29., en *Modern Economy*, Volume 02, Number 03 (July 2011), ISSN Print: 2152-7245 ISSN Online: 2152-7261 Website: <http://www.scirp.org/journal/me>.
- Kozulj, R. (2011b), *Development, Poverty and Energy, in the 21st Century*, en *Modern Economy* ISSN Print: 2152-7245 ISSN Online: 2152-7261, Volume 02, Number 04, PP.483-497, Pub. Date: 2011-09-21, (September 2011) Website: <http://www.scirp.org/journal/me>.
- Kozulj, R. (2011c), *La energía en el Siglo XX*, Capítulo V, Ventiuno: Ensayos sobre lo que nos dejó el siglo XX, compilador: Juan Quintar, Prólogo de Aldo Ferrer, Editorial de la Universidad Nacional del Comahue EDUCO, 308 p., Neuquén, 2011.
- Spence, M. , Clarck Annez, P. y Buckley, R.M. editores, 2009, *Urbanization and Growth*, Commission on Growth and Development, BIRF, FM, Washington DC, 2009.
- Tolley , G. S. y Thomas, V., *The economics of urbanization and urban policies in developing countries* 1987, George S. Tolley and Vinod Thomas, editors, <http://www.rrojasdatabank.info/econurb87toc.htm>.

TRANSFORMACIONES DISRUPTIVAS DE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE BATERÍAS E IMPULSIÓN AUTOMOTRIZ: DESAFÍOS TECNOPRODUCTIVOS PARA SURAMÉRICA

Alexis Mercado¹ y Karenia Córdova²

Introducción

El aumento de la frecuencia y la intensidad de fenómenos climáticos —correlato del calentamiento global y en parte producto de los centenares de miles de toneladas de gases invernadero (GEI) arrojados diariamente a la atmósfera—, constituye una de las consecuencias más negativas de la matriz energética prevaeciente en el nivel global, fuertemente basada en combustibles fósiles. La cantidad actual de emisiones se aproxima al nivel establecido, de modo tal que dicho fenómeno no supere los dos grados centígrados, nivel considerado límite para hacer manejable el clima del planeta³.

¹ Profesor Investigador del Área de Ciencia y Tecnología del Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES), Universidad Central de Venezuela. Alexisms60@gmail.com, Telefono (Inst): 0058 212 7535859. Fax: 0058 212 7512691. Callé Neverí, Edif ASOVAC, Colinas de Bello Monte, Caracas. CP: 1040.

² Profesora Investigadora del Instituto de Geografía y Desarrollo Regional (IGDR), Área de Planificación de recursos energéticos, Universidad Central de Venezuela. Kareniac@gmail.com. Teléfono 58 2126060105. Centro Comercial Los Chaguaramos, Piso 5, CP 1041.

³ En 2011, las emisiones totales de Dióxido de Carbono alcanzaron las 34 gigatoneladas (Olivier y otros 2012), cantidad que supera en diez por ciento, el nivel

El transporte automotor aporta una fracción importante de las emisiones de CO₂—alrededor de un 14 %— (Herzog, 2009). Posee una importante responsabilidad en el calentamiento global. Ello acarrea severos cuestionamientos al paradigma tecnológico de la locomoción basado en la combustión interna. Por lo tanto, induciendo el desarrollo de sistemas alternativos de generación, almacenamiento y uso de la energía. El acelerado desarrollo en tecnologías de baterías, en especial de litio, de nuevos materiales como el grafeno y de la impulsión eléctrica, están transformando varios sistemas tecnológicos vinculados a este sector. Emergen nuevas industrias que tendrán impactos socioeconómicos considerables que podrán modificar la matriz energética.

Estas tecnologías presentan algunas ventajas importantes respecto a las existentes. Entre ellas, se destaca ser más eficientes en el uso de la energía y menos contaminantes. Vale señalar que su desarrollo tendrá impactos significativos sobre diversos actores sociales en el ámbito global y generará cambios en la acumulación del capital y el empleo. Estos rasgos, según Foladori e Invernizzi (2009) son indicadores de la emergencia de una revolución tecnológica. Pero quizás, el rasgo distintivo de este proceso es que resulta promovido de manera determinante por factores socioinstitucionales que responden al imperativo ambiental de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, y se desenvuelve con participación de múltiples actores en diversos ámbitos globales.

Dicho proceso plantea grandes desafíos para Suramérica, región que posee un porcentaje muy alto de las reservas mundiales de litio (Bruckman, 2013). Sin embargo, son escasas las capacidades tecnológicas y científicas en áreas relacionadas con el desarrollo de las baterías y en la impulsión eléctrica. Esta situación, al no ser abordada apropiada y oportunamente determina que, una vez más, la región se constituya en mera proveedora de materias primas o, a lo sumo, responsable de su transformación en productos primarios con escaso valor agregado.

En este contexto, las políticas científica, tecnológica e industrial, serán fundamentales para el desarrollo de las capacidades que permitan no sólo la explotación sustentable del recurso, sino la agregación de valor mediante su transformación. Teniendo en cuenta el escenario de

crítico de 32 gigatoneladas, estimado por expertos como el máximo que todavía haría manejable la situación climática global (IEA, 2011),

surgimiento de nuevas industrias de alta tecnología, debe procurarse integrar subsectores de procesamiento primario y elaboradores de los insumos industriales necesarios que ya existen en nuestros países.

En un ámbito más general, la existencia de una mayor voluntad política de integración regional se refleja en los objetivos de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR). Entre los fines específicos de la industrialización de los recursos naturales se destacan: el aprovechamiento integral, sostenible y solidario de los recursos; la cooperación económica mediante un proceso innovador y dinámico que promueva un crecimiento y desarrollo económico que supere las asimetrías mediante la complementación económica y la integración industrial y productiva; y la definición e implementación de políticas y proyectos comunes o complementarios de investigación, innovación, transferencia y producción tecnológica. Ello abre oportunidades para superar las deficiencias citadas y ser partícipes de esta nueva conformación productiva⁴.

En este capítulo, se describen en primer lugar importantes avances en investigación y desarrollo (I+D) en baterías e impulsión eléctrica e innovaciones tecnológicas que, en su conjunto, están modificando diversos sistemas tecnológicos⁵ de manera tan radical que pueden desatar, incluso, una revolución tecnológica. Seguidamente, se expone cómo estos esfuerzos son en gran medida promovidos en primer lugar, por factores institucionales, principalmente de regulaciones y normas que procuran disminuir la contaminación, en particular, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, en segundo lugar, por políticas tecnológicas e industriales que promueven activamente el desarrollo de las nuevas industrias. Se evidencia de este modo, el creciente papel desempeñado por factores socioinstitucionales en este proceso. La presentación de algunos indicadores y proyecciones muestra el progresivo impacto que comienza a registrarse en la economía.

⁴ http://www.comunidadandina.org/unasur/tratado_constitutivo.htm

⁵ Asumiendo la definición de Hughes (1987) que considera que los sistemas tecnológicos están integrados por componentes técnicos (artefactos y procesos de producción) y organizacionales (empresas manufactureras, de asistencia técnica y financieras). Integran, además, componentes científicos como bibliografía especializada y programas de enseñanza. Puede considerar, incluso, elementos de legislación como normas regulatorias.

Finalmente, se discute cómo estas transformaciones plantean desafíos tecnoproductivos de envergadura para Suramérica. Los mismos podrán afrontarse positivamente si, en el marco de las propuestas más amplias y transparentes de integración, se desarrollan los mecanismos institucionales que impulsen capacidades tecnológicas y científicas para avanzar en la industrialización de materias primas estratégicas para la nueva configuración de acumulación de energía y locomoción automotriz.

Cambios en los sistemas tecnológicos de y en torno de la industria automotriz

La industria automotriz, ícono del paradigma tecnoeconómico basado en el uso intensivo en el uso de materiales y energía, y las industrias asociadas a su desarrollo y funcionamiento, experimentan cambios en sus patrones tecnológicos (Mercado y Córdova, 2014). La revolución microelectrónica permitió incrementar la eficiencia en el consumo energético y mejoras notables en el funcionamiento y seguridad de los vehículos mediante dispositivos de control. Sin embargo, no modificó los elementos medulares de la tecnología de impulsión basada en el motor de combustión interna (MCI), cuyo principio fundamental es generar energía mecánica a partir de la ignición de combustibles orgánicos inflamables. Puede afirmarse que los elementos medulares del funcionamiento de un vehículo impulsado por MCI de 2014 son en esencia los mismos que presentaba en la década del setenta, cuando comienza a configurarse dicha revolución.

Si bien se avanzó notablemente en el rendimiento de los motores por una mejora sustancial en la relación tamaño-potencia, no se han logrado mayores adelantos en el problema de disipación de energía en forma de calor. A pesar de múltiples esfuerzos, aun en los motores más eficientes, sólo una fracción de la energía liberada en la combustión, estimada en un máximo de 20% es transformada en energía mecánica. Por otra parte, aunque se han introducido innovaciones, en especial en sistemas catalíticos para absorber los gases resultantes de la combustión, la cantidad que sigue siendo arrojada a la atmósfera por los centenares de millones de vehículos que circulan diariamente en el mundo es muy alta, contribuyendo de manera importante al calentamiento global. Este último factor, será el principal limitante del crecimiento de esta industria en el corto plazo y de su prevalencia en el mediano.

Durante la década pasada, consecuencia del gran aumento que experimentaron los precios de los combustibles fósiles comienza a incrementarse la producción de vehículos híbridos, y en menor medida, de vehículos eléctricos. Sin embargo, para ese momento, en términos de desempeño y costo resultaban muy poco competitivos respecto al vehículo de combustión interna. No obstante, a finales de la década en diversos ámbitos globales comienzan a crearse una serie de incentivos tecnológicos e industriales, y a dictarse normativas de reducción de emisiones que impulsarán progresivamente esfuerzos de investigación, desarrollo e innovación que están transformando los sistemas tecnológicos que estructuran la industria automotriz.

Tendencias en la investigación y desarrollo

Los avances en tecnologías de baterías y de impulsión eléctrica abren posibilidades de modificar los sistemas tecnológicos de locomoción desarrollados en torno a los combustibles fósiles. Una revisión de las áreas de conocimiento científico-técnicas vinculadas a baterías, materiales e impulsión eléctrica, permite identificar importantes avances en el presente siglo, principalmente en torno al litio, el elemento metálico más liviano que existe, y el grafeno, material de carbono identificado hace apenas diez años (cuadro 1). La baja densidad del litio permite fabricar baterías de menor peso que las convencionales (plomo ácido e incluso de níquel/hierro), que poseen alta densidad de energía (definida como la cantidad de Watios-hora que pueden ser almacenados por kilogramo de batería) y buena densidad de potencia eléctrica (cantidad de energía que puede ser liberada en un período de tiempo determinado) (Canis, 2011). El grafeno, estructura de carbono monocristalina plana de un átomo de espesor, posee dos importantes cualidades: ser un material liviano de gran resistencia y poseer propiedades semiconductoras (Mercado y Córdova, 2014).

Es tal la importancia que han adquirido estas áreas de investigación, que dentro de las cien líneas de investigación (*Research Fronts*) más importantes en la actualidad⁶, se observa que “baterías recargables

⁶ Organizados en diez grandes clasificaciones disciplinarias: agricultura y ciencias de plantas y animales; ecología y ciencias ambientales; Geociencias; medicina clínica; Ciencias Biológicas; Química y ciencia de los materiales; física; Astronomía y astrofísica; matemáticas, ciencias de la computación e ingeniería; economía, psicología y otras ciencias sociales.

de Litio-aire de alta energía”, ocupa en primer lugar entre los diez frentes correspondientes a la clasificación “Matemáticas, Ciencia de la Computación e Ingeniería y “nanoalambres de silicona para ánodos de baterías de Ión-Litio”, es el décimo frente de la clasificación “Química y Ciencia de los Materiales” (Ibíd. ant).

Cuadro 1 - Avances de investigación en química y materiales útiles para incrementar la densidad de energía y potencia en baterías y el desarrollo de la impulsión eléctrica

Área	Avance	Utilidad
Materiales	Uso del grafeno como material para la acumulación de energía.	Nuevos materiales para almacenamiento y recuperación de energía.
Materiales	Síntesis de sales de Litio-Oxido de Titanio y Litio-Silicon para la fabricación de electrodos.	Incremento de la densidad de energía y la densidad de poder de las celdas.
Materiales	Estructuras sándwich grafeno-silicón-grafeno mediante procesos nanotecnológicos para fabricación de ánodos.	Incremento significativo de de la densidad de energía y la densidad de poder de las celdas.
Materiales	Desarrollo de nanotubos compósitos de Carbono-Polímeros para fabricación de ánodos.	Incremento de la conductividad.
Materiales	Desarrollo de Membranas conductoras para ser usadas como electrolitos.	Incremento confiabilidad y seguridad de las celdas.
Materiales	Nuevos materiales de grafeno.	Materiales para la fabricación de carrocerías que almacenen energía.
Electro-química	Reversibilidad de las reacciones de óxido-reducción de los electrodos de litio en medios electrolíticos.	Incremento de la conductividad y extensión de la vida útil de las baterías.
Electro-química	Soluciones orgánicas y líquidos iónicos como electrolitos.	Mejorar la conductividad y la seguridad.
Dispositivos	Supercapacitores basados en nanotubos de carbono.	Nuevos dispositivos para almacenamiento de energía.

Fuente: Mercado y Córdova (2014).

Incremento del ritmo de innovación tecnológica

Si los avances en la investigación son significativos, no lo son menos en el desarrollo tecnológico, concentrándose en tres áreas clave: incremento de la densidad de energía y potencia de las baterías, mejoras en la seguridad de los artefactos e innovaciones mecánicas y de control en los automóviles.

En el primer caso, se desarrollan nuevas técnicas de fabricación de electrodos, que permiten fabricar baterías con diversos atributos para diversos usos variando la composición química. Por ejemplo, las de litio-manganeso cuyas características principales son bajo peso y capacidad de operar en un amplio intervalo de temperaturas. Baterías de Ion Litio, ligeras de alta potencia. Baterías de Li-Polímero, fabricadas con las mismas sales que las de Ion Litio, pero usan electrolito de polímero en lugar de líquido, lo que incrementa su densidad de energía. Las baterías Li-aire, aun en etapa de desarrollo, que pueden acumular mayor cantidad de energía.

La seguridad es crucial en el desarrollo de las baterías. En este ámbito, los esfuerzos innovadores se orientan a disminuir los riesgos de explosiones. El problema radica en que el incremento de la seguridad resulta en una disminución de la disponibilidad de energía, por lo que se trabaja en la composición de los electrodos para optimizar el equilibrio entre disponibilidad de energía y seguridad e incrementar la seguridad de los electrolitos mediante la incorporación de aditivos para aumentar la estabilidad térmica y la eliminación de solventes orgánicos peligrosos a objeto de disminuir la toxicidad (Scrosati y Garche, 2010).

En el caso de innovaciones mecánicas y de control, se registran avances en el desarrollo de motores eléctricos de alta velocidad que disminuyen la pérdida de energía, mejoras en la aerodinámica, desarrollo de materiales para la construcción de los vehículos y de mecanismos para el aprovechamiento de la energía generada (Mercado y Córdova 2014).

La innovación incrementa la capacidad de acumulación de energía. Algunas estimaciones apuntan a que esta se duplicará en la década en curso, lo que haría esta tecnología competitiva frente a la de combustión interna. La organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la agencia Internacional de Energía, han estimado que los costos presentes en 2012 habrán de reducirse a la mitad para 2020

(OECD-EA, 2009). Los avances tecnológicos en electrodos y electrolitos, podrán incrementar la capacidad de las baterías entre un 80 y un 110 por ciento para el período 2020–25. Lo que se traduciría en un 40 a 45 por ciento en reducción de los precios (Hensley y otros 2012).

Sistemas tecnológicos disruptivos

Como se aprecia, las innovaciones apuntan a resolver, en muchos casos, limitaciones que presentan las diversas tecnologías en desarrollo o a incrementar su desempeño. Esta situación coincide con lo señalado por Carlota Pérez (2010) respecto a que las innovaciones individuales no se dan de manera casual y tienden a generarse en el entorno de otras innovaciones. Esto lleva a examinar si tienen suficiente carácter transformador para cambiar los diversos sistemas tecnológicos que componen el clúster de la industria automotriz y si tienen el carácter disruptivo para desencadenar una revolución tecnológica, definida por esta autora como el surgimiento de un “poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo”. Tienen impacto profundo, porque abren un nuevo y dinámico potencial para la creación de riqueza y ofrecen tecnologías genéricas que permiten un salto cuántico en la productividad de otras actividades económicas (Pérez, 2002).

Uno de los factores que estimula la tecnología de baterías es la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por lo que el tema de la generación de energía eléctrica es crucial para que el efecto neto de disminución de las emisiones sea realmente significativo. Estudios establecen que, incluso, aun cuando la energía eléctrica provenga 100 por ciento de generación termoeléctrica, la huella de carbono del vehículo eléctrico es alrededor de 28 por ciento menor que la del de combustión interna (Gani, s/f), evidenciando una ventaja de esta tecnología frente a la precedente. Sin embargo, es necesario integrar el sistema tecnológico de la impulsión eléctrica con fuentes de generación más limpias a objeto de disminuir radicalmente las emisiones.

Hasta ahora las fuentes alternas de energía han complementado fuentes tradicionales. Pero en diversos casos (e.g, solar y eólica) se registran importantes avances tecnológicos que incrementan la producción de energía. Por ejemplo, específicamente en el caso de la

energía eólica las turbinas que se construían a inicios de esta década producían 20% más que las precedentes alcanzando los 7 MW, en tanto que las que están en desarrollo alcanzarán los 10 MW, lo que ampliará significativamente su participación en la generación total de electricidad (Kamada y Mikkelsen, 2011).

Algunos países están modificando sus redes de energía. Dinamarca, país líder en generación de energía eólica, rediseña su red para, entre otras cosas, usar los vehículos eléctricos como unidades de almacenamiento de energía con el fin de compensar las fluctuaciones de intensidad de esta fuente aprovechando los períodos de poca actividad. Ello evidencia que la versatilidad de aprovisionamiento, la disminución de costos de los servicios auxiliares de la red y mayor integración con fuentes de electricidad renovables serán decisivas para la difusión e implantación definitiva de la impulsión eléctrica (The International Council on Clean Transportation, 2013).

¿Pueden los sistemas tecnológicos disruptivos promover una revolución tecnológica?

Es evidente que comienza a transformarse la matriz energética, trayendo aparejado la creación de nuevos sectores de la producción y nuevas infraestructuras de servicios interconectadas e interdependientes, capaces de incidir en el resto de la economía, característica que distingue a las revoluciones tecnológicas (Pérez, 2010).

La revolución microelectrónica ha transformando múltiples actividades económicas y sociales. Pero su expansión ha sido posible gracias al desarrollo de fuentes de energía autónomas de pequeño tamaño, lo que confiere a la electroquímica rol estratégico. El litio, por su buena relación densidad de potencia/densidad de energía, permite miniaturizar las baterías, posibilitando desarrollar artefactos electrónicos cada vez más pequeños, portátiles. Esta cualidad, ha permitido cambios en el diseño y uso de aparatos y el desarrollo de nuevos dispositivos tecnológicos que están transformando múltiples ámbitos de la dinámica social como la salud, la recreación, la producción y el comercio. Un primer rasgo que caracterizaría a esta revolución tecnológica es la movilidad que propicia lo portátil, resultando en alteraciones de actividades que anteriormente estaban atadas a fuentes fijas de energía.

El desarrollo del vehículo eléctrico muestra alto dinamismo tecnológico y una creciente penetración en el mercado, debido en gran parte a la necesidad de disminuir las emisiones de GEI. Esta sería otra característica de esta revolución tecnológica: ser impulsada por factores socioinstitucionales que responden a imperativos ambientales. La nueva revolución tecnológica está indisolublemente asociada al imperativo de la sustentabilidad.

Difusión de las innovaciones

Asociada a la idea de revolución tecnológica está el aceleramiento del ritmo de la innovación. El desarrollo de las tecnologías de baterías e impulsión eléctrica conlleva una constelación de innovaciones generadas globalmente por actores diversos. Esto conduce a analizar el ritmo de difusión de estas innovaciones y los factores que le impulsan.

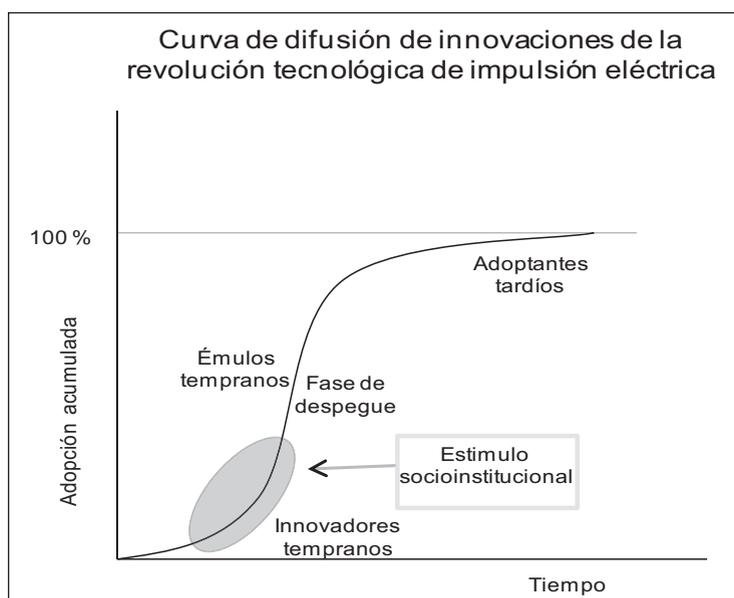
En el gráfico 1, se presenta una adaptación de la curva de difusión de innovaciones de Rogers (1995), para analizar la tecnológica de la impulsión eléctrica. Al principio, la difusión es lenta debida, entre otras cosas, al desconocimiento, la incertidumbre y la prevalencia de las tecnologías del anterior paradigma. En este caso, la difusión de las innovaciones es impulsada por los propios innovadores a fin de incursionar en mercados nacientes. Pero en este caso, también lo es por factores institucionales que promueven la producción y uso de energías más limpias.

En la etapa inicial de desarrollo, la difusión se restringe por limitaciones técnicas (en el caso específico de las baterías las, hasta ahora, bajas densidades de energía y potencia eléctrica), la confrontación de otros intereses corporativos (e.g del lobby petrolero) y el rechazo de los consumidores. En la actualidad se está en la fase de despegue (zona sombreada del gráfico 1), ya que se registra un aceleramiento en la generación y difusión de las innovaciones.

Otro rasgo de esta revolución tecnológica es que las innovaciones se desarrollan en diversos ámbitos globales, planteando mayor competencia por el acceso a mercados y materias primas, acentuando la difusión de las innovaciones. En esta oportunidad, Asia y la Unión Europea (UE), aparecen como las regiones de mayor dinamismo tecnológico mientras que Estados Unidos hace esfuerzos por no rezagarse en esta fase de despegue. La pregunta que inevitablemente surge es

¿en qué posición se encuentra Suramérica dentro de esta nueva ola de innovaciones? Aunque posee las mayores reservas de la principal materia prima (Litio), como se verá adelante, sus capacidades de I+D en las áreas de conocimiento relacionadas son escasas, por lo que, si no se adoptan políticas adecuadas, ingresará en la fase de adoptantes tardíos.

Gráfico 1



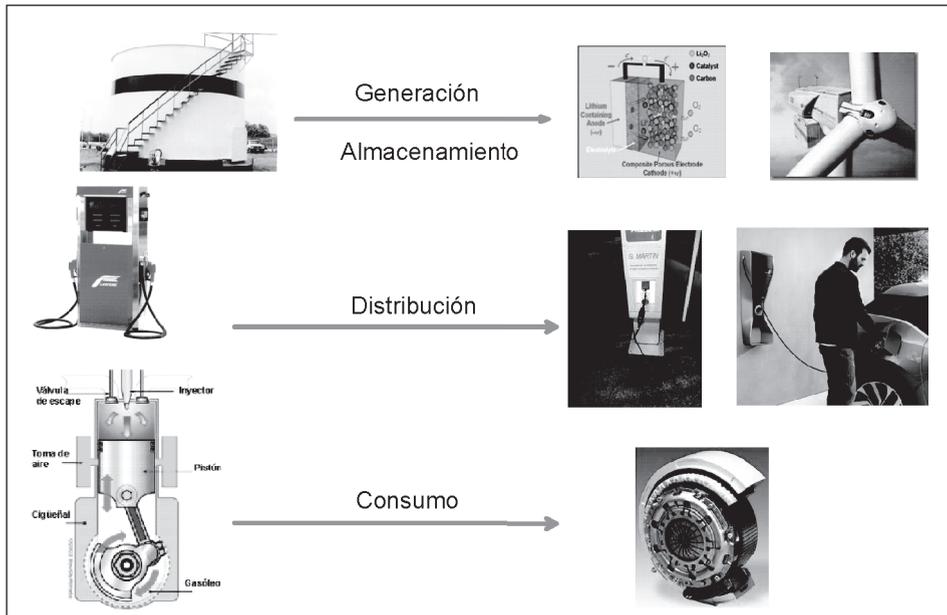
Fuente: Rogers, 1995. Adaptado nuestro.

¿Se transformará la matriz energética?

Una revolución tecnológica trastoca los cimientos de la economía y contribuye a crear nuevas áreas de producción y servicios. En esta perspectiva, ¿Pueden esperarse modificaciones radicales en los sistemas de transporte? En principio, no. Al menos en el medio plazo seguirán siendo similares a los actuales —en su mayoría vehículos particulares de pasajeros y de carga— transitando por las actuales o similares arterias viales. No obstante, modificarán los sistemas de impulsión, repercutiendo en la matriz energética.

Si un objetivo de producir vehículos eléctricos es disminuir las emisiones, es de esperar que este factor presione el desarrollo de fuentes más limpias que sustituyan parcialmente combustibles fósiles. Los avances en las tecnologías de generación y almacenamiento de electricidad harán que en el mediano plazo aumente la participación de las fuentes alternas en la generación total de energía, impulsadas en parte por la creciente demanda de la impulsión eléctrica. En segundo lugar, se diversificará la estructura de distribución de energía, al sustituir progresivamente las estaciones de servicio de combustibles fósiles por múltiples formas de suministro de carga eléctrica. Por último, se modificará la estructura de consumo mediante la sustitución progresiva de los motores de combustión interna por motores eléctricos (figura 1) (Mercado y Córdova 2014).

Figura 1 - Cambios en la matriz energética



Pérez (2002) señala que las nuevas tecnologías no pueden prosperar en el ambiente del paradigma precedente, por lo que se producen desacoplamientos en la esfera tecno-económica. Esto comienza

a tornarse evidente en el sector de la energía donde nuevas formas de producción y servicios desplazarán progresivamente a las antiguas fósiles, altamente contaminantes. Pero a diferencia de lo anotado por la autora con relación al poder que tiene este proceso de transformar el marco socio-institucional, cuya forma es dada por el viejo paradigma, será el marco institucional de la sustentabilidad el que inducirá gran parte de las transformaciones sociotécnicas (Mercado y Córdova, 2014).

Elementos socioinstitucionales que impulsan los cambios en los sistemas tecnológicos

Como se expuso, las emisiones de CO₂ se aproxima al nivel que estiman los expertos, es el máximo que haría todavía manejable el clima (IEA, 2011). Para evitar efectos más perjudiciales del calentamiento global, debería disminuirse drásticamente el crecimiento de estas emisiones. En consecuencia, factores institucionales relacionados con la disminución de las emisiones GEI presionarán la modificación de la matriz energética. La legislación, en especial la regulación, emerge como herramienta para aminorar las emisiones de GEI. Pero, a su vez, puede incidir de manera importante en la tecnología, estimulando el desarrollo de opciones más eficientes y limpias de generación, distribución y uso de la energía.

Regulaciones ambientales han inducido el desarrollo de tecnologías para el aminoramiento del impacto ambiental de las actividades industriales (Geffen, 1995). Ahora bien, ante la situación ambiental descrita, parece inevitable una modificación de los sistemas tecnológicos para la necesaria disminución de la contaminación. Es por ello que se plantea que los acuerdos internacionales y las políticas nacionales y supranacionales están promoviendo transformaciones sociotécnicas que permitan disminuir significativamente el crecimiento de las emisiones de GEI.

Marco institucional de legislación

Los esfuerzos supranacionales para procurar disminuir emisiones causantes del efecto invernadero se remontan a 1997 cuando se sus-

cribe el protocolo de Kyoto, el cual estableció el compromiso de los países de no exceder las cantidades de emisiones fijadas en el mismo, y el compromiso de los países desarrollados (PD) de reducir el total de sus emisiones en no menos de 5% respecto a los valores de 1990, durante el período 2008 y 2012. Cabe resaltar que su cumplimiento fue prácticamente nulo. En 2009, en la XV Conferencia sobre el Cambio Climático se reconoció el bajo cumplimiento del Protocolo de Kyoto y se firmó el Entendimiento de Copenhague, acordándose un objetivo total de reducción de emisiones. Dos años más tarde en la Cumbre del Clima de Durban (2011) justo a un año de expirar, se prorrogó el Protocolo de Kyoto hasta 2015, restableciéndose metas de disminución de emisiones de GEI para 2020. Finalmente, en la Cumbre sobre Cambio Climático de Varsovia (2013), se firmó un acuerdo de principios sobre el cual se están elaborando los documentos técnicos para la Cumbre de París a celebrarse en diciembre de 2015, donde debe suscribirse un **acuerdo vinculante**⁷ para limitar el calentamiento global a 2°C a partir de 2020 (IPCC, 2014). Es decir, que el nivel de emisiones no deberá sobrepasar las 32 gigatoneladas anuales (Mercado y Córdova, 2014).

Aunque los resultados en términos de los objetivos han sido exiguos, han incidido para que en ámbitos supranacionales y nacionales se establezcan acuerdos y dicten legislaciones para disminuir las emisiones de GEI. En 2007, la Unión Europea presentó un programa sobre energía y cambio climático cuya meta es reducir las emisiones en 20 por ciento con respecto a los niveles de 1990, incrementar la participación de las energías renovables en 20 por ciento, y mejorar la eficiencia energética en igual porcentaje. Para el transporte automotor, el porcentaje de reducción acordado es de 19% (UE, 2009).

Por su parte, en Estados Unidos, el Congreso aprobó en 2009 la ley de seguridad y energías limpias que establece la progresiva reducción de GEI. En 2012, deberán ser 3% menores, respecto al año 2005, en 2020, 17% y en 2050, 83% (US Department of State, 2010). Dos años más tarde, en 2011, estableció en sus estándares de ahorro promedio de combustible corporativo (Corporate Average Fuel Economy, CAFE) que en 2025 los fabricantes de vehículos deberán duplicar el rendimiento promedio de consumo de los vehículos y camiones producidos

⁷ En otras palabras, de obligatorio cumplimiento.

en ese país, de 45,7km por galón de combustible (3,785 lt) en ese año, a 91,3km (Bastani y otros, 2012).

La legislación incentiva transformaciones de los sistemas tecnológicos

Cumplir con las metas de los acuerdos y la legislación requerirá de la adopción combinada de políticas (*policies*) regulatorias en materia ambiental y de estímulo en los ámbitos tecnológico e industrial que determinarán las posibilidades de avanzar en el paradigma de la impulsión eléctrica. Algunas se presentan a continuación.

Como se indicó, aun cuando se introducen múltiples innovaciones, la eficiencia de los motores de combustión interna más modernos no supera el 20%, siendo poco probable cumplir con la meta establecida en los estándares CAFE con esta tecnología. Es evidente que esta regulación incentivará el desarrollo y la producción de autos eléctricos.

Una prioridad del actual gobierno de los Estados Unidos en materia energética ha sido reducir la dependencia del petróleo importado, para lo cual, entre varias acciones, ha creado incentivos al desarrollo de vehículos eléctricos. En el informe sobre el Estado de la Unión de 2011, se solicitaba “poner un millón de vehículos eléctricos en las carreteras de ese país para el año 2015 a objeto de promover un sistema de transporte sustentable” (Department of Energy, 2011). Sin embargo, el gran crecimiento de la producción doméstica de petróleo de esquisto, hizo imposible alcanzar tal meta, al punto que a inicios de dicho año los autos eléctricos en circulación apenas se aproximaban a los trescientos mil.

A pesar de ello el gobierno insiste en disminuir la dependencia del petróleo importado y colocar el millón de vehículos en las carreteras en un tiempo perentorio. Para ello, está empleando el poder de compra del Estado, lanzando el primer plan piloto de vehículos eléctricos, para incorporarlos, incluyendo infraestructura de carga, en el gobierno federal⁸. Destacan también las políticas en el ámbito tecnológico. En 2008, el Argonne National Laboratory, de la Universidad de Chicago estableció una alianza con 14 compañías fabricantes de baterías y

⁸ <http://www.gsa.gov/portal/content/281581>

materiales avanzados a fin de desarrollar infraestructura industrial para fabricar baterías de litio con fondos gubernamentales de dos mil millones de dólares (Green Car Congress, 2008).

Estas estrategias se vienen soportando en políticas federales para fortalecer capacidad tecnológica e industrial desde la década pasada. En 2008, el Argonne National Laboratory, de la Universidad de Chicago estableció una alianza con 14 compañías fabricantes de baterías y materiales avanzados a fin de desarrollar infraestructura industrial para fabricar baterías de Litio con fondos gubernamentales de dos mil millones de dólares (Green Car Congress, 2008). Apoyado en la Ley de recuperación de 2009, se invierte en desarrollar capacidad de manufactura en tecnologías de impulsión eléctrica, incluyendo dos mil millones de dólares en subsidios a fabricantes de baterías, motores y otros componentes de vehículos eléctricos, y dos mil cuatrocientos millones de dólares en préstamos a fábricas de vehículos eléctricos. Por otra parte, se diseñan programas de demostración de vehículos eléctricos, que incluyen fabricar unidades y la instalación de más de 22.000 estaciones de carga en diferentes ciudades de ese país (Department of Energy, 2011).

En Europa, Dinamarca e Irlanda han avanzado en la introducción de vehículos eléctricos y la modificación de la red energética. Pero también se desarrollan importantes iniciativas comunitarias como el citado proyecto *Intelligent Dynamics for fully electric vehicles* (ID4EV) y el programa Green eMotion orientado a la introducción masiva de la impulsión eléctrica en Europa. En este participan fabricantes de automóviles, servicios públicos, municipios, universidades y centros tecnológicos. Además de ofrecer importantes estímulos a la I+D, establecerá normas para estandarizar los procesos de carga en los diferentes países para facilitar su acceso, y desarrolla más de 10.000 puntos de recarga en diferentes regiones del continente (Mercado y Córdova, 2014).

El progresivo impacto en la producción y la economía

El acelerado desarrollo tecnológico, el impulso institucional y la reconfiguración de la estructura de servicios incentivan la progresiva introducción de vehículos eléctricos, con alto potencial de crecimiento en los próximos años.

Aunque su participación en el mercado mundial automotriz es todavía muy pequeña –constituyen una mínima fracción comparada con la de los vehículos de combustión interna— las ventas vienen experimentando un acelerado crecimiento interanual, superior al resto de las formas de locomoción automotriz. Para 2014, se estimó un incremento de las ventas de 67 % contra apenas un 3,6 % de toda la industria (cuadro 2)⁹.

En el segundo lustro se acelerará el crecimiento. Estimaciones optimistas indican que para el primer año de la próxima década la producción alcance tres millones ochocientos mil unidades (cuadro 2), cifra que constituiría una porción nada despreciable del mercado automotor, que evidenciaría el desplazamiento de esta industria hacia el paradigma de locomoción basado en la impulsión eléctrica.

**Cuadro 2 - Ventas de vehículos eléctricos (número)
en la presente década**

Unidades vendidas				Proyección
2011	2012	2013	2014	2020
45.000	113.000	242.000	403.000	3.800.000

Fuentes: Clean Energy Ministerial. Electric vehicles Initiatives. IEI (2013)
<http://cleantechnica.com/2014/02/06/2014-forecast-67-ev-production/>
<http://ev-sales.blogspot.com/2014/01/world-top-20-december-2013-special.html>

Alcanzar estas proyecciones requiere de una organización de provisión de insumos y partes, y una infraestructura de servicios, de una magnitud que el ritmo actual de desarrollo no sostiene. Por ello, organizaciones productivas, dispuestas a asumir grandes riesgos, proponen grandes emprendimientos que amplíen considerablemente la producción. Tal es el caso de Tesla Motors, que ha declarado su intención de instalar una fábrica de baterías de Ion Litio, en Estados Unidos para lo cual mantiene negociaciones y ha firmado una carta de intención con Panasonic, su principal proveedor de baterías. Se estima que la inversión rondará los cinco mil millones de dólares, generará

⁹ <http://cleantechnica.com/2014/02/06/2014-forecast-67-ev-production/>

seis mil quinientos empleos y podrá reducir el costo de producción de las baterías en alrededor de treinta por ciento (Ohnsman, 2014).

No obstante, analistas expresan dudas con relación a la viabilidad de este emprendimiento. Se señala que la tecnología de baterías de Ion Litio está llegando a su fase de madurez, por lo que las mejoras en adelante serán incrementales por lo que los avances en términos de aumento de densidad de carga y energía, que determinan la autonomía, y disminución de costos serán poco significativas. Por otra parte, se señala que los actuales esfuerzos de desarrollo tecnológico se concentran en las señaladas baterías de Li Aire (Li O_2) y Litio Sulfuro que pueden tener una densidad de energía mucho más alta, pero se encuentran en una fase de desarrollo incipiente (Schlachter, 2012), confrontando aun importantes problemas relacionados con los ciclos de recarga, aun muy bajos, y la deposición de subproductos en los electrodos que disminuyen la conductividad (Christensen y otros, 2012).

En todo caso, el litio continuará siendo la materia prima fundamental para el desarrollo y producción de baterías para la industria de automóviles eléctricos. En cualquiera de los dos escenarios, consolidación de la tecnología de baterías de Ion Litio, o innovación exitosa de baterías Li Aire (Li O_2) o Litio Sulfuro, se infiere un continuo y creciente aumento de la demanda de este recurso en los próximos años. Incluso, en caso de prosperar el segundo escenario se experimentaría un marcado incremento en la capacidad de almacenamiento de energía que puede promover mucho más la producción de autos eléctricos.

Industrialización y agregación de valor

Desde el punto de vista económico, los avances en I+D tecnológico presentados se están traduciendo en actividades industriales que generan apreciable agregación de valor y estimulan la integración vertical configurando nuevas cadenas industriales. A objeto de tener una idea del impacto que tiene la industrialización del litio se muestran algunos precios de los productos en las diferentes etapas (extracción, transformación y fabricación) (cuadro 3).

Los *commodities* básicos, obtenidos directamente de la extracción mediante procesos de precipitación de las salmueras, presentan incluso valores que permitiría clasificarlos dentro de la categoría de especialidades químicas (valor del kilogramo superior a 6 US\$) (Mercado,

1995)¹⁰. La primera transformación (obtención mediante transformaciones químicas de sales que servirán para elaborar compuestos más complejos) incrementa en más del doble la agregación de valor, en tanto que la síntesis de sales complejas (segunda transformación), que se destinarán a la fabricación de electrodos y electrolitos, agrega valor en factores superiores a 10 respecto a los *commodities* básicos. Al llegar a la fase de fabricación de los dispositivos, el valor agregado se habrá incrementado más de 20 veces.

Cuadro 3

	Etapa	Compuesto y/o parte	Precio Tonelada Us \$
I N T E G R A C I O N ↓	Extracción	Cloruro de Litio*	7.000
		Carbonato de litio**	7.000
	Primera transformación	Fluoruro de Litio**	16.000
		Fosfato de Litio***	19.000
	Segunda transformación	Sales complejas de Litio e_{jm} (Litio hierro fosfato)****	90.000
	Industrialización	Cátodos	↓ x 10 ³ Us\$ (Kg)
		Ánodos	
Sales de electrolitos			

Fuentes: * <http://www.alibaba.com/showroom/lithium-chloride-price.html>
 ** <http://.com/commodities/lithiumetf/whitepaper/Lithium%20Presentation%2004-23-12.pdf>
 *** <http://www.alibaba.com/showroom/li3po4.html>
 **** http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/759546?lang=en®ion=VE&cm_guid=1_-100000000000000226718_-33996020782&cm

Las proyecciones de la producción de vehículos eléctricos presentadas en el cuadro 2, permiten inferir el consecuente incremento de la demanda de materiales para la producción de baterías, destacando además la importancia que irán adquiriendo los diversos eslabones de estas cadenas industriales. Este crecimiento demandará una expansión del mercado de baterías de Ion Litio, que podrá pasar de 3.200 millones

¹⁰ Estos valores, comparativamente con *commodities* básicos petroquímicos, son muy superiores (alrededor de 10 veces).

de U\$S en 2013 a 24.100 millones de U\$S en 2023¹¹, lo que traducido en la demanda del principal *commodity* básico, el carbonato de litio, resultará en un incremento interanual de 27 por ciento, pudiendo pasar de 6.967 toneladas en 2011 a 204.900 en 2025¹².

Desafíos para Suramérica

Se mostró que el desarrollo y la difusión de la impulsión eléctrica en Europa se sustenta en gran medida en esfuerzos comunitarios, condición que deberían tomar muy en cuenta los países suramericanos si se aspira tener una participación más dinámica en los sistemas tecnológicos disruptivos en, y en torno a, la industria automotriz, que le permitan trascender su secular rol de proveedor de materias primas y productos primarios. Esto plantea, sin duda, importantes desafíos.

UNASUR viene creando el espacio político para establecer acuerdos y diseñar políticas que permitan avanzar en un aprovechamiento racional de sus recursos naturales, no apenas mediante su extracción sino a través de su transformación interna (Rodríguez 2013). Algunos de los objetivos definidos en la creación del organismo proveen el marco para el desarrollo de estas acciones:

- La cooperación económica mediante un proceso innovador y dinámico promoviendo el crecimiento y el desarrollo económico que supere las asimetrías mediante la complementación económica y la integración industrial y productiva.
- La definición e implementación de políticas y proyectos comunes o complementarios de investigación, innovación, transferencia y producción tecnológica¹³.

Fundamentado en estos objetivos, la Secretaría General de esta organización durante la gestión de Alí Rodríguez Araque (2012–2014),

¹¹ <http://www.navigantresearch.com/newsroom/advanced-batteries-for-portable-power-will-surpass-12-4-billion-in-annual-sales-by-2023>

¹² <http://www.prnewswire.com/news-releases/lithium-carbonate-market-2013-global-and-china-report-227272351.html>

¹³ http://www.comunidadandina.org/unasur/tratado_constitutivo.htm

propuso una estrategia común que tuviera como palanca el aprovechamiento integral de los recursos naturales, que requiere, entre otras cosas, importantes capacidades tecnológicas y científicas. Esto ha llevado a discutir el papel que deben tener estas actividades en dicha estrategia.

Más allá de las diferencias políticas existentes entre sus integrantes, en UNASUR parece existir una visión compartida sobre los graves problemas inherentes al modelo primario exportador y las amenazas que conlleva, máxime cuando la región posee riquezas tan importantes como la mayor biodiversidad del planeta, y los mayores porcentajes de reservas de materiales estratégicos —en algunos casos como el Litio y el Niobio la casi totalidad— fundamentales para nuevas áreas de producción que probablemente se constituirán en los ejes de la estructura tecnoproductiva global en el futuro mediano (Mercado y Vessuri, 2014).

Fortalecimiento de capacidades tecnológicas y científicas

La línea base de desarrollo tecnológico- científica de la cual se parte es baja, por lo que se requerirán grandes esfuerzos para superar la tradicional inserción complementaria de suministro de materias primas. En tal sentido, es necesario un importante *policy-mix* que combine instrumentos de ciencia, tecnología e innovación (CTI), industriales y ambientales (Ibíd.ant).

Una de las mayores dificultades que afronta la región para industrializar el litio es no contar con las capacidades tecnológicas suficientes. Los procesos de extracción y transformación se basarán, cada vez más, en las llamadas tecnologías penetrantes (e.g biotecnología, nanotecnología, nuevos materiales y TICs), áreas tecnocientíficas en las que también son exiguas las capacidades de investigación.

Frente a esta realidad, es necesario acceder a conocimiento tecnológico productivo mediante la adquisición y transferencia de tecnología. Chile y Argentina, dos de los tres productores de litio de la región concentran su actividad en el segmento básico de bajo contenido tecnológico. En Bolivia, la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), entidad estatal responsable de la explotación e industrialización del salar de Uyuni, ha comenzado a producir carbonato de litio y trata de industrializar a objeto de producir baterías en el largo plazo. En ese sentido, esta corporación ha venido suscribiendo acuerdos con empresas internacionales de Corea (2010 y 2011) y China (2012) para

adquirir tecnologías para la producción de baterías y sus componentes (Nacif, 2012). Más recientemente (2013) suscribió un acuerdo con una empresa holandesa para la construcción de una planta de baterías.

La experiencia histórica muestra sobradamente que la suscripción de acuerdos no garantiza la efectiva transferencia de tecnología, sobre todo si, como se indicó, los países receptores carecen de capacidades tecnológicas y científicas que sean capaces de apoyar dicho proceso y coadyuven en los procesos de asimilación y aprendizaje tecnológico.

Ahondando un poco más en los requerimientos de conocimiento, se procedió a identificar las disciplinas de investigación necesarias para el desarrollo de las diferentes tecnologías (cuadro 4). Se determina que disciplinas de la química como Analítica, electroquímica, inorgánica y síntesis orgánica, al igual que ciencia de los materiales, son clave para el desarrollo de los diferentes compuestos y dispositivos que componen las baterías, en tanto que la microelectrónica y las TIC's fundamentales para la elaboración de los dispositivos de control y seguridad.

Cuadro 4 - Disciplinas de Investigación que proveen conocimiento de base para el desarrollo tecnológico de baterías de Litio

Área disciplinaria	Compuestos y dispositivos				
	Sales complejas	Ánodos	Cátodos	Electrolitos	Dispositivos de control
Química Analítica					
Síntesis orgánica					
Química inorgánica					
Electroquímica					
Ciencia de los Materiales*					
Microelectrónica *					
TICs					
Química ambiental					

* Crecientemente impulsadas por la nanotecnología

Una condición favorable, es que la mayoría de los países suramericanos cuentan con capacidades de investigación, principalmente básica, en las áreas indicadas. Aunque comparativamente, la cantidad de investigadores es muy inferior a la que poseen los PD, existe masa crítica con calidad para producir conocimiento de alto nivel, lo cual constituye una interesante línea base para desarrollar políticas (*policies*) que abran líneas de trabajo que coadyuven al avance de la industrialización del Litio.

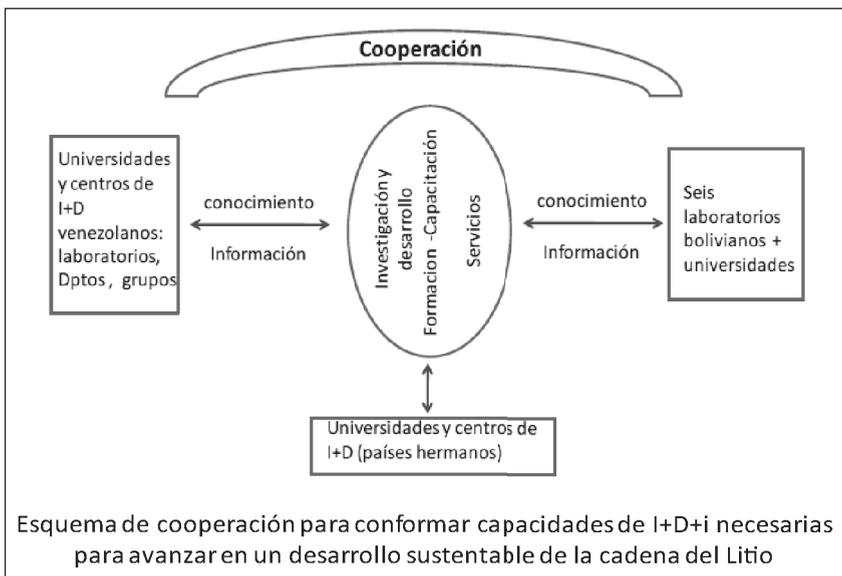
Un ejemplo ilustra esta apreciación y muestra el papel clave que pueden tener las políticas de CTI. En 2011, en el marco de un Convenio en materia de ciencia, tecnología e innovación entre Bolivia y Venezuela, se acordó un plan para la implementación de un proyecto conjunto para la fabricación de pilas y baterías de litio. En octubre de ese año, se realizó en Caracas el Seminario Industrialización Sustentable de los Recursos Naturales del Litio: La cooperación Bolivia-Venezuela. Sus objetivos eran identificar capacidades científico, técnicas y productivas útiles para el proyecto y delinear un plan de acción considerando la participación de los diferentes actores. Como se mencionó, en ese momento, Bolivia ya había definido una estrategia de explotación e industrialización que en la primera fase comprendía la instalación de la planta piloto para la obtención de carbonato de litio y cloruro de potasio y la instalación de laboratorios en las áreas de química analítica, electroquímica general, electroquímica de baterías y caracterización, síntesis y ensayo de materiales.

Bolivia no tenía capacidad de investigación en estas áreas, en tanto que en Venezuela, varias universidades nacionales poseían importantes capacidades en muchas de las áreas necesarias para el emprendimiento del país hermano en pequeños grupos de alto nivel, pero casi todas ellas orientadas a realizar investigación fundamental (Mercado y otros, 2011). Si bien se trabajaba poco con litio —se identificaron apenas dos líneas, una en electroquímica y una en materiales—, existían capacidades en todas las disciplinas que proveen conocimiento de base para el desarrollo de las tecnologías de baterías.

Es aquí donde la política pública comienza a jugar rol importante, señalizando el desarrollo de proyectos estratégicos. Reconociendo las limitaciones existentes en la generación de conocimiento tecnológico y científico para implementar un proyecto conjunto para la fabricación de baterías de litio, se determinó que la I+D era fundamental para viabilizar el emprendimiento. Esta debía fundamentarse en un amplio intercambio de conocimiento e información entre universidades y

centros tecnológicos venezolanos con el grupo que conformaría los seis laboratorios del proyecto boliviano y universidades bolivianas; que incluyera investigación, programas flexibles de formación y capacitación y servicios de laboratorio (figura 1). Para un desarrollo más vigoroso, era conveniente establecer acuerdos con universidades y centros de investigación de países hermanos (Brasil y Argentina), en el marco de la UNASUR (Mercado y otros 2011).

Figura 2



Para concretar la cooperación, se propuso crear laboratorios binacionales. La multiplicidad y complejidad de las tareas para la implantación del proyecto, evidenciaba el dilema de la necesidad generar conocimientos tecnológicos y científicos sin contar con las suficientes capacidades. Esto llevó a proponer que la instalación de los laboratorios tuviese figura binacional a objeto de aprovechar y potenciar las capacidades en Venezuela y su conformación en Bolivia. En el cuadro 5, se muestra las actividades a ser realizadas en los laboratorios a instalar en Bolivia, y los aportes que podían realizar las universidades y centros de investigación venezolanos en investigación y formación. Como se aprecia, estas últimas tenían líneas de investigación y capacidad de formación para apoyar cada uno de los laboratorios (ibíd. Ant.).

Este esquema de cooperación, aparte de fortalecer capacidades necesarias para acompañar los procesos de adquisición de tecnología foránea, su asimilación y la industrialización sustentable del recurso natural, contribuiría a disminuir las asimetrías existentes en los países de Suramérica en materia de desarrollo tecnológico y científico. Desafortunadamente la falta de continuidad institucional en Venezuela y la falta de especificidad en las metas propuestas en los acuerdos impidieron que se concretara esta proposición (Mercado y Vessuri, 2014).

Cuadro 5 - Universidades y Centros de Investigación venezolanos que pueden contribuir a conformar y desarrollar los laboratorios binacionales Bolivia-Venezuela

Requerimientos Proyecto explotación del Lito de Bolivia		Universidades y Centros de Investigación venezolanos	
Laboratorios Proyecto	Actividades que desarrollarán	Con líneas de Investigación	Con capacidad de ofrecer Formación
Laboratorio de Electroquímica General	Electroquímica General Purificación de carbonato de litio por técnicas electroquímicas Síntesis de litio metálico (ánodo de baterías primarias de litio)	Universidad Simón Bolívar, Universidad del Zulia Universidad de los Andes. Fundación Instituto de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela	Universidad Simón Bolívar Universidad del Zulia Universidad de los Andes Universidad Central de Venezuela
Laboratorio de Electroquímica de Baterías	Preparación de electrodos para baterías de litio Ensamblado de celdas Ensayos sobre baterías (ciclos de carga y descarga) Experimentación electroquímica	Universidad Simón Bolívar Universidad del Zulia Universidad de los Andes Fundación Instituto de Ingeniería Universidad Central de Venezuela	Universidad Simón Bolívar Universidad del Zulia Universidad de los Andes
Laboratorio de Síntesis de Materiales	Síntesis de materiales para cátodos Síntesis de sales de litio Síntesis de electrolitos para baterías de litio	Universidad Simón Bolívar Universidad del Zulia Universidad de los Andes Fundación Instituto de Ingeniería	Universidad Simón Bolívar Universidad del Zulia Universidad Central de Venezuela
Laboratorio de Caracterización de Materiales	Caracterización por microscopía de electrodos Caracterización electroquímica de electrodos Caracterización superficial Caracterización química	Universidad del Zulia Universidad Central de Venezuela Universidad de los Andes	Universidad del Zulia Universidad Central de Venezuela Fundación Instituto de Ingeniería
Laboratorio de Ensayos de Materiales	Ensayos mecánicos sobre baterías Ensayos térmicos sobre baterías Control de calidad	Universidad del Zulia Universidad de los Andes	Universidad del Zulia Universidad Simón Bolívar
Laboratorio de Análisis Químico	Análisis químico de electrodos Análisis químico de electrolitos Análisis de gases (oxígeno y agua)	Universidad Central de Venezuela Universidad de los Andes Universidad del Zulia	Universidad Central de Venezuela Universidad de los Andes Universidad del Zulia
Otros (Ambiente)		Universidad Simón Bolívar Fundación Instituto de Ingeniería Universidad Central de Venezuela	Universidad Simón Bolívar Universidad Central de Venezuela

Fuente: Mercado y otros (2011).

La cooperación como eje de impulso de capacidades de generación de conocimiento

La experiencia anterior sugiere mecanismos de promoción de capacidades tecnológicas y científicas necesarias para una estrategia de aprovechamiento integral del litio, y de forma más general de los recursos naturales estratégicos de la región, enmarcados dentro de la propuesta de la UNASUR. La existencia de múltiples grupos de investigación en universidades y centros de investigación de la región en las áreas necesarias para su desarrollo (cuadro 4), puede constituir un núcleo con potencialidad que, impulsado por apropiadas políticas de CTI, conforme un tramado de actores e instituciones capaces de asimilar eficientemente la tecnología, mejorarla, y en fases posteriores realizar desarrollos propios. En otras palabras, que permita a los países de la región ingresar en esta revolución tecnológica como emuladores tempranos.

En tal sentido, es conveniente elaborar una agenda con dos horizontes temporales. En el corto plazo, se debe incentivar la incorporación de los numerosos grupos de ingeniería y ciencias de las universidades que trabajan en áreas pertinentes, en proyectos definidas a partir de necesidades y problemas identificados. En el ámbito tecnológico, se relacionan necesariamente con actividades que incrementen la capacidad absorptiva de la industria (Sporleder y Peterson, 2003) y su eficiencia productiva. Esto puede inducir procesos de aprendizaje que, por una parte, incrementen la capacidad tecnológica de las empresas y, por otra, eleven la capacidad tecnoproductiva de la universidad, definida como su habilidad para aplicar y transferir el conocimiento que genera en actividades de utilidad industrial (Mercado y Malavé, 2010). En ámbitos como el ambiental y de salud, es posible una integración más inmediata de grupos de investigación. Las actividades extractivas y de transformación primaria generan problemas que demandan abordajes urgentes, que aparte de atenuar los impactos, busquen alternativas para la reutilización y aprovechamiento de residuos y subproductos y desarrollen prácticas de remediación. Esto último es particularmente urgente por la grave degradación ambiental que experimentan muchos espacios donde se desarrolla la actividad productiva en la región (Mercado y Vessuri, 2014).

Una segunda, de mediano plazo, basada en la cooperación, debe promover el desarrollo de proyectos multidisciplinarios que apunten

a impulsar la integración de los eslabones productivos. Los requerimientos de explotación e industrialización sustentable del litio señalizan el tipo de conocimientos requeridos que deben generarse tanto en universidades y centros de investigación como en las empresas de los diferentes sectores, así como evidenciar las asimetrías que deben disminuirse.

La creación de redes de investigación aprovechando los grupos de trabajo existentes, bien a través de la creación de laboratorios públicos de varios países que compartan una base amplia de recursos necesarios para la industrialización, bien mediante redes de intercambio de investigadores y estudiantes incorporados en proyectos específicos puede atenuar la dificultad de no tener capacidad de realizar grandes inversiones.

Complementariedad industrial

Un último elemento se relaciona con la formulación de políticas industriales que incorporen capacidad productiva nacional y regional existente a los proyectos de industrialización del litio. Aparte de los componentes medulares discutidos (ánodos, cátodos, electrolitos), que en una primera fase deberán ser importados o producidos bajo licencia, la fabricación de baterías de litio requiere de una cantidad de componentes fabricados en aluminio, acero y termoplásticos, materiales en los que varios de los países suramericanos tienen producción industrial e, incluso, importantes capacidades tecnológicas.

Resinas termoplásticas de polietileno (PE) y polipropileno (PP) son empleadas para la fabricación de las carcasas y membranas separadoras. En algunos países de la región (Venezuela, Brasil, Argentina) varias empresas producen estas resinas en diferentes “grades”¹⁴ teniendo incluso capacidad para adaptarse a requerimientos de los clientes. Aguas abajo, existen empresas transformadoras de plástico que, con la matricería adecuada, estarían en capacidad de producir estas partes (cuadro 5).

¹⁴ Mide la dureza y resistencia del material.

Cuadro 6 - Insumos y producción regional de otros componentes para la fabricación de Baterías Ion-Li

Componentes o partes	Material(es) de fabricación	Producción en la región	Procesamiento requerido	Existe procesamiento
Separadores o membranas	Polietileno (PE) Polipropileno (PP)	Sí	Producción de películas	Sí (se requeriría adaptación)
Carcasa	Polietileno (PE)	Sí	Transformación del plástico (matricería diversa)	Sí
Cubierta	Acero	Sí	Producción de aceros diversos y producción de laminas	Sí (se requeriría adaptación)
Láminas	Aluminio primario	Sí	Producción de láminas de diverso calibre	Sí (se requeriría adaptación)
	Cobre	Sí		

Fuente: elaboración propia.

El acero, empleado para la fabricación de cubiertas, se produce en varios países (Venezuela, Brasil), existiendo capacidad de transformación en perfiles y láminas de diversos espesores y capacidad técnica para la adecuación de estos productos a los requerimientos específicos para la fabricación de baterías de litio (cuadro 5). Condición similar se da en el caso del aluminio, producido en Brasil y Venezuela y el cobre, producido por Chile.

Por otra parte, en la mayoría de los países existen fábricas de baterías tradicionales (plomo-ácido) para diversos usos, en especial para la industria automotriz, algunas con una infraestructura y capacidad tecnológica que podrían considerarse para la organización de los emprendimientos industriales. Cabe resaltar que en este grupo varias son de capital nacional, por lo que no sería desatinado explorar la posibilidad de formular políticas de estímulo para su participación como la

instrumentada por el gobierno federal de Estados Unidos a través del *Argonne National Laboratory*, descrita en este estudio.

Conclusiones

Modificar las actuales estructuras productivas y de servicios, en especial del transporte, es imperativo para disminuir el peligroso ritmo de crecimiento de las emisiones de CO₂ que tienen consecuencias impredecibles sobre el clima del planeta. La lógica económica, en general, no presta atención a este problema, por lo que las legislaciones y los acuerdos internacionales juegan un papel cada vez más importante en la transición hacia una economía baja en carbono. Gran parte del esfuerzo innovador para la atenuación del impacto ambiental de las actividades en las áreas señaladas se ha realizado para responder a estándares establecidos en la legislación.

Concomitantemente en laboratorios públicos (incluidos los pertenecientes a universidades) y privados de diversas regiones del planeta se está adelantando una intensa actividad de investigación fundamentada en tecnologías penetrantes (nanotecnología, microelectrónica). Sus resultados están ampliando significativamente el conocimiento de base para el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía y la impulsión eléctrica. Una revisión de indicadores de esfuerzos e impacto revela que estas áreas se ubican entre los primeros lugares de las cien líneas de investigación más importantes en la actualidad. Los esfuerzos en desarrollo tecnológico no son menos intensos registrándose importantes avances en incrementos de la acumulación de energía de las baterías y optimización de los sistemas de impulsión.

En este escenario, una creciente ola de innovaciones disruptivas modificarán los sistemas tecnológicos de, y relacionados, con la industria automotriz. Su desarrollo puede consolidarse definitivamente si se integran a fuentes de generación más limpias, sector que en la actualidad también experimenta un acelerado proceso de innovación y desarrollo tecnológico que aumentará significativamente la producción de energía. No obstante, será necesario conformar toda una nueva infraestructura física (distribución) e institucional (normativa), tareas en la que agrupaciones industriales. Estados y bloques regionales ya

están trabajando. El resultado neto puede ser una modificación de la matriz energética que impactará a varios sectores de la economía.

Estas transformaciones son de tal magnitud que prefiguran una revolución tecnológica. Pero en términos socioeconómicos y políticos esta revolución presenta justamente la particularidad de ser los factores socioinstitucionales vinculados a la sustentabilidad los que están dando el mayor impulso a los cambios tecnológicos que producirán un nuevo paradigma de la locomoción.

Aunque el reflejo de estos esfuerzos en la economía es todavía pequeño, los sistemas tecnológicos de la impulsión eléctrica evidencian un dinamismo superior al de los sistemas de combustión interna. El ritmo de crecimiento actual demuestra una ampliación importante de la industria, y las proyecciones apuntan que para 2020 la producción de vehículos eléctricos será quince veces mayor que la registrada en 2013, cantidad que constituirá una fracción importante del mercado automotor. Esta ampliación tendrá un impacto multiplicador en las agrupaciones proveedoras de materias primas, insumos y servicios tecnológicos al incrementar significativamente la demanda.

Esta revolución tiene para Suramérica importantes implicaciones, ya que posee la gran mayoría de las reservas mundiales de litio, elemento químico fundamental para la consolidación de todo este proceso tecnoproductivo. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con capacidades tecnológicas y científicas que permitan ir más allá de la explotación del recurso y, cuando mucho, su transformación primaria.

Por esta razón, la política jugará un papel clave en las posibilidades de participar de manera activa en este proceso. En el ámbito de las decisiones (*politics*), la existencia de una voluntad de integración regional reflejada en los objetivos de UNASUR, fundamentados en la industrialización de los recursos naturales mediante su aprovechamiento integral a través de la investigación, innovación, transferencia y producción tecnológica, abre oportunidades para superar las deficiencias citadas y procurar que la región se incorpore en esta revolución en la fase de difusión como émulos tempranos. La cooperación emerge como eje medular de la formulación de las políticas.

En este nivel —de las *policies*—, la elaboración de instrumentos en las áreas científica, tecnológica e industrial, será clave para el desarrollo de las capacidades que permitan la agregación de valor al recurso mediante su transformación industrial. Se estableció que incluso en las

dos primeras etapas posteriores a la extracción del litio como su sal de carbonato, la síntesis de fosfato de litio y la posterior síntesis de sales complejas, se puede agregar valor en un factor de aproximadamente 13 veces el precio del carbonato de litio. Es evidente entonces que, de no implementarse, habrá que conformarse, una vez más, con ingresar a esta revolución como adoptantes tardíos.

Uno de estos instrumentos puede ser la creación de espacios de intercambio y generación de conocimiento tecnológico y científico, impulsados por la cooperación. Un ejemplo señalado en este estudio es la conformación de laboratorios (físicos o virtuales en red) con el concurso los múltiples grupos de investigación y centros de I+D existentes en los diferentes países, lo que permitiría construir sinergias y atenuar el problema de las grandes inversiones necesarias para su conformación que la mayoría de los países no puede afrontar individualmente.

Finalmente la política industrial tiene un rol no menos importante. La industrialización del litio demanda de importante cantidad de insumos y servicios industriales en los que en la mayoría de los casos existe la materia prima, capacidad de procesamiento y provisión local. Hay también en algunos países fábricas de baterías tradicionales, varias de ellas de capital nacional con importante capacidad tecnológica. Elaborar instrumentos de tipo financiero, legal y tecnológico para incorporarlas será clave para avanzar en un desarrollo tecnoproductivo que permita participar activamente en las industrias que emergen y no integrarse asimétricamente a través de las meras actividades extractivistas.

Citas bibliográficas

- Bastani, P., Heywood, J.B., and Hope, C (2012). U.S. CAFE Standards: Potential for meeting light-duty vehicle fuel economy targets, 2016-2025, MIT Energy Initiative, Cambridge, Massachusetts.
- Bruckmann, M (2013). “Las reservas de recursos naturales son una fortaleza de Suramérica”. Entrevista. América latina en Movimiento. <http://alainet.org/active/64056&lang=es>
- Christensen, J. Albertus, P. Sanchez-Carrera, R. Lohmann, T. Kozinsky, B. Liedtke, R. Ahmed, J. Kojic, A (2012). A Critical Review of Li/Air Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 159 (2).

- Disponible en: http://www.eosenergystorage.com/documents/2012_JES_Christensen_Kojic_Critical_Review_Li-air.pdf
- Canis, B (2011). Battery Manufacturing for Hybrid and Electric Vehicles: Policy Issues. Congressional Research Service.
- Department Of Energy (2011). One Million Electric Vehicles by 2015. Disponible en: http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/1_million_electric_vehicles_rpt.pdf.
- Foladori, G . Invernizzi, N (2009). Las nanotecnologías en la crisis mundial. Polis, Revista de la Universidad Bolivariana, 8, 2009. p 281-298
- Gani, A (s/f). Calculation of Carbon Footprint of a Car running in Diesel, Hydrogen and Electricity derived from Crude Oil. Mimeo. Anna Univ. India.
- Geffen, C (1995). Radical innovation in environmental technologies: the influence of federal policy. Science and Public Policy. 22 (5).
- Green Car Congress (2008). 14 US Companies, Argonne Lab Form National Alliance to Advance Li-ion Battery Manufacturing in the US. <http://www.greencarcongress.com/2008/12/14-us-companies.htm>
- Hensley, R. Newman, J. Rogers, M (2012) Battery technology charges ahead. McKinsey Quarterly, Sustainability & Resource Productivity Practic. July
- Herzog, T (2009). World greenhouse gas emissions in 2005. World Resource Institute Working Paper. <http://www.wri.org/publication/navigating-the-numbers>
- IEA (2011). Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker. http://www.iea.org/index_info.asp?id=1959.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Summary For Policymakers. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Kamada, F Mikelsen, T (2011)., Editorial: Trends in wind energy 2011 J. Renewable Sustainable Energy 3, 050401.
- Mercado, A (1995). “Desarrollo Tecnológico en la Industria de Química Fina de Brasil: Clasificación Taxonómica y Determinación de una Secuencia Incremental de Capacitación”. Fondo Editorial FINTEC. Caracas.
- Mercado, A. Córdova, K (2014). *Desarrollo Tecnológico en Baterías e Impulsión Eléctrica ¿Sistemas tecnológicos Disruptivos Promovidos por Imperativos Ambientales?* Cuadernos del CENDES, 84.

- Mercado, A. Figuera, A. Bastidas, E. Márquez, I. López, J (2011) *Seminario Industrialización Sustentable del Litio: la Cooperación Bolivia – Venezuela*. Informe Técnico. Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas.
- Mercado, A. Malavé, M (2010). *Implantación del Centro Nacional de Tecnología Química ¿Porqué es difícil construir interfases en un país en desarrollo?* Revista Espacios, Caracas. Volumen 31, 4.
- Mercado, A. Vessuri, H (2014). *El conocimiento científico y tecnológico en la estrategia de aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo integral de UNASUR*. Memorias del Foro de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR) sobre Ciencia, Tecnología, Innovación e Industrialización en América del Sur. Rio de Janeiro.
- Nacif, F (2012). “Bolivia y el plan de industrialización del litio: un reclamo histórico”. Revista del CCC [en línea]. <http://www.centrocultural.coop/revista/articulo/322/>. ISSN 1851-3263
- OECD-IEA (2009). *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. http://www.iea.org/papers/2009/EV_PHEV_Roadmap.pdf
- Olivier, J. Greet, J. Jeroen, P (2012). *Trends in global CO₂ emissions 2012 Report*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Ohnsman, A (2014). *Tesla’s Battery Plant Boosted as Panasonic Signs Letter of Intent*. Renewable Energy world.com. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/05/teslas-battery-plant-boosted-as-panasonic-signs-letter-of-intent>.
- Perez, C (2002). *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero, Siglo XXI*, México,
- Perez, C (2010). *Technological revolutions and techno-economic paradigms*. Cambridge Journal of Economics, Vol. 34, No.1, pp. 185-202.
- Purvin & Gertz (2012) *Purvin & Gertz Releases Global Petroleum Market Outlook – Balances 26 April 2012*. <http://www.purvingertz.com/dynpage.cfm?PageID=11&filter=2&Article=194>.
- Regulatory Assistance Project. International Council on Clean Transportation. M.J. Bradley & Associates LLC (2013). *Electric Vehicle Grid Integration in the U.S., Europe, and China Challenges and Choices for Electricity and Transportation Policy*. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EVpolicies_final_July11.pdf
- Rogers, E (1995). *Diffusion of Innovations*, Fifth Edition Free Press NY.
- Rodríguez, Alí (2013). *UNASUR: Una estrategia integral. América Latina en Movimiento*, 488. Pp 2-5.

- Schlachter, F (2012). All-Electric Cars Need Battery Breakthrough. American Physical Society Sites July 2012 (Volume 21, Number 7) <http://www.aps.org/publications/apsnews/201207/electriccars.cfm>
- Scrosati, B. Garche, J (2010.). Lithium batteries: Status, prospects and future. *Journal of Power Sources* 195 Pp 2419–2430.
- Sporleder, T. Peterson, C (2003). Challenges to Future Agrifood Corporate Strategy: Knowledge Management, Learning, and Real in Options. Knowledge Management. International Food and Agribusiness Management Association, Cancun, Mexico, June 20-21, 2003.
- United States Department of State (2010). Projected Greenhouse Gas Emissions U.S. Climate Action Report
- Vessuri, H. Mercado, A (2013). *Desarrollo científico y tecnológico, políticas tecnológicas e industriales y recursos naturales*. Conferencia de Recursos Naturales y Desarrollo Integral de la Unasur. Caracas, 2013.

LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL LITIO EN AMÉRICA LATINA: ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA LA SOBERANÍA ENERGÉTICA

*Iván Aranda Garoz*¹

Introducción

Dimensión y atributos estratégicos de la industria de acumuladores de litio

Existe un gran número de aplicaciones para el litio², muchas de ellas conocidas desde comienzos del siglo pasado. Sin embargo, desde la década de los 90, las baterías de ión-litio se han consagrado como el sector más dinámico de la economía del litio. La explicación mantiene

¹ Licenciado en Ciencias Químicas (Universidad Autónoma de Madrid) e Ingeniero Superior de Materiales (Universidad Complutense de Madrid), Consultor Estratégico de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de la Corporación Minera de Bolivia (GNRE-COMIBOL) para el diseño y planificación de la 3er Fase de cátodos y baterías del proyecto de industrialización de los recursos evaporíticos (2009-2014).

² Algunos campos significativos de aplicación del litio son la metalurgia, empleándose el litio como dopante en aleaciones de aluminio, la química farmacéutica, donde el carbonato de litio de alta pureza es usado para el tratamiento de la esquizofrenia, la química orgánica, en lo que se refiere a los compuestos organolíticos, como el elbutil litio (Bu-Li), extensamente empleados en síntesis orgánica, el sector de las grasas y lubricantes a base de litio, sistemas de absorción de humedad, en los cuales ciertos haluros litiados (bromuro de litio, por ejemplo), actúan como absorbente de partículas de agua, intercambiadores de calor, donde sales fundidas de litio, – a través de la focalización de un haz de luz en un campo de espejos solares, ej.: transfieren energía a un flujo de agua cuyo vapor genera electricidad en una turbina.

relación con su amplia difusión y rango de aplicaciones, su creciente demanda y el rápido decrecimiento en sus costos de producción, es decir, con el carácter de *paradigma tecnológico* que acompaña a estos dispositivos.

La gran variedad de usos³ y rangos de almacenamiento de las baterías de litio da cuenta de la dimensión de esta industria. Aunque a pesar de que las especificidades que presenta cada uno de estos subsectores bien merecería su propio análisis, la condición actual de la región latinoamericana, tanto por contar con las mayores reservas mundiales de litio como por su contexto socio-político, justifica centrar el análisis en aquellos subsectores estratégicos y litio-intensivos: el del transporte y el energético. Para ello, es pertinente establecer los dos atributos principales que hacen de las baterías de litio el valor de uso más relevante dentro del espectro de aplicaciones.

El primero deriva de un aspecto más superficial y pragmático, relacionado con la satisfacción de una necesidad creciente de acumulación de energía, fruto de una demanda social que en la actualidad reconoce la telefonía móvil, las computadoras portátiles y otros dispositivos electrónicos portables como artículos de primera necesidad. En este sentido, a la vista de los avances científicos y técnicos alcanzados en esta materia puede afirmarse que actualmente numerosos subsectores de la industria de baterías de litio son maduros. Todo indica que el empleo de vehículos eléctricos se instalará en la cotidianeidad a medio y largo plazo. Primero, en los países centrales y posteriormente en la periferia, tal y como ha ocurrido con los celulares. Una razón fundamental que hace de las baterías de litio un dispositivo de gran interés es que presentan y presentarán una fuerte demanda. Esta perspectiva de mercado es relevante para la región en un momento en el que existe un amplio debate regional respecto al futuro de la industrialización de litio. En este marco de debate, no resulta extraña la asociación directa de las baterías de litio para vehículo eléctrico como el producto estrella de la

³ Algunas aplicaciones relevantes de las baterías de litio engloban las militares (submarinos, armamento), aeroespaciales (cohetes, satélites), médicas (marcapasos), herramientas (taladros, cortadoras), transporte (vehículos, motocicletas, buses), back up, (hospitales, laboratorios), electrificación (suministro eléctrico doméstico e industrial), electrónicas de consumo (celulares, laptops), además de relojes, juguetes, linternas, etc.

industrialización. Este tipo de batería, por una parte, ejercerá un fuerte efecto tractor sobre la producción, pero además, a la fecha presenta unas excelentes perspectivas en cuanto a su realización futura como mercancía intercambiable de alto valor añadido.

Sin embargo, en un segundo plano y alejado del *mainstream* regional, subyace un debate más profundo y de mayor alcance que merece la pena rescatar y está relacionado con la futura matriz energética y el papel que en ésta jugarán los acumuladores de litio. La discusión sobre el futuro energético del planeta abarca múltiples temas que engloban la problemática de la sostenibilidad medioambiental, afectada por las ingentes emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la generación eléctrica, o el inexorable agotamiento de los combustibles fósiles, y derivado de ambos, el cuestionamiento del actual modelo energético. No sólo la perspectiva de escasez o el medioambiente son motivos de preocupación. El problema de la producción energética centralizada y, en muchos países, el régimen oligopólico al que se ve sometido el sector está levantando voces desde Europa y Estados Unidos a favor de un modelo descentralizado de la producción y en la autogeneración —a través de sistemas de generación renovable acoplados a dispositivos de almacenamiento—, y utilizando redes inteligentes operadas mediante las modernas tecnologías de información y comunicación (TICs). Frente a esta situación, desde instituciones supranacionales como la ONU o la UE se están impulsando programas para tomar posiciones de cara a esta problemática. Al mismo tiempo, Estados y corporaciones desarrollan proyectos orientados a la promoción de las energías renovables bajo el supuesto de que este será el nuevo rumbo que tomará el sector energético.

No obstante, a pesar de que efectivamente existe un debate en torno al cambio de matriz energética, y de la incipiente aparición de proyectos y programas dirigidos a impulsar el modelo renovable, los problemas medioambientales y de escasez no se atisban en el corto plazo. Existen fuertes intereses por parte de los grupos económicos ligados al sector tradicional. Entonces, ni los tibios avances alcanzados, ni mucho menos el discurso presentado desde los centros de poder sobre el alcance del problema, permiten entrever el elemento estratégico que supone el control soberano de un recurso natural potencialmente útil para asegurar el abastecimiento energético en el futuro. Si se considera el grado de desarrollo tecnológico alcanzado

tanto en materia de acumuladores de litio como de sistemas de generación a través de fuentes renovables en tan corto período de tiempo, es previsible que, en un horizonte más o menos cercano una gran parte del abastecimiento energético, pueda ser instalado a base de energías renovables⁴. Y, sin duda, esto será así cuando los combustibles fósiles se hayan extinguido. Al margen de la generación e independientemente de la tecnología empleada (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica, etc.), y a pesar del carácter prioritario que dan los operadores eléctricos al consumo de la energía renovable volcada a la red, es condición necesaria para la aplicabilidad de estas tecnologías renovables, el uso de artefactos capaces de acumular la energía generada como vía para estabilizar los picos de oferta y demanda energética. Por consiguiente, el futuro de las energías renovables está indisolublemente ligado al de la acumulación. La posesión real de recursos naturales susceptibles de ser transformados en sistemas de acumulación de energía, el litio, y sumado a la capacidad de transformarlos en estos sistemas, implica el dominio de un *commodity* capaz de generar flujo de caja a través de la comercialización en el mercado internacional y supone profundizar en el control soberano del abastecimiento energético. A la fecha, la tecnología de acumulación que presenta mayor grado de consolidación tecnológica, y mayor potencial de perfeccionamiento en el futuro, es a base de litio.

Muy conscientes de las oportunidades económicas en torno a la acumulación energética basada en el litio y con el horizonte de viabilidad del actual modelo energético acotado, gobiernos y firmas del sector despliegan sus estrategias, geopolíticas y comerciales. Así, mientras que China busca cubrir todo el espectro de aplicaciones, desde las baterías de baja energía para dispositivos portables —rubro en el que es líder mundial—, hasta las de gran capacidad energética, y en ambos casos bajo la lógica de máxima reducción de costos, en Estados Unidos y Europa se apuesta principalmente a dispositivos de alta capacidad energética, pero bajo criterios de excelencia tecnológica.

⁴ La cuota de energía renovable sobre el total del consumo en la Unión Europea es del 14.1% (promedio comunitario). El objetivo para 2020 es del 20%, sin embargo, algunos países miembro presentan en la actualidad cuotas muy superiores: Suecia (51%), Finlandia (34.3%), Austria (32.1%). (Europa Press, 2014).

Japón y Corea, al igual que China, buscan cubrir un amplio rango de usos pero priorizando la calidad tecnológica como en Europa.

Todo esto, en un contexto de control oligopólico de la producción de carbonato de litio, en el que cuatro empresas se reparten más del 80% de la producción mundial, está dando lugar a una especie de “fiebre del litio” donde grandes empresas de sectores como el automotriz, la electrónica, o la minería, respaldadas por sus gobiernos de origen, despliegan en América Latina una diplomacia de las materias primas con el objetivo de asegurarse el suministro futuro del codiciado elemento. De este modo, los resultados positivos de esta nueva diplomacia se dejan ver en el hecho de que parece haberse instaurado una “moda” en la que las transnacionales de los sectores relacionados, directa o indirectamente, con el almacenamiento de energía controlan su propio salario bajo régimen concesional minero privado, hasta sumar en la actualidad más de cien proyectos en ejecución para producir carbonato de litio, o alguno de sus derivados.

Ante este boom del litio que centra todas las miradas en la Arabia Saudí del litio —como a muchos autores les gusta referirse a la región del Cono Sur donde se encuentran los salares—, los nuevos Estados latinoamericanos, refundados tras el período neoliberal, buscan respuesta a la pregunta de cómo encarar la industrialización del litio en América Latina. En concreto, los tres países que integran el triángulo del litio —Argentina, Bolivia y Chile— se responden de manera diferente. En Bolivia se apuesta por una industrialización bajo control estatal, mientras que en los otros dos países, se opta por el modelo concesional. En la Argentina se plantea la creación de una “OPEP” del litio con los otros dos países para proyectar una política común; mientras, en Chile se debate sobre los Contratos Especiales de Operación de Litio, que abren la puerta a nuevos emprendimientos para la explotación de sus salares, y también sobre la pertinencia de eliminar el término “estratégico”, que acompaña al litio, de la constitución.

Sobre estos elementos, que ponen de manifiesto la necesidad de encontrar la fórmula para la industrialización del litio latinoamericano, cabría añadir algunos más que, tal vez subordinados a los temas de carácter más mediático, podrían revelarse como clave para el análisis. Por las características de esta industria que engloba la explotación de un recurso natural estratégico, y que por tanto tiene implicaciones geopolíticas, pero también porque se trata de una industria intensiva

en ciencia y tecnología, no es posible pensar en la forma de la industrialización independientemente de sus consecuencias sobre el modelo de desarrollo en su conjunto.

Por “industrialización del litio” se entiende, en mayor o menor medida, transformar los *commodities* de litio en productos de mayor valor agregado y, en última instancia, en baterías de litio. Entonces, el reto de la industrialización incorpora un efecto indirecto, pero de gran relevancia implícito al proceso tecnológico de conversión del carbonato de litio en acumuladores de energía: el aprendizaje. Economistas de renombre⁵ afirman que frente a las políticas convencionales basadas en la eficiencia a corto plazo —que en este caso estarían relacionadas con la lógica primario-exportadora o las transferencias de tecnología intramuros entre filiales y casas matrices—, aquellas que toman una perspectiva de innovación/aprendizaje pueden resultar mucho más rentables en el largo plazo. También estos autores afirman que la rentabilidad promedio para la economía proveniente de proyectos gubernamentales orientados a la investigación industrial, es más elevada que cuando éstos proyectos son llevados a cabo por el sector privado, dado que los “incentivos privados no se encuentran bien alineados con los beneficios sociales” (Stiglitz, 2014).

Estas afirmaciones invitan a replantear el modelo de industrialización no sólo desde una perspectiva economicista, sino con un enfoque que incorpore otras variables relacionadas con el conocimiento. Desde esta óptica, la dimensión científico-tecnológica debe ser trasladada a un plano prioritario. De otro modo se estaría incurriendo en el error histórico de pensar —o en muchos casos, capciosamente afirmar— que la dependencia tecnológica nada tiene que ver con la categoría de periferia. Este enfoque tiene consecuencias directas a la hora de proyectar la industrialización, pues la aceptación de la variable científico tecnológica complejiza la definición de criterios para la selección de

⁵ Robert Slow, economista estadounidense y premio Nobel de Economía en 1987, afirmaba que “los aumentos en ingresos no se deberían atribuir a la acumulación del capital, sino que se deben atribuir a los avances tecnológicos”. Por otro parte, Joseph Stiglitz, profesor de la Universidad de Columbia y premio Nobel de Economía en 2001, critica que las políticas del Consenso de Washington, impuestas a los países en desarrollo con el objetivo de promover la eficiencia en la asignación de recursos “hoy en día impiden el aprendizaje y, por tanto, conducen, a la larga, a estándares de vida más bajos”.

tecnologías, de los que, en última instancia, resulta la base material del modelo industrial, y de ello su alcance. Mientras que la aproximación economicista ortodoxa fundamenta la selección de la tecnología en base a la optimización de la función de producción, en un enfoque heterodoxo que considere la ciencia, la tecnología y su función social, el proceso de selección se vuelve más complejo. En este caso, la toma de decisiones con respecto a los socios tecnológicos, las escalas de producción, o inclusive, la definición de productos estrella responde a una lógica diferente de la del costo-beneficio.

Se trata de indagar cómo la incorporación de diferentes variables de análisis en el entorno multidimensional en el que se encuentra inserta la industria de los acumuladores de litio, condiciona la trayectoria de industrialización, y cómo puede determinar relaciones de soberanía y dependencia.

Las coordenadas del litio frente a las necesidades globales de almacenamiento de energía

El sector eléctrico: Buscando a contrarreloj la eficiencia y sostenibilidad energética

Actualmente, es sabido que el abastecimiento energético por fuentes no renovables concluirá en algún momento del presente siglo⁶ y dará lugar a un nuevo paradigma energético basado en las energías renovables. Es así, que la construcción de la futura matriz energética mundial, mediada por una gran transición tecno económica donde las energías renovables coexisten y compiten con las tradicionales, y cuyo

⁶ La US EnergyInformationAdministration, reportaba para 2010 un consumo mundial por año de 31,8 miles de millones de barriles de petróleo. Ese mismo año las reservas de petróleo probadas contaban con 1.355 miles de millones de barriles, lo que supondría una vida de la reserva hasta 2052. Por otra parte, la producción mundial de gas natural fue 108 TPC, sobre una reserva mundial total de 6.534 TPD, lo cual corresponde con 60 años de vida de la reserva de gas. Si ahora consideramos una tasa de reposición de la reserva del 75% y las tasas de crecimiento de consumo para gas y petróleo, las reservas de petróleo se extinguirían en 2097 y las de gas en 2087 (en, <http://www.petrostrategies.org/>)

origen está teniendo lugar en nuestros días, suscita preocupaciones de carácter transversal entre múltiples actores sociales. El problema de la sostenibilidad ambiental, sumado a una visión estratégica que combina la prospectiva sobre escasez energética con las oportunidades actuales que brindan las renovables, ha propiciado el establecimiento de ambiciosos objetivos y programas para impulsar el sector.

De esta forma, la Unión Europea se ha propuesto que el mix de energías renovables para el año 2020 contribuya con un 20% del consumo total de la Unión. También en esta línea, el programa de Naciones Unidas *Sustainable Energy for All*, articulado a través de alianzas público-privadas, espera para el año 2030: a) provisión de energía para todo el mundo, b) duplicar el ratio de mejora de la eficiencia energética y c) duplicar la participación de las energías renovables en el mix global de producción energética. China no se queda atrás, y en 2010 fijó el objetivo de cubrir el 15% de su consumo de energía primaria con combustibles no fósiles para 2020. En lo que se refiere a las tecnologías para almacenamiento de energía, el gobierno de Estados Unidos reconoce que la consolidación de la estrategia de implementación de éstas pasa por alcanzar costos competitivos, al mismo tiempo de lograr la capacidad de integración con los sistemas y subsistemas existentes como condición para el despegue generalizado de estas tecnologías (DOE, 2013).

En el año 2012, las tecnologías renovables —excluyendo hidroeléctrica de gran capacidad— supusieron el 42% de los 213GW de potencia de generación eléctrica instalados en el mundo, un 36% más que el año anterior. Con una inversión agregada de US\$ 260 miles de millones, de los cuales, el 46% tuvo lugar en las economías de la periferia, las renovables se situaron al nivel de inversión de las tecnologías tradicionales, en las que en este año se invirtieron US\$ 262 miles de millones. Esto se explica en gran medida por la fuerte reducción de costos que han experimentado las tecnologías renovables. Mientras que los costos de producción energética a base de combustibles fósiles han mostrado una tendencia creciente, en los últimos cuatro años los costos de generación eólica y solar han disminuido un 15% y un 50% respectivamente, alcanzándose en 2012 un record histórico de comisionado de plantas: 48.4GW instalados de energía eólica y 30.5GW de fotovoltaica (Bloomberg, 2013).

En lo que respecta al sector eléctrico en su conjunto, del cual las renovables participaron con un 21% de la generación total en 2010, las

previsiones de crecimiento, con una tasa media anual del 2.8% (EIA, 2013), indican que de los 20.2TkWh⁷ generados en 2010 se pasará a 39TkWh para el año 2040, en el que las renovables contribuirán con un 25% del total. De los 5.4TkWh de generación eléctrica renovable que serán instalados entre 2010 y 2040, aproximadamente 1.5TkWh (27%) serán de eólica y 0.41TkWh (7.8%) de solar. Hay que destacar que las tasas de crecimiento y participación respectiva de las diferentes fuentes de generación que constituyen el mix de renovables varían significativamente por región⁸. En América Latina, se estima que la capacidad total instalada pasará de ser 1.48TkWh en 2011 a 3.3TkWh para el año 2030 (OLADE, 2013), de las cuales el 50% será de energía hidroeléctrica y el 6% de otras renovables, incluyendo solar y eólica.

Estas perspectivas de crecimiento en la generación eléctrica van acompañadas de una apuesta internacional por la mejora en las redes de transmisión y distribución eléctrica, puesto que los sistemas actuales se ven en muchos casos limitados a flujos de suministro unidireccionales que además de impedir la cogeneración multiusuario, al mismo tiempo, disminuyen la eficiencia y estabilidad de la red. El problema surge debido a que el volcado a la red eléctrica de una energía fluctuante, que como ocurre en la eólica o la solar depende de condiciones climatológicas, no es debidamente conjugado con la demanda energética de ese momento y ello provoca fluctuaciones intermitentes. En muchas ocasiones, la oferta energética que proviene de la generación eólica y solar supera la capacidad de transporte de la red, mientras que en otras, el suministro es deficiente. Por tanto, para coordinar la generación con el consumo se requiere no sólo de tecnologías de transmisión de datos en tiempo real —algo que las modernas Tecnologías de Información y

⁷ TkWh=1Tera kilowatt.hora..

⁸ El mix de energías renovables considerado se compone de: Hidroeléctrica, eólica, geotérmica, solar y otras. En el periodo 2010-2040 la eólica crecerá en promedio anual un 5.8%, siendo esta tasa para países de la OCDE del 4.7%, aportando el 44.8% de la generación de renovables, y del 8.3% en países fuera de la OCDE, correspondiente al 19.4% de la generación. Igualmente, la energía solar crecerá en promedio anual el 9.1%, donde en países de la OCDE será de un 7.1% (12.7% de la generación) y del 18.6% (5.4% de la generación) en países no pertenecientes a la OCDE. La fuente de generación que más contribuye al mix de renovables es la hidroeléctrica con un 52% del total de la producción renovable, siendo este porcentaje del 28.7% en países de la OCDE y del 63% en países fuera de la OCDE.

Comunicación (TICs) pueden satisfacer—, sino también de equipos capaces de convertir la energía fluctuante en constante, esto es, sistemas de almacenamiento de energía.

No es de extrañar que en Alemania, que propone hacia el año 2050 que el 80% del consumo eléctrico provenga de fuentes renovables (BDEW-ZVEI, 2012), la conversión de las redes tradicionales en “redes inteligentes” sea un eje principal de su política energética. En la búsqueda de la sostenibilidad ambiental y la racionalización energética, las redes inteligentes integran los diferentes patrones de generación—desde el doméstico, mediante pequeños sistemas fotovoltaicos o eólicos, hasta la producción a gran escala proveniente de plantas de generación, renovables o no renovables, pasando por la reutilización de las baterías de vehículos eléctricos que ya no cumplen los estándares—, con los patrones de consumo, asegurando: a) eficiencia económica, b) estabilidad del suministro, c) optimización de pérdidas y d) elevada disponibilidad.

Vehículos eléctricos y suministro: Los efectos tractoros sobre la producción

Para poner en perspectiva la dimensión de la industria del litio y sus tendencias, es necesario revisar algunos datos relacionados con la estructura del mercado, que en nuestro caso reflejarán las proyecciones sobre el consumo y la producción de carbonato de litio. Siendo América Latina la región que cuenta con las mayores reservas mundiales de litio, el análisis de la evolución de este *commodities* de especial trascendencia para sustentar cualquier plan de industrialización.

Por el lado de la demanda, una rápida revisión histórica mostrará el dinamismo del sector en los últimos años, durante los cuales, la demanda de baterías de litio mostró una tasa de crecimiento anual entre el 18-20% en el período 1990-2009; mientras que la de litio creció a un ritmo del orden del 10% durante este período. En el año 2009, debido a la crisis económica mundial, la demanda global de litio cayó aproximadamente un 20% respecto al año anterior (SignumBox, 2010). Teniendo en cuenta los antecedentes de crecimiento de las diferentes aplicaciones asociadas al litio y las expectativas puestas sobre el sector de los transportes, se tendrá una aproximación sobre los mer-

cados futuros considerando que el mayor impacto en el mercado⁹ se corresponderá con la medida en que se desarrolle la tecnología para vehículos eléctricos en sus diferentes formas (*HEV, P-HEV, EV*)¹⁰, de la cual dependerá el grado de penetración en los mercados. Como suele ocurrir, existen diferencias notables entre diferentes estudios de mercado (Goonan, 2012; Pillot, 2011; Steinweg, 2011). Sin embargo, resulta más interesante subrayar la coincidencia de criterios en el hecho de que en el año 2025 una importante cuota del mercado mundial de vehículos vendrá dada por aquellos que emplean baterías de litio siendo, precisamente, esta cuota la diferencia de los diversos estudios.

A mediados de 2012, la consultora chilena Signum Box proyectaba un escenario base correspondiente a una penetración en el mercado del orden del 17% en 2025, lo que supone 16 millones de vehículos empleando algún tipo batería de litio. Por otro lado, la cantidad empleada en una batería es en función de la energía que ésta es capaz de almacenar¹¹. Por lo tanto, bajo este supuesto, la demanda de litio sólo para vehículos eléctricos será de aproximadamente 181.000 t/año de carbonato de litio equivalente (LCE) al 2025. Para completar la proyección de la demanda se ha considerado la tasa de crecimiento para otras aplicaciones¹² de litio, lo que supone 301.000 t/año para 2025; luego, la estimación de la demanda para 2025 es de 482.000 t/año, representando

⁹ Desde la consultora SignumBox, se reconoce que el despegue de las baterías de litio para aplicaciones de suministro eléctrico puede verse retrasado por el hecho de que los fabricantes están orientando sus esfuerzo hacia el desarrollo de los sistemas para vehículos.

¹⁰ HEV: Hybrid Electric Vehicle. Energía de la batería de litio: 0.2-2 kWh

P-HEV: Plug-in Electric Vehicle. Energía de la batería de litio: 5-20 kWh

EV: Pure Electric Vehicle. Energía de la batería de litio: >25 kWh

¹¹ El E-Bus E6 de la empresa BYD (EV) tiene una batería de litio de 324kWh, con un contenido de 242.4kg de LCE. El modelo Nissan Leaf (EV) cuenta con una batería de 24kWh y un contenido de 17.8kg de LCE. La batería del Toyota Prius (PHEV), es de 5.2kWh y contiene 3.87kg de LCE.

¹² El crecimiento del consumo de litio en las diferentes aplicaciones no es homogéneo. De esta forma, las tasas de crecimiento entre 2011 y 2012 para algunas aplicaciones son: Baterías para dispositivos portables: 8.8%, baterías para celular: 5%, baterías para Tablet: 100%, baterías para herramientas: 3%, litio para lubricantes y grasas: 2%, litio para acondicionadores de aire: 1%.

esto una tasa de crecimiento anual media consolidada del 9% en los próximos quince años (Signum Box, 2010, 2012).

Respecto de la oferta, en los años 2009 y 2012 se comercializaron aproximadamente unas 93.000 t y 143.000 t de LCE¹³ respectivamente. Es necesario tener en cuenta que, simultáneamente al crecimiento en la demanda, la capacidad de producción total de las industrias establecidas del sector (150.000 t en 2009 y 220.000 t en 2012) es significativamente mayor que la correspondiente a los volúmenes comercializados. Es más, puede aumentar según la proyección de la demanda. Por otra parte, exceden los cien proyectos de explotación de litio en todo el mundo y estos aumentarán la capacidad de producción total. Se estima que la capacidad de producción instalada en 2025 por parte de las actuales empresas del sector alcanzará las 300.000T/año, sobre las que hay que sumar una capacidad adicional aportada por los nuevos emprendimientos de 200.000 t. De tal modo, resulta una capacidad de producción total mundial de unas 500.000 t/año para el 2025.

Para completar el bosquejo de las proyecciones del mercado de litio, es importante mencionar que de ningún modo la oferta y la demanda crecen en paralelo y, si bien en 2025 el uso de capacidad instalada será superior al 90%, en los años anteriores se prevé que la oferta aumente más rápido que la demanda, teniéndose en 2020 un uso de la capacidad instalada del orden del 60%. El motivo de este desfase entre oferta potencial y demanda responde en gran medida a cuestiones de tipo tecnológicas. Puesto que, a pesar de que la industria de baterías de litio se puede considerar madura, esta afirmación es cierta para determinadas aplicaciones, como sistemas de almacenamiento estáticos y de baja potencia. Sin embargo, en el caso de baterías para vehículos eléctricos, donde la densidad de energía y la seguridad juegan un rol crítico, aún no se han alcanzado los puntos de inflexión tecnológica y de costos, operando éstos como factores limitantes para la entrada masiva de los vehículos eléctricos en el mercado.

¹³ La comercialización de las 93.000T de LCE comercializadas en 2009 atiende a la siguiente distribución por empresas: SQM, 23%; Chemetall, 21%; Talison, 20%; FMC, 16%; Empresas chinas, 12%; Otras, 8%. En el caso de las 143.000T de LCE en 2012, la distribución es: SQM, 26%; Chemetall, 21%; Talison, 30%; FMC, 10%; Empresas chinas, 9%; Otras, 4%. En el primer caso, cuatro empresas controlaban el 80% de las ventas, mientras que en el 2012 este porcentaje aumentó al 87%.

Hay que destacar que las estimaciones anteriores no incluyen un estudio riguroso de las aplicaciones para almacenamiento con fines de electrificación que, por otra parte, corresponden a un sector litio-intensivo. Los órdenes de magnitud, en cuanto a capacidad de almacenamiento energético, pueden ser superiores respecto de los de las baterías para vehículos. En el año 2012, se consumió algo menos de 1.000 t de LCE para este tipo de aplicaciones¹⁴. La capacidad instalada ese año en baterías para almacenamiento a gran escala fue de alrededor de 400MWh. No obstante, se estima una tasa de crecimiento del 71% hasta el año 2023, en el que habrá 51.200MWh (Navigant Research, 2014) de capacidad energética instalados mediante baterías.

Estas proyecciones se fundamentan en acciones concretas por parte de gobiernos y empresas que evidencian los indicios del despeque de este sector. En esta línea, en agosto de 2013, Reino Unido anunció la instalación de la mayor proyecto piloto de la Unión Europea para almacenamiento a gran escala con baterías de litio, consistente en unas baterías ión-litio que podrá desplegar hasta 10MWh. Este sistema supondrá un ahorro en actualizaciones de la red, transformadores y otros de US\$ 9 millones (Spectrum, 2013). De igual forma, después del desastre nuclear de Fukushima, Japón, en marzo de 2011, el gobierno planteó la necesidad de acelerar el cambio en la matriz energética, para lo cual anunció un programa de tres años (2012-2015), con una inversión de alrededor de US\$ 300 millones (20.000 millones de yen) para la instalación de sistemas estacionarios de baterías ión-litio (SeekingAlpha, 2014). También en esta línea, la hidroeléctrica Hydro-Quebec y Sony han firmado un contrato de riesgo compartido. Según este, las baterías de litio de Sony serán usadas en la red eléctrica propiedad de la firma canadiense, con el propósito de desarrollar y testear aplicaciones de almacenamiento a gran escala (Smart Grid News, 2014). Por lo tanto, tal vez la reciente afirmación que hacía el CEO de Tesla Motors, acerca de que en el futuro próximo “esencialmente habrá una demanda cuasi-infinita de sistemas para almacenamiento de energía” (SF Gate, 2014), pueda resultar un tanto excesiva. Sin embargo, sí es factible que la transición de modelo energético comience a tomar

¹⁴ Incluye todas las aplicaciones relacionadas con el suministro eléctrico: doméstico y a gran escala.

cuerpo a partir de la próxima década, al tiempo que las proyecciones sobre la demanda de carbonato de litio deberán ser revisadas a la alza.

Implicaciones de la selección tecnológica en el modelo de industrialización

Los insumos litiados: Participación clave en la estructura de costos

Mucho se ha avanzado desde principios de los 90, cuando Sony comercializó su primer dispositivo alimentado por baterías de ión-litio y, de ello, la variedad de opciones tecnológicas¹⁵ que actualmente pueden ser preferenciales en el contexto latinoamericano. De manera que, ante el reto de plantear alternativas para la industrialización del litio y, teniendo en cuenta que las características que tendrá el modelo industrial en función de las decisiones de carácter tecnológico tomadas en el proceso de desarrollo del mismo, es fundamental considerar el carácter multivariable de los criterios de selección de tecnología, así como la manera en que debe ser encarado este proceso de decisión.

La propia naturaleza tecnológica de las baterías de litio y sus componentes constituye el punto de partida sobre el cual se asienta la ruta de análisis y decisión que dará lugar a un determinado modelo de industrialización. En este sentido, es particularmente de interés para los países que cuentan con grandes reservas de litio detenerse en el análisis de la estructura de costos de las baterías de litio, pues su configuración inherentemente proporciona, a priori, una ventaja comparativa natural con respecto a otros productores. A pesar de que no puede asignarse un porcentaje fijo de la estructura de costos a un componente dado, ya que esto depende de la configuración particular de la batería¹⁶, materiales empleados, etc, es posible dar unos

¹⁵ Las opciones tecnológicas, en un sentido amplio, hacen referencia tanto a la dimensión científico-técnica, como a la empresarial, en tanto que es en ésta última en la que tienen lugar las operaciones de comercialización y transferencia.

¹⁶ Una celda es la unidad fundamental de una batería, que se compone de cátodo, ánodo, electrolito, separador y carcasa. El ensamblado de varias celdas implica aumentar el “nivel de integración”, así como la incorporación de un circuito electró-

rangos aproximados. El componente más costoso es el material catódico (40%), seguido del electrolito (20%) y el ánodo (20%), el separador (15%) y resto de componentes (5%) (Gaines, 2000; Nelson, 2009). Para el ensamblado de baterías, adicionalmente, hay que considerar el “sistema de gestión” (BMS) y la carcasa. Por otro lado, dentro de los componentes de las baterías recargables, el litio se encuentra en el cátodo y en el electrolito¹⁷. Por lo tanto, atendiendo a la estructura de costos, aproximadamente el 60% de una celda ión-litio es imputable a elementos constituidos a base de litio (Gaines y Cuenza, 2000).

La distribución de costos de una celda ión-litio es de gran relevancia, en términos de viabilidad económica, a la hora de plantear alternativas de industrialización en América Latina. Si bien hay que reconocer que las condiciones tecnológicas para pensar en una industria de baterías de litio son desfavorables con respecto a los países especializados en estas tecnologías (Este asiático, Europa y EEUU), el hecho de controlar la materia prima esencial para la elaboración de baterías de litio —entendida como aquella que tiene mayor contribución a la estructura de costos de las celdas ión-litio—, supone un factor clave que transforma las posibilidades económicas del proyecto. De forma que, en un escenario en el que se produjesen los insumos litiados contenidos en las celdas, a partir del litio contenido en los salares latinoamericanos, se podría producir una suerte de compensación del defecto tecnológico a través de una significativa reducción de costos. La ventaja comparativa que se deriva de la propia naturaleza tecnológica de las baterías de litio sugiere, como punto de partida, una potencialidad económica encerrada en una alternativa

nico o “sistema de gestión (BMS)” y una carcasa de seguridad, conformándose de esta forma un “módulo de batería”. El acoplamiento de varios “módulos” constituyen el “paquete de batería”, que es el producto final empleado en vehículos eléctricos y otros dispositivos de almacenamiento masivo.

¹⁷ El litio en una batería ión-litio se encuentra en el cátodo en forma de óxido metálico (LMO, LCO, NCM, NCA, como compuestos de uso generalizado) o en forma de fosfato (LFP), asegurando estas estructuras el proceso de intercalación-deintercalación a través del cual opera la batería; asimismo, el electrolito, medio conductor iónico a través del cual los iones de litio se mueven entre los electrodos (ánodo y cátodo), también está compuesto de una sal de litio, típicamente LiPF₆, disuelta en una matriz orgánica líquida, sólida o gelificada.

de industrialización que apunte a las ventajas que proporciona la estructura de costos de las celdas ión-litio.

El problema de la optimización de los parámetros característicos

Desde el punto de vista científico-tecnológico, en primer lugar, es necesario destacar la gran variedad de tecnologías para baterías de litio disponibles en la actualidad, tanto en lo referente a calidad como a técnicas de procesado. Para caracterizar una batería existen seis variables esenciales las cuales determinan su naturaleza: 1) energía específica, 2) potencia específica, 3) seguridad, 4) *performance*, 5) ciclabilidad y 6) costo (Dinger et al, 2009; Steinweg, 2011). De la optimización depende la viabilidad técnica de las baterías de litio como alternativa a los vehículos de combustión tradicionales o a la actual estructura de la matriz energética. Por otro lado, el comportamiento de la batería y el desempeño de las variables antes mencionadas, depende del material de electrodo empleado en su producción. Las tecnologías de electrodo que actualmente se usan masivamente y sobre las cuales se pretende la optimización de estos parámetros son: 1) *Lithium Nickel - Cobalt - Aluminium* (NCA), 2) *Lithium Cobalt Oxide* (LCO), 3) *Lithium Nickel Cobalt Manganese* (NCM), 4) *Lithium Manganese Oxide* (LMO), 5) *Lithium Titanate Oxide*, (LTO), 6) *Lithium Iron Phospahte* (LFP) (Dahlin y Strom, 2010) y sus formulaciones derivadas. La realidad es que ninguna de estas tecnologías es dominante respecto al desempeño óptimo de las seis variables anteriores se refiere¹⁸. Mientras una presenta buenos resultados para una, dos o varias variables, aún presenta pobres niveles en otras; entonces, el desarrollo científico-tecnológico busca la optimización de todas estas variables a la vez.

De ello, la selección de una tecnología que priorice unas variables sobre otras está condicionada por la aplicación para la cual la batería es

¹⁸ La optimización de una variable, supone irremediamente el sacrificio de otra; por ejemplo, NCA presenta buenos resultados de *performance* (capacidad de trabajar en un amplio rango de temperaturas), sin embargo, presenta problemas de seguridad, mientras que LFP es una tecnología más segura pero su energía específica es baja. (Gholam et al, 2010; Aifantis et al, 2010).

diseñada, lo que a su vez condiciona, tanto la configuración interna de la batería, como el tipo de material catódico a emplear. De esta manera, lo que en última instancia define el núcleo científico-tecnológico del modelo industrial es el mercado final que se pretende alcanzar.

Por último, de las seis magnitudes a considerar sobre la *calidad* de la tecnología, es necesario prestar una especial atención a la que corresponde al costo de la batería; ya que esta sea, quizás, una de las mayores limitantes para permitir la penetración de los acumuladores de litio en los mercados de competencia. Si bien en la actualidad, dependiendo de la tecnología empleada para la fabricación de la batería (Nelson, 2009) y el rendimiento en la producción, el costo oscila entre los US\$ 600/kWh y US\$ 1000/kWh, el valor objetivo para poder competir con la gasolina es de US\$ 250/kWh (Axsen, 2008). El mismo, según la evolución histórica —que muestra la variación de la densidad de energía específica en función del tiempo de forma inversamente proporcional al precio (Anderson, 2009)—, no podrá ser alcanzado, al menos, hasta el año 2020 (Dinger et al, 2009). De igual modo, la entrada masiva en el mercado de sistemas de almacenamiento energético a gran escala ligados a la electrificación, se estima para cuando el costo de inversión de estos sistemas sea inferior a los US\$ 250/kWh (DOE, 2013). Por esto, los diferentes estudios de mercado coinciden en que un fuerte incremento de la demanda de litio tendrá lugar entre 2020-2025.

Escalas y tecnologías de producción a la carta

En los últimos años, a la vista del mercado potencial que se abrió desde 1991 (Matsuki y Osawa, 2009), numerosas empresas comenzaron a invertir en la instalación de plantas industriales para la producción de celdas y baterías ión-litio. Sin embargo, tanto las técnicas de producción como los volúmenes no son homogéneos. En cuanto al liderazgo en la producción, aunque los países asiáticos siguen manteniendo el monopolio, la distribución entre estos ha variado. Si en el año 2000 Japón contribuía en más del 90% de la producción mundial, en sólo cuatro años, esta cuota había bajado al 60% y la participación de Corea pasó a ser de un 15% y la de China de un 20% (Buchmann, 2004).

Esta tendencia se ha mantenido, y en la actualidad China está consolidando su posición como el mayor productor mundial (Global

Sources, 2009), como resultado de la experiencia acumulada adquirida a través de la copia de tecnología que, junto a su ingente fuerza de trabajo, le está permitiendo generar innovaciones al tiempo de reducir costos. Paralelamente al crecimiento del mercado, tanto el tamaño de las plantas como la tecnología de producción ha ido aumentando y perfeccionándose respectivamente. Aunque aún existen pequeñas plantas de manufactura manual y semiautomática, con capacidades de producción del orden de los miles de amperios-hora por día (Ah/día), las plantas más modernas y automatizadas pueden alcanzar niveles de producción del orden de los millones de Ah/día, siendo capaces de suministrar al mercado el número equivalente de baterías¹⁹. Consecuentemente, la inversión en I+D+i en los últimos años en las disciplinas en torno a la tecnología de baterías de litio ha evolucionado de igual modo, modificando casi a diario el estado-del-arte²⁰.

Esta versatilidad tecnológica, en escalas de producción y procesos productivos, se ve acompañada de una reducción de costos generalizada para acceder a esta tecnología, lo cual, favorece las condiciones para la instalación de este tipo de industria ligera en los países de América latina. Puesto que, a diferencia de la industria pesada, además de reducirse las barreras de entrada, el problema de las economías de escala se resuelve, emergiendo la posibilidad de adaptar el tamaño de la producción a las condiciones de mercado a través de un enfoque de gradualidad de las inversiones (Rodríguez-Carmona y Aranda, 2014). Ello permitiría, en condiciones de rentabilidad, alcanzar un crecimiento equilibrado entre la oferta y la demanda.

¹⁹ La batería de un celular de “segunda generación” tiene una capacidad aproximada de 1Ah, por tanto, una industria que produzca esta tecnología con una capacidad de 1 millón de Ah/día, podrá suministrar al mercado un millón de baterías al día para celular. Si esa misma industria vende paquetes de batería para vehículos eléctrico (25kWh), al día podría suministrar 120 paquetes de batería para este tipo de vehículos.

²⁰ A diario se anuncian nuevos descubrimientos científicos, como las nuevas herramientas para impresión 3D de microbaterías de litio (TechnologyReview, 2013) desarrolladas en el MIT, o la nueva baterías de litio de 8MW de potencia para almacenamiento de energía eólica (Greentechmedia, 2012), así como inversiones multimillonarias en producción, tal y como informaba Tesla Motors a propósito del proyecto de instalación de una megaplanta para producir 500.000 baterías de vehículo eléctrico al año, con una inversión de us\$ 5.000MM que operará a pleno rendimiento a partir del 2020, (Greentech Media, 2014).

Modelos de negocio: ¿La carta de presentación de los socios?

La heterogeneidad existente en las diversas industrias del sector en cuanto a tamaño, tecnología, mercados y otros se relaciona con la forma que adquiere el modelo de negocio. En este sentido, si bien todas las industrias que producen baterías de litio tienen en común al menos dos aspectos esenciales: 1) depende del suministro de insumos, y por tanto del precio de las materias primas y 2), involucran en mayor o menor grado lo que podríamos denominar alta tecnología. Sin embargo, inherente a estos rasgos característicos, tanto el modelo de negocio como la manera en la que las empresas se relacionan en el mercado suponen grandes diferencias. Por una parte, respecto de las aplicaciones, el mercado de baterías destinado a productos portables, a base de baterías de baja capacidad, está localizado fundamentalmente en China, donde existen grandes industrias con niveles de producción del orden de los millones de Ah por día. Sus mercados fundamentales son Europa, Estados Unidos y otros países de Asia²¹. Asimismo, si bien existen en China productores de baterías para aplicaciones de “última generación”, también se pueden encontrar fábricas de menor tamaño, operando con procesos semiautomáticos y manuales para aplicaciones de “segunda generación”²². En definitiva, China cubre todo el rango de aplicaciones, calidades y niveles de producción. Los modelos europeos y norteamericanos no contemplan la participación en el sector de dispositivos portables ni de baterías de “segunda generación”. En su lugar, apuestan exclusivamente por las tecnologías de “última generación” y, en general, prefieren la producción de paquetes

²¹ Las exportaciones de baterías de litio de China en 2009 se distribuyeron de la siguiente forma: a la Unión Europea, el 53% del total, un 5% a EEUU y un 32% a otros países de Asia (Global Sources, 2009)..

²² Se entiende por baterías de “última generación” aquellas destinadas a aplicaciones donde la tecnología empleada ha sido desarrollada recientemente y, por tanto, se encuentra en la frontera del conocimiento. Muestra una *performance* mejorada, sin embargo, aún no se puede considerar consolidada. En contraposición, la tecnología de “segunda generación”, hace referencia a aquella tecnología madura que puede ser usada en aquellas aplicaciones que no impliquen requerimientos tecnológicos tan exigentes como en el primer caso.

para vehículos eléctricos, sistemas de *back-up* y otros dispositivos de alta energía²³, que generan un mayor rédito económico.

En lo que se refiere a las relaciones comerciales entre empresas productoras de baterías e insumos litiados con los proveedores de materias primas, se podría modelar dos extremos: 1) aquel donde las operaciones de compra-venta de materias primas ocurre a distancia; es decir, donde no existe una fuerte relación productor de materias primas-comprador y 2) aquel en el que los compradores se aproximan a los proveedores de recursos naturales vía diplomática y a través de las altas esferas empresariales y gubernamentales. En este caso, existe una fuerte capacidad de intervención por parte de las empresas, generalmente respaldadas por sus países de origen. El primer caso corresponde con empresas de tamaño medio y pequeño que no tienen la capacidad y respaldo diplomático para actuar a niveles superiores. El segundo, atañe al de las grandes corporaciones trasnacionales que, a la par de tratar de asegurar el suministro de recursos naturales, y a ser posible el control de los mismos, buscan el posicionamiento con fines geoestratégicos en los países productores de materias primas. Son destacables las posibilidades que ofrece el actual mundo globalizado mediante las modernas tecnologías de información y comunicación (TICs), en cuanto a las alternativas para la selección de socios. Esto supone un cambio radical con respecto a lo que acontecía hace no muchos años. Mientras que en el pasado cercano la única forma que tenían los países periféricos para acceder a las tecnologías de los países centrales era vía diplomática o de relación empresarial directa, en un entorno de oferta muy limitado, la necesidad de reproducción ampliada del capital, favorecida en el siglo XXI gracias a las TICs, permite el acceso universal a una oferta prácticamente ilimitada. La consecuencia directa es que, mientras antiguamente la selección de una tecnología con fines industriales venía impuesta por los ofertantes interesados en perpetuar el patrón primario-exportador en América Latina, actualmente, el comprador tiene la posibilidad de cuestionar la nueva *diplomacia de las materias primas* y seleccionar la tecnología que mejor se adapta a sus necesidades.

Ahora bien, que exista hoy más que nunca la opción de poder elegir tecnologías con independencia de los ofertantes, supone una

23 Desde los kWh hasta los MWh.

dificultad adicional desde el punto de vista de la selección. En el antiguo contexto de oferta limitada, era esta la que acotaba los límites de los criterios de selección, mientras que en el actual escenario de oferta cuasi ilimitada son los compradores los que tienen que definir *ad hoc* todas las especificaciones técnicas.

La importancia histórica de la ciencia y la tecnología en la industrialización de América Latina

No hay que olvidar que cuando se trata de proyectar un proceso de industrialización, y fundamentalmente en el caso de la industrialización de un recurso natural estratégico como es el litio, hay que tener en cuenta las consecuencias que se desencadenan sobre el modelo de desarrollo en su conjunto. Dado el carácter macro y la potencialidad de incidencia estructural que presenta la industrialización del litio, puede resultar interesante rescatar algunas lecciones aprendidas sobre la historia de la industrialización latinoamericana.

En América Latina, el modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI), vigente desde los años 20, comenzó a cuestionarse a partir de 1950 y que coincide con la intensificación de la radicación de empresas transnacionales (ET) en el territorio. La revolución en los transportes y las comunicaciones después de la Segunda Guerra Mundial permitió que las ET instalasen sus filiales en la región para aprovecharse de sus mercados protegidos. La visión de que el desajuste existente entre el aparato productivo, el patrón de consumo y las capacidades tecnológicas de los países eran causas relevantes que explicaban las limitaciones del modelo ISI, dio lugar a una corriente de pensamiento²⁴ que buscó reorientar el modelo sustitutivo.

²⁴ Se conoce a la Escuela Latinoamericana de Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Desarrollo (ELAPCYTED) a la corriente de pensamiento surgida en diversos países de América Latina entre los años 1950 y 1970, en torno a la autonomía tecnológica, al desarrollo local y endógeno de la tecnología y a su papel en el proceso de desarrollo integral. Se considera como autores intelectuales de esta “escuela” a un grupo de figuras que encabezan Jorge A. Sábato, Helio Jaguaribe, Amílcar Herrera, Carlos Martínez Vidal, Javier Urquidí, Francisco Sagasti, Miguel Wionzcek y algunos representantes de la CEPAL.

“La Escuela Latinoamericana de Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Desarrollo

La doctrina fundamental de la Escuela reconocía la necesidad del desarrollo de capacidades tecnológicas propias orientadas a fines concretos, y bajo esta óptica, proponía potenciar la capacidad de asimilación y manejo de la tecnología, a fin de adquirir la capacidad de agregar y desagregar paquetes tecnológicos. En una primera instancia proponían adquirir tecnologías, en condiciones firmes de negociación y bajo premisas concretas respecto a los términos de la transferencia para, posteriormente, a través de técnicas de retroingeniería, asimilar la tecnología incorporada en los procesos productivos y bienes de capital. Este proceso supondría una enorme acumulación de conocimiento y experiencia que, paulatinamente, iría acercando el horizonte de la sustitución de importaciones por procesos, equipos e insumos nacionales. Surgiría de ello un “estilo tecnológico” propio (Varsavsky, 1974) que daría respuesta y orientaría las actividades científicas en la dirección que la sociedad requiriese, desvinculándose estas de las necesidades de las grandes empresas transnacionales en favor de la realización del proyecto de desarrollo nacional” (Herrera, 1995).

Con respecto al rol que debían jugar los Estados, Jorge Sábato y Natalio Botana (1968) pusieron el acento en la necesidad primordial de coordinación entre el aparato productivo, la infraestructura científico-tecnológica y el Estado, visualizando un “triángulo de interacciones” donde además de definir los actores que deben participar en la política científica y tecnológica, indicaron también que tipo de relaciones debía establecerse entre ellos. La estructura científico-tecnológica, compuesta por el sistema educativo, laboratorios, mecanismos jurídico-administrativos, recursos económicos, etc., debe estar coordinada con la estructura productiva de la sociedad —empresas públicas y privadas— y ambas estructuras, a su vez, con las instituciones y unidades gubernamentales responsables de promover las políticas públicas y asignar recursos.

La ISI comienza a ser abandonada a finales de los 70 para dar paso en las décadas siguientes al modelo neoliberal de desarrollo como consecuencia de la nueva coyuntura internacional. La globalización de la economía, sustentada por un nuevo patrón tecnológico, en su

necesidad de expansión y crecimiento, profundiza la transnacionalización a escala mundial. Ello induce cambios en el modelo productivo y en la división internacional del trabajo haciendo necesaria una reformulación del papel de los Estados latinoamericanos, hasta este momento custodios de los mercados nacionales protegidos. Lo que en décadas anteriores suponía una ventaja ahora se convierte en un problema, puesto que para poder alcanzar una mundialización efectiva era necesario, tanto la remoción de las fronteras internas y externas, como la presencia de Estados que proporcionasen las condiciones políticas, financieras y humanas para satisfacer las necesidades del nuevo paradigma económico según el cual, los países periféricos debían seguir cumpliendo su rol tradicional de proveedores de materias primas (Arceo, 2011).

En las décadas de los 80 y 90, la exportación de commodities se volvió la estrategia preferida para aumentar los ingresos y cumplir con los compromisos de la deuda, sustituyendo el modelo ISI por la apertura, desregulación y privatización, como paradigma de crecimiento y desarrollo que conduciría a la integración competitiva en el mercado mundial en detrimento de los mercados internos. Así cambiaba el Estado su rol activo intervencionista-productivo por el de atractor de capitales extranjeros y garante de los intereses transnacionales. Las reformas que permitieron esta transmutación del aparato productivo fueron incorporadas a través de nuevos marcos normativos e institucionales; los cuales apuntaban a garantizar el acceso a los recursos naturales mediante concesiones transferibles e hipotecables, asegurando la estabilidad de las inversiones, fijando y reduciendo al mínimo la carga impositiva relativa a la importación de maquinaria, ganancias, royalties e IVA y eliminando todo tipo de control sobre el mercado cambiario y las exportaciones. Al mismo tiempo, los mecanismos de reestructuración fortalecieron y capacitaron al sector público con el fin de que este promoviese la inversión privada, administrase los derechos sobre recursos naturales y comprometiese la sostenibilidad de las inversiones evaluando los posibles daños ambientales y sus consecuencias sociales (World Bank, 1996). Todo esto bajo el principio de *neutralidad* administrativa que elimina la discrecionalidad de la política sobre los recursos públicos.

Las políticas de ciencia y tecnología no fueron inmunes a estas transformaciones y durante este período se llevaron a cabo impor-

tantes cambios orientados a satisfacer las nuevas necesidades. El desarrollo autónomo de tecnología fue considerado lento, ineficiente y costoso, por tanto, inadecuado para cumplir el objetivo de la integración competitiva en los mercados internacionales, de modo que la transferencia de tecnología empaquetada se convierte en la única vía para obtener tecnología avanzada de manera rápida y a bajo costo. Ahora son las empresas transnacionales las que deciden que tecnologías demanda el mercado y cuáles no, arrebatando al Estado la responsabilidad de orientar la matriz tecno-productiva e invertir en este sentido. Son los actores transnacionales, ajenos a la utilidad social de la ciencia y la tecnología, e independientes de la visión sobre el modelo de desarrollo en clave nacional, los que asumen este rol. La comunidad científica acepta los nuevos términos y se vuelca a las ciencias básicas y se encierra en el modelo lineal-ofertista²⁵ como única opción de subsistencia, dando como resultado un punto de inflexión en el proceso de acumulación y aprendizaje adquirido en los años previos, y el comienzo de un proceso de descapitalización tecnológica.

A lo largo de este período, la ELAPCYTED intenta aportar al debate con propuestas y soluciones. Sin embargo, su visión no es compatible con la nueva agenda y, poco a poco, va pasando a un segundo plano dando génesis a los nuevos enfoques y disciplinas propios de la nueva política de innovación de los años 90, cuando la relación entre sociología-ciencia, dominante durante los 60, se torna en economía-tecnología y el talante práctico de la Escuela se convierte en el cientifismo formalista del “paper” (Varsavsky, 1974) que academiza la reflexión. El compromiso militante anterior es abatido por el profesionalismo que presenta la producción científica como independiente de la ideología.

²⁵ Los orígenes de la política científica tiene un origen lineal-ofertista, según el cual “la mejor manera de tener ciencia aplicada es intensificar la investigación científica fundamental pues de ella derivarán abundantes aplicaciones” (Houssay, 1960). Es decir, consiste en suponer que la “oferta” de investigación básica, devendrá investigación aplicada e innovación sin, por el contrario, pensar en que las investigaciones deben ir desde un inicio orientadas hacia un fin concreto.

Alcance y alternativas para la industrialización del litio en América Latina

Las limitaciones del modelo energético actual

Una vez revisados algunos de los aspectos a considerar a la hora de proyectar el modelo de industrialización, es necesario enmarcar en el contexto latinoamericano, tanto las categorías políticas que se promocionan desde los gobiernos, como el escenario material sobre el que, en última instancia, se pueden plantear alternativas para la industrialización de litio.

Dentro del actual panorama de crisis energética global y acercándose el horizonte de agotamiento de los recursos fósiles, la necesidad de que los actores estatales definan pautas con respecto al modelo energético y su rol en relación a los recursos naturales estratégicos es cada vez más apremiante. Al mismo tiempo, la preocupación por el deterioro medioambiental y el ejercicio de una praxis empresarial que busca perpetuar un escenario de consumismo global bajo control oligopólico, son causas que están propiciando la consolidación de un movimiento polifacético (organizaciones ecologistas, movimientos sociales, cooperativas de producción y comercialización de electricidad verde, plataformas sociales, etc) que promueve la soberanía energética y la democratización del mercado eléctrico.

El concepto de soberanía energética es controvertido porque, en su dimensión política, apela a la propiedad y el control sobre recursos naturales, lo cual genera tensiones entre el significado del propio concepto y la actual dinámica de acumulación del capital, en tanto que la estricta aplicación del uno, contrapone los intereses del otro. Pero también, su aplicación en el ámbito civil, enfrenta dos modelos antagónicos: la producción centralizada frente a la autogeneración.

Si la soberanía es el derecho exclusivo de ejercer la autoridad política sobre un determinado territorio, la soberanía energética sería el derecho exclusivo de ejercer la autoridad del Estado sobre los recursos y fuentes energéticas existentes en el territorio sometido a tal soberanía. Bajo este concepto subyace la idea que un país que carece de autonomía para determinar su matriz o hacerlo dependientemente de otro para generar energía, no es totalmente soberano, de lo cual derivan varios significados interrelacionados: a) significa que todos

los recursos energéticos deben permanecer bajo la propiedad nacional, el control y la gestión del Estado; b) que la matriz energética de cada territorio y cada comunidad debe sustentarse prioritariamente sobre las propias fuentes energéticas, de manera que disminuya al máximo la dependencia energética externa y c), que cada territorio debe utilizar sus propios recursos de energía de un modo sustentable, procurando no contaminar otras zonas del país con su explotación (Rodríguez, 2011).

Por otra parte, frente al actual modelo energético caracterizado por: a) producción centralizada en grandes centrales (térmicas, nucleares, grandes hidroeléctricas), mayoritariamente dependientes de combustibles contaminantes y no renovables; b) poco eficiente, debido a grandes pérdidas (del orden del 20%) asociadas al transporte desde los grandes centros de producción hasta los de consumo; c) control oligopólico del mercado por parte de pocas empresas y en connivencia con el poder político, y d) insostenible en el largo plazo, desde diferentes lugares de la sociedad civil, y con diferentes grados de avance, se está planteando la transición hacia un modelo alternativo basado en: a) fuentes de producción de energía limpias, renovables y con una huella ecológica y una generación de CO₂ mucho más bajas que las fuentes convencionales de producción de energía, b) una generación distribuida, de forma que la producción eléctrica sea lo más próxima posible al lugar de consumo, para minimizar las pérdidas del transporte y c) una gestión de la producción y la demanda eléctrica que aproveche las modernas tecnologías de la información y la acumulación energética para optimizar el sistema (“*smartgrids*”) (La Marea, 2013).

Este análisis no sólo tiene eco en la sociedad civil. Desde la esfera gubernamental, en muchos países se está orientando las políticas públicas en esta dirección. Así por ejemplo, el objetivo de aumentar el mix de renovables en un 20% para el año 2020 en el conjunto de la Unión Europea y la meta que se ha propuesto Alemania para que en el año 2050 la generación renovable alcance el 80% (BDEW-ZVEI (2012), reflejan la preocupación de muchos gobiernos por la cuestión energética en el futuro.

En América Latina, contando con más de dos tercios de la reserva mundial de litio, tendría sentido una acción regional coordinada que priorizase el establecimiento a medio-largo plazo de un modelo energético construido en torno al concepto de soberanía energética, y basado en la generación renovable, el autoconsumo y la bidireccionalidad producción-consumo. De esta forma, a diferencia del modelo

actual centralizado que, además de toda la problemática que aglutina, apenas requiere de acumulación energética, tanto el autoconsumo aislado —no conectado a la red—, o el autoconsumo con balance neto —en el que el *prosumidor*²⁶ tiene derecho al consumo posterior de la misma cantidad de electricidad que no consumió en el momento de su producción y fue volcada a la red como excedentaria—, en ambos, se requiere de sistemas de almacenamiento de energía. En el primer caso, cada productor aislado requiere de un dispositivo de almacenamiento, mientras que en el segundo, éstos son empleados para estabilizar la red y gestionar los flujos de oferta y demanda eléctrica.

En cuanto a los recursos naturales, si en la actualidad las miras están puestas en los derivados del petróleo, en un futuro próximo, tanto el litio como otros insumos clave para la producción de dispositivos para la generación y acumulación de energía empezarán a ser considerados como recursos energéticos, por lo que la soberanía energética dependerá de la capacidad de los estados para controlar estos recursos. Sin embargo, pensar que es el control de éstos lo que asegura la soberanía energética, es olvidar que la dependencia de los países periféricos para el aprovisionamiento de insumos críticos, bienes de capital y tecnología, desde los países del centro, es la base sobre la que se perpetúa el subdesarrollo (Cardoso y Faletto, 1969). Por tanto, el concepto de soberanía energética en su dimensión material incluye tanto al régimen de propiedad sobre los recursos naturales, como a las capacidades tecnológicas con que cuentan los estados para transformarlos y, de ello, el grado de soberanía energética que se podrá alcanzar en el futuro se vincula a la medida en que los estados se involucren en el desarrollo de la cadena de valor del litio y sus industrias complementarias.

Prospectiva sobre los sectores del almacenamiento litio-intensivos en América Latina

En América Latina y el Caribe el suministro eléctrico ha alcanzado al 94% de la población total, con una cobertura urbana del 98.8% y rural

²⁶ Acrónimo formado por la fusión original de las palabras en inglés producer (productor) y consumer (consumidor).

del 74%, presentando la región la mayor tasa de electrificación de los países de la periferia. A pesar de ello, existen 30 millones de habitantes de la región sin acceso a electricidad (CAF-CEPAL el Al, 2013) y la gran mayoría de los 177 millones de personas que viven en condiciones de pobreza extrema se encuentran en condiciones de pobreza energética. Una iniciativa para asegurar un acceso universal a la electricidad en la región, basada en la generación renovable y el almacenamiento en baterías de litio, puede ser razonable teniendo en cuenta que en el área rural, donde existen las mayores deficiencias en el acceso a la energía, esta alternativa de generación renovable-almacenamiento puede resultar en muchos casos superior. Esto es así, desde el punto de vista tanto técnico como económico, con respecto a aquella que opera mediante la conexión al sistema de red eléctrica convencional. En este caso, si se considera que los 30 millones de personas se distribuyen en familias de cuatro miembros que consumen de media 1kWh por día y familia²⁷, la energía que se necesitaría almacenar en baterías de litio sería de 7.5GWh.²⁸

Asimismo, en América Latina y el Caribe para el año 2030 un 6% de los 3.3TWh instalados serán a base de fuentes renovables —excluyendo la hidroeléctrica y la biomasa— (OLADE, 2013), lo que supone aproximadamente 200 TWh²⁹ repartidos en *otras fuentes renovables*³⁰. Si revisamos —a la baja— la participación de la energía solar y eólica como el 50% de la generación renovable —al margen de la hidroeléctrica y biomasa— y asumiendo un factor mínimo de riesgo de un 0.04% (Metz et Al, 2010), la capacidad de almacenamiento de energía necesaria para mantener la red estabilizada sería de 4TWh. No es excesivo suponer que, teniendo en cuenta las opciones de almacenamiento disponibles

²⁷ En el informe *World Energy Outlook* (EIA, 2011) se establece que los consumos mínimos son 250kWh/año en zona rural y 500kWh/año en zona urbana, en ambos casos 5 personas por hogar. Este dato, estimado excesivamente a la baja según otros autores, representa en el caso de zonas rurales un consumo de 140Wh por persona y día. Para efectos de cálculo, aquí se ha considerado un consumo de 250Wh por persona y día.

²⁸ Esto podría corresponder a 7.5 millones de baterías de 1kWh —una por familia—, las cuales se descargan una vez por día, sin embargo, a efectos de cálculo, la configuración del sistema de almacenamiento es irrelevante.

²⁹ TWh= Tera Watt.hora. Nótese las distintas unidades que se están empleando: 1TkWh=1000 TWh; 1TWh=1000GWh.

³⁰ Otras renovables incluyen: eólica, solar térmico, fotovoltaico, geotérmico, mareomotriz y unimotriz.

en el mercado³¹ tanto en términos económicos como de desempeño tecnológico, las baterías de litio puedan participar con un 10% de la demanda de acumulación. A pesar de que aún se trata de una tecnología de almacenamiento relativamente costosa —en comparación, por ejemplo, con las baterías de plomo-ácido—, tanto su versatilidad en cuanto escalas de almacenamiento y rangos de operación, como las múltiples alternativas en los protocolos de carga-descarga, la convierten en uno de los principales candidatos. Es así que, en el marco del estado del arte actual, la alternativa de almacenamiento de energía a base de acumuladores de litio, para sistemas de *back up* y servicios de gestión energética, se ha probado como una opción rentable en redes de tamaño pequeño y medio³² (Balaza, 2014). Por tanto, bajo estas premisas, la necesidad de acumulación energética en América Latina a base de baterías de litio alcanzaría 400 GWh en 2030. A modo de simplificación, teniendo en cuenta que hoy la capacidad de almacenamiento instalada para estos fines es prácticamente nula³³ y, suponiendo que las políticas energéticas evolucionasen de forma paralela y satisfactoriamente junto con la reducción de costos y otras cuestiones de índole tecnológica³⁴,

³¹ En el informe del BID de Febrero de 2014, “*Potential for Energy Storage in Combination with Renewable Energy in Latin America and the Caribbean*” se puede encontrar un análisis actualizado y en profundidad sobre las diferentes tecnologías de almacenamiento disponibles y sus perspectivas de aplicación en América Latina.

³² En Chile están siendo actualmente operados por la eléctrica AES Genner dos sistemas de *back up* de alta potencia en combinación con plantas tradicionales de generación. El primero, con una potencia de 12 MW, operado en el desierto de Atacama, además de gestionar la demanda y estabilizar la frecuencia de la red, genera beneficios a través de la venta directa de electricidad. En Antofagasta, otra instalación de 20MW regula la frecuencia y proporciona la reserva energética —*spinning reserves*— de una planta termoeléctrica de 544 MW.

³³ En el año 2013, la capacidad de almacenamiento energético instalado a base de baterías en redes inteligentes fue de, a penas, 0.4 GWh (Navigant Research, 2014). La edición de 2013 del “DOE/EPRI Electricity Storage Handbook” describe 18 servicios y aplicaciones, divididos en cinco grupos, para los cuales son usadas las baterías de litio en la red eléctrica: 1) Servicios en masa, 2) Servicios secundarios, 3) Infraestructura de transmisión, 4) Infraestructura de distribución y 5) Gestión energética.

³⁴ Según el Departamento de Energía de Estados Unidos, las principales barreras de que depende la entrada masiva en el mercado de los sistemas de almacenamiento de energía a gran escala son: 1) Sistemas competitivos en costo (no subsidiados), 2) Validación del rendimiento y la seguridad, 3) marco regulatorio apropiado y 4) acep-

podría darse un escenario en el que existiese un requerimiento masivo de acumulación a partir del año 2020. Esta aproximación parece más que razonable, si la contrastamos con las proyecciones de la consultora *Pike Research* (citada en DOE, 2013) que estima una potencia mundial instalada en almacenamiento para suministro eléctrico en 2022 de 14GW. Ello representa, operando solamente 4h/día de media, una capacidad de almacenamiento energético instalado de 20.4TWh.

En lo que respecta al sector del transporte, en el año 2009 había registrados en el mundo 980 millones de unidades, de los cuales el 7.5% —aproximadamente 73 millones— se encontraban en América Latina. De los 5.3 millones de vehículos producidos en la región, México, Brasil y Argentina contribuían con el 98%. Ese mismo año, se manufacturaron en el mundo 61.8 millones de unidades (OICA, 2009). En el año 2013, evidenciando el dinamismo del sector, la producción mundial fue de 87.3 millones de unidades. Si estimamos que la producción mundial en 2025 será de 95 millones de unidades, con una penetración de mercado para vehículos que funcionen con algún tipo de batería de litio del 17% (Sinumbox, 2012), y una energía media por batería de 15kWh, se tiene que la demanda de almacenamiento de energía en baterías de litio para vehículos eléctricos será de 245GWh. Si la contribución del parque automotor latinoamericano es del orden del 8% —incluyendo también a los vehículos propulsados por algún tipo de batería de litio—, esto supondría aproximadamente 20 GWh de almacenamiento en baterías de vehículo.

Escenarios de desarrollo de la cadena de valor del litio: Industrias y producción

Si partimos de la base de que América Latina cuenta con las mayores reservas mundiales de litio y que en los próximos años habrá

tación en el sector industrial (DOE, 2013). En este sentido, el DOE se ha propuesto una serie de objetivos a medio y largo plazo para propiciar el despegue del sector. En el medio plazo en EEUU se espera alcanzar: 1) Inversión de capital para el sistema: < US\$ 250/kWh, 2) costos de nivelación: < 20 cent US\$/kWh/ciclo, 3) eficiencia del sistema: > 75%, 4) ciclos de vida: >4.000 y además, que las tecnologías de generación reduzcan el costo de inversión hasta menos de US\$ 1750/ kW.

un importante crecimiento de la demanda de acumulación de energía como consecuencia de la incursión de los vehículos eléctricos y del aumento en la capacidad de generación instalada mediante fuentes renovables, ¿cómo se podría aprovechar esta coyuntura en términos de la industrialización del litio en América Latina? Por un lado, evitar la triste paradoja de los recursos naturales que, históricamente ha convertido a los países poseedores de éstos en importadores de los mismos bajo la forma de bienes intermedios y de consumo, supone priorizar una premisa fundamental: el litio de los salares latinoamericanos debe transitar en sus diferentes formas químicas hasta ser incorporado en los productos finales. De lo contrario, el carácter estratégico del litio se desvanecería si son los países del centro los que transforman la materia prima en productos litiados con tecnología incorporada —materiales catódicos, sales de electrolito, baterías de litio— para su posterior exportación a los países de la periferia. Por otra parte, reconocer la necesidad del desarrollo completo de la cadena de valor del litio supone aceptar la dualidad manifiesta entre la oportunidad económica y estratégica frente al reto tecnológico, innovativo y de gestión. A continuación, a modo de orden de magnitud, partiendo de las necesidades presentes y proyecciones futuras para la demanda de almacenamiento de energía mediante acumuladores de litio, se presentan tres escenarios donde la conceptualización de la cadena de valor —Figura 1— es traducida en un dimensionado conceptual de las principales industrias involucradas.

Caso a) Cobertura energética universal en América Latina.

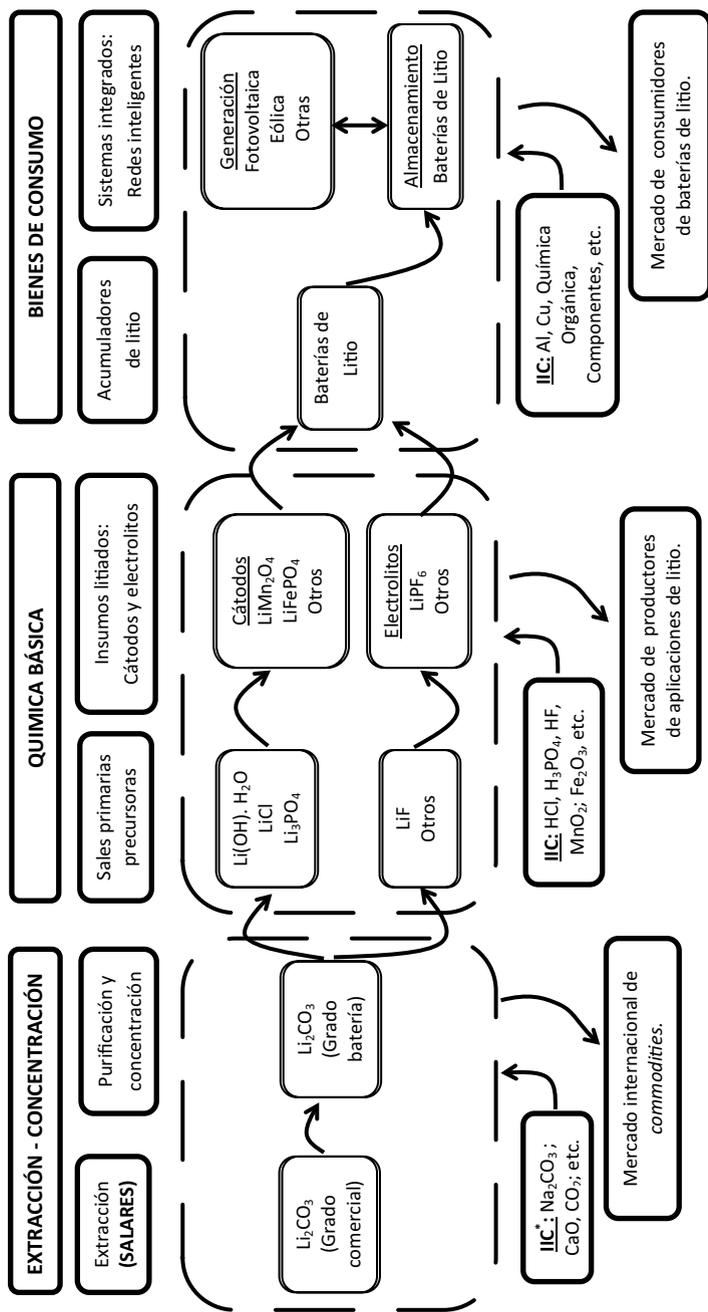
La provisión de suministro eléctrico a 30 millones de personas, localizadas fundamentalmente en áreas rurales, en base a un modelo de generación de energía renovables (solar y/o eólica) y almacenamiento en baterías de litio implica una demanda inmediata de 7.5 GWh de capacidad de acumulación energética. En términos de necesidades de litio y sus derivados, esto representa una cantidad de 4.500 T de LCE, 18.000 T de material catódico y 1.000T de sal de electrolito³⁵.

³⁵ Para una aclaración de la metodología de cálculo, revisar la Figura 2. “Flujograma de industrialización del litio para una necesidad de acumulación energética de 50GWh/año.”

Caso b) Cobertura de la demanda global de almacenamiento en América Latina en 2030. Un despegue masivo del sector de las renovables a partir de 2020, donde el 10% de las necesidades de almacenamiento sea cubierto con baterías de litio, supone una demanda de 400GWh en 2030. Un modelo incremental para la década 2020-2030, con una tasa de crecimiento del 5% anual, requeriría de la instalación de 28.2 GWh en 2020, para llegar a los 45.9 GWh en 2030.

Caso c) Cobertura de almacenamiento para vehículos con algún tipo de propulsión eléctrica en América Latina en 2030. Manteniéndose la participación del parque automotor latinoamericano en un 8% del total y para una penetración de mercado de los vehículos eléctricos en 2025 de un 17%, las necesidades de almacenamiento de energía en baterías de litio para vehículos alcanzarán los 20GWh en 2025 y los 23.8GWh en 2030. Para ello, se estima una energía media por batería de 15kWh y se supone una tasa de crecimiento anual media del 3% y manteniéndose la misma tasa de penetración de mercado. En términos de necesidades de litio y sus derivados, esto representa una cantidad de 13.500 T/año de LCE, 53.000 T/año de material catódico y 3.000T/año de sal de electrolito.

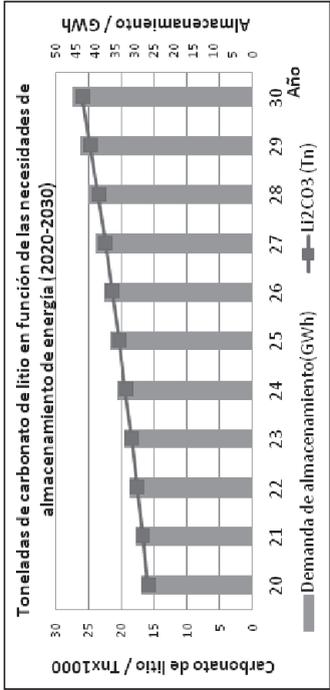
Figura 1. Esquema conceptual de la industrialización del litio en función del desarrollo de la cadena de valor



Fuente: Elaboración propia.
IIIC: Insumos e Industrias Complementarias.

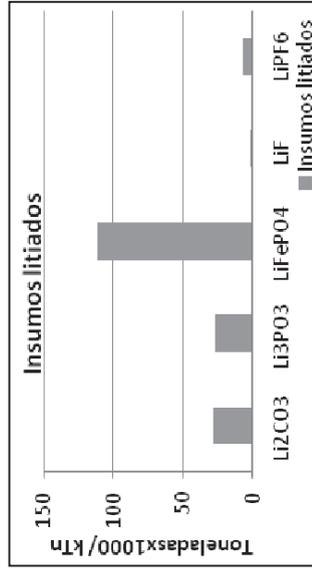
Caso b): Cobertura de la demanda global de almacenamiento en América Latina en 2030

A partir de 2030 la demanda de almacenamiento energético para electrificación podría alcanzar los 50GWh/año. Esto corresponde con una producción anual de carbonato de litio de 28.000T/año.



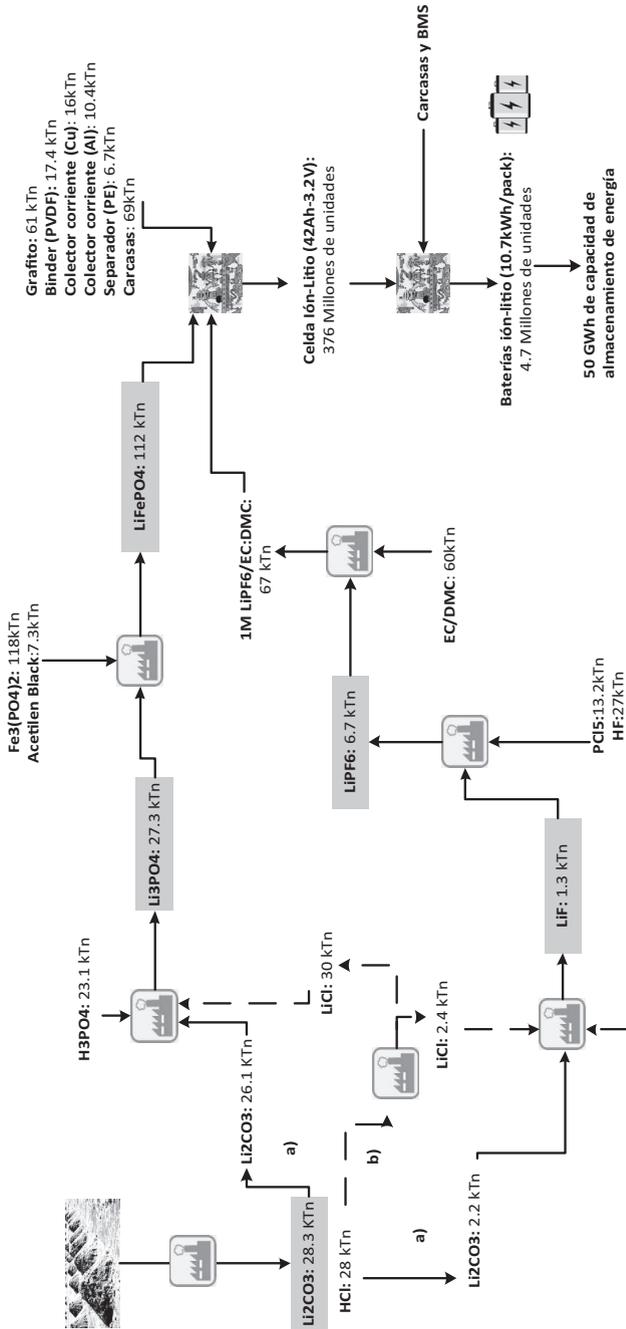
celas de ión-litio, daría para la fabricación de 372 millones de celas - 42Ah-3.2V-, que a su vez podrían ser ensambladas en 4.7 millones de baterías de 10.7kWh -5(8s2p)-84Ah-128V, por ejemplo-, dando como resultado una capacidad de acumulación de energía de 50 GWh.

La incorporación del litio, producido como *commodity* (Li₂CO₃) en los salares latinoamericanos, en las baterías de litio, supone un tránsito de su forma química a través de la cadena de valor. De esta forma, 28.000T de carbonato de litio deberían, en primera instancia, ser transformadas en sales primarias derivadas* (Li₃PO₄ y LiF), para posteriormente convertirse en los insumos litiados propiamente contenidos en las baterías (LiFePO₄ y LiPF₆).



* La elección de las sales primarias derivadas del carbonato de litio no está prefijada. Dependerá del diseño de la batería, lo que condiciona tanto el material de electrodo, como el tipo de electrolito. En nuestro caso, se ha considerado que la sal que compone el electrolito es LiPF₆, por ser actualmente la más relevante en cuanto a uso industrial. En el caso del material catódico, el LiFePO₄, ha sido seleccionado por: a) elevada seguridad -parámetro de mucha relevancia en el caso de baterías que acumulan mucha energía, como es este caso-, b) tecnología madura, c) extensamente empleado en industria, d) relativamente barato. Sin embargo, esto es sólo una selección dentro de las múltiples opciones que se pueden encontrar en el estado del arte.

Figura 2. Flujo de litio para una necesidad de acumulación energética de 50GWh/año.



Los cálculos estequiométricos han sido realizados considerando las reacciones químicas, reactivos y rendimientos presentados en diferentes patentes y papers científicos:

- LIF y LIPF67: (Belt et Al, 2007)
- Li3PO4: (Kores, 2010)
- LiFePO4: (Ming-Sang et Al, 2007),
- Configuración interna de las baterías: (Gaines y Cuenza, 2000)

a) Ruta de síntesis directa a partir de carbonato de litio
 b) Ruta de síntesis a partir de transformación intermedia en cloruro de litio.

1kTn.: 1000 Tn

Consecuencias de la selección del producto estrella

Una explicación temprana sobre el fracaso del ISI fue señalada por Raúl Prebisch, quien hizo notar que para profundizar en el proceso de industrialización se requería de la importación de insumos críticos y bienes de capital que no podían ser abastecidos por la industria nacional. Esto suponía que el modelo ISI, tal y como estaba planteado, conllevaba a un deterioro continuo en los términos de intercambio (Prebisch, 1949). La estructura social, heredada de la colonia, mantiene una distribución desigual del ingreso; lo cual determina una demanda sesgada hacia el consumo de las clases adineradas, caracterizada por bienes de consumo duraderos. Este patrón de consumo tuvo como consecuencia el bloqueo del desarrollo de la tecnología propia; coartando la iniciativa local para investigar e incorporar nuevos productos, procesos y otras innovaciones. Puesto que estos artículos presentaban una complejidad tecnológica que no podía ser generada en el mercado interno, no existió la necesidad de ampliar la base científico-tecnológica, al igual que el sector productivo, insertado en la dinámica de importar tecnología barata del exterior, tampoco promocionó su desarrollo local.

Es este un tema clave en el que la teoría de la dependencia es capaz de explicar —en parte— el porqué del fracaso del proceso de ISI en AL, a diferencia de otros países del este asiático (Japón y Corea), en los cuales se apostó por una industrialización inicial de bienes salario que propiciaron una distribución más equitativa de los ingresos. Estos productos, a diferencia de aquellos tecnológicamente avanzados, son susceptibles de ser reproducidos con la tecnología local, además de ser consumidos en el mercado interno y, eventualmente, externo. Esta estrategia permitió un aumento equilibrado entre el nivel de consumo y las capacidades científico-técnicas.

En este sentido, son destacables las diferencias en cuanto a complejidad tecnológica que existen entre las baterías de litio para vehículos eléctricos de última tecnología y aquellas destinadas al almacenamiento de energía para suministro eléctrico. Las primeras se encuentran en la frontera del conocimiento, es decir, aún no se ha conseguido establecer un sistema electroquímico capaz de satisfacer todas las condiciones que demanda la industria automotriz, mientras que las segundas han alcanzado la madurez tecnológica.

El problema de lograr una optimización de la densidad de energía —de la cual depende la autonomía de los vehículos—, con la densidad de potencia —relacionada con la capacidad de aceleración—, la seguridad, en un rango amplio de temperaturas de operación, y en un esquema competitivo de costos, supone un reto tecnológico que además se ve acrecentado en un contexto en el que el estado del arte está fuertemente protegido por las empresas líderes. La diferencia fundamental con las baterías para almacenamiento estático es que no son tan sensibles a la densidad de energía, puesto que para un sistema de *back up*, por ejemplo, el peso no es una limitante, lo cual permite una optimización más simple del resto de variables.

En otras palabras, con el grado de desarrollo tecnológico actual de las baterías de litio, es posible ensamblar acumuladores electroquímicos de gran capacidad para satisfacer prácticamente cualquier requerimiento de almacenamiento, sin comprometer la seguridad y a costos en el horizonte de la competitividad con los del modelo eléctrico vigente a base de generación no renovable. Además, estas tecnologías de “segunda generación” se pueden encontrar libres de patentes, licencias y royalties. Por el contrario, las baterías para vehículos eléctricos, más allá de que aún no estén consolidadas, en cualquier escenario futuro siempre serán mucho más sensibles, desde el punto de vista tecnológico, que aquellas empleadas en aplicaciones estáticas.

Por lo tanto, en contraposición a la alternativa de orientar la producción hacia un patrón de consumo sesgado hacia aquel estrato social minoritario capaz de acceder a los vehículos eléctricos de última generación, una estrategia de industrialización orientada a desarrollar los usos energéticos de las baterías de litio para suministro eléctrico, implica no solamente orientar el desarrollo científico y tecnológico hacia un fin social de uso generalizado, como es el acceso a la energía eléctrica. Además, desde el punto de vista tecnológico supone una alternativa más económica y sencilla. En el marco del discurso vigente, centrado en la relevancia que el litio tendrá en un futuro escenario donde los vehículos eléctricos ostenten una importante cuota de mercado, en cuanto a la comercialización del litio como commodity, este escenario es sin duda alentador, puesto que asegura la demanda para los productores latinoamericanos. No obstante, pensando en una estrategia de industrialización del litio, tal vez una apuesta por el desarrollo de baterías para vehículos podría enfrentar

una brecha tecnológica y unas barreras de entrada que no incentiven la ciencia y tecnológica local y, al contrario, favorezcan el colonialismo tecnológico (Urquidi, 1962), ante la incapacidad de desagregar los paquetes tecnológicos. En otras palabras, la consecuencia del uso de una tecnología incorporada en el proceso productivo y en los bienes de capital, pero encapsulada, es que el control de la producción, más allá de la operación de los equipos, queda en manos de las firmas proveedoras de la tecnología, lo que supone recurrir en un enfoque de desarrollo tecnológicamente dependiente.

Pero además, esta misma lógica se trasfiere aguas arriba por todos los eslabones de la cadena de valor del litio. Puesto que la operación de una batería depende en gran medida de los materiales que la constituyen, el ensamblado de baterías para vehículos requerirá no sólo de avanzadas y complejas técnicas de procesado, al mismo tiempo deberá estar constituida por materiales —cátodos, ánodos, electrolitos, separadores, etc.— con un alto valor tecnológico incorporado. Es decir, con ajustados rangos de impurezas y mínimas tolerancias en cuanto a estructura molecular y tamaños de partícula lo que, en términos de la producción, supone procesos productivos altamente estandarizados y equipos e infraestructuras costosas y de gran especialización.

Si se parte de una visión de la industrialización donde es el litio contenido en los salares latinoamericanos el componente de las baterías producidas en la región, y además, se prioriza la soberanía científico-tecnológica, la viabilidad de este enfoque aumenta en la medida en que se reconoce que no es necesariamente la última tecnología la que mejor satisface las necesidades del proyecto político vigente.

Proyecciones de rentabilidad económica y social

Estimación de los estados financieros futuros y efecto de la sustitución de importaciones

Al margen de las implicaciones geopolíticas, la adopción de una estrategia para la industrialización del litio orientada hacia la búsqueda de la sostenibilidad energética favorece las energías renovables y ofrece la posibilidad de obtener elevadas utilidades, tal y como le sucede a los actuales productores de derivados del litio con tecnología incor-

porada —materiales catódicos o baterías de litio—. Además, frente a la alternativa tradicional en muchos países periféricos que sustentan su competitividad en el modelo primario exportador y la devaluación del factor trabajo, la posesión de los principales recursos naturales sobre los que tiene lugar el proceso de agregación de valor abre la puerta a un enfoque de desarrollo industrial en torno a la cadena de valor. Ello redundaría en una sustancial mejora de las tasas de ganancia a través de un mecanismo directo de reducción de costos de producción, pero no a costa del salario, sino vía sustitución de insumos.

Como base de cálculo para llevar a cabo una evaluación financiera referencial, se han tomado los datos de un estudio realizado en 2009 por el Argonne National Laboratory, conjuntamente con el Departamento de Estado de Energía de Estados Unidos, para la instalación de una industria de baterías de litio que produce 100.000 unidades/año de 10.7kWh/pack —1GWh/año— ensamblados a base de 80 celdas de 42Ah-3.2V. Teniendo en cuenta un escenario futuro donde las técnicas de producción han alcanzado un elevado grado de madurez, al mismo tiempo que los volúmenes producidos, permiten la aplicación de economías de escalas (Nelson et Al, 2009). Con estos supuestos, y extrapolando las estimaciones realizadas a la dimensión regional, se han construido los estados financieros sobre una aproximación dinámica que contempla la evolución de los precios por kWh de energía almacenada en baterías de litio y de los costos de producción para la década 2020-2030. Se incorpora el efecto que tiene sobre la rentabilidad la sustitución de importaciones de insumos litiados, por aquellos no gravados con las ganancias imputables a productores en terceros países.

En las Tablas 1-3 se muestra el desglose de inversiones y costos para el establecimiento de una industria de las características mencionadas. La adquisición de equipos, terrenos e infraestructuras, sumado al capital de operación y puesta en marcha alcanza los US\$ 378MM y, por el lado de los costos, una vez la planta entrase en operación, se gastarían US\$ 244MM para alcanzar los niveles de producción establecidos. En la Tabla 4, más allá de estimar los estados financieros proyectados para la década 2020-2030, se pretende mostrar los efectos que tiene la sustitución de importaciones de insumos litiados sobre la rentabilidad global del proyecto. Para ello, se han estimado las Tasas Internas de Retorno (TIR) y Valores Actuales Netos (VNA) en dos

escenarios: a) todos los insumos son importados y b) los insumos litiados provienen del desarrollo de la cadena de valor en América Latina³⁶.

Tabla1: Estimación de las inversiones

Inversiones	Descripción	Método Cálculo	Valor (US\$ MM)
Equipos	Equipos + Instalación	Ajustado a costos de 2009, según Argonne National Laboratory.	191
Infraestructura	Terrenos + edificaciones + Infraestructuras especiales para producción y suministros.	Para una superficie de 12Ha de producción a un costo US\$ 338/m ² de infraestructura completa.	43
Puesta en marcha	Arranque de planta, entrenamiento, ajustes de productos fuera de especificaciones.	45% de la inversión en equipos	86
Capital de trabajo	Costos necesarios para operar hasta la generación de ingresos	30% costo variable	58

³⁶ Nótese que sólo se ha realizado la estimación para los insumos litiados, es decir, el desarrollo de la Industrias e Insumos Complementarios (colectores de corriente, BMS, separadores, carcasas, disolventes orgánicos y otros compuestos involucrados en la cadena de valor —Figuras 1 y 2—, tendría efectos análogos.

Tabla 2. Estimación de los costos variables

Costos Variables	Descripción	Método Cálculo	Valor (US\$ MM)
Materiales	Insumos para la manufactura de celdas	Datos Argonne Lab, 2009	121.4
Integración	Carcasas y sistemas de gestión de baterías (BMS).	Datos Argonne Lab, 2009	44.6
Trabajo directo	Operación, supervisión y dirección.	Datos Argonne Lab, 2009	16.3
Overhead	Suministros, mantenimiento y materiales indirectos.	60% del trabajo directo	9.7

Tabla 3. Estimación de los costos fijos

Costos Fijos	Descripción	Método Cálculo	Valor (US\$ MM)
Generales	Ventas, administración, comercialización	25% del trabajo directo y el overhead más 35% de la depreciación	13.2
I+D	Necesaria para mantener los productos actualizados y competitivos.	50% de la depreciación	13
Depreciación	Reemplazo de equipos y la planta por el uso.	12.5% de la inversión en equipos	26.1

Tabla 4. Estimación de flujo de caja. A) Insumos litiados importados. B) Producción de insumos litiados en América Latina

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ventas (US\$ MM)	0	408	379	353	328	305	568	528	491	457	425
Producción (Unidades)	0	100000	100000	100000	100000	100000	200000	200000	200000	200000	200000
Costo \$/kWh		400	372	346	322	299	278	259	241	224	208
Costo \$/pack		4080	3794	3529	3282	3052	2838	2640	2455	2283	2123
Inversión (US\$ MM)											
Equipos	191					95					
Infraestructura (US\$ MM)	43					43					
Arranque	86					43					
Cap trabajo	58					28					
Costo Variable (US\$ MM)											
A) Materiales (Importación)		121	114	107	101	95	178	168	157	148	139
B) Materiales (Prod AL)		109	102	96	91	85	160	150	141	133	125
Packs, BMS, integración.		45	38	32	27	23	40	34	29	24	21
Trabajo		16	17	17	18	18	38	39	40	41	43
Overhead		10	10	10	10	10	19	19	19	19	19

Costo fijo (US\$ MM)												
	13	13	13	13	13	13	13	13	17	17	17	17
Ventas-Administración												
I+D	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Depreciación	26	26	26	26	26	26	26	26	39	39	39	39
A) Total Costo (Mat Imp)	244	231	219	208	198	344	329	315	302	302	291	291
B) Total Costo (Prod AL)	232	219	208	198	189	326	312	299	287	287	277	277
Utilidad Bruta	164	149	134	120	107	223	199	176	154	154	134	134
Impuestos (I.U.E, 25%)	41	37	34	30	27	56	50	44	39	39	33	33
A) Utilidad Neta (Importación) (US\$ MM)	-378	111	101	90	-129	168	149	132	116	116	100	100
B) Utilidad Neta (Prod AL) (US\$ MM)	-378	132	120	98	-122	181	162	144	127	127	111	111
TIR (Importación)	21%		TIR (Prod AL)	25%								
VAN	\$ 203.38		VAN	\$ 263.85								

En cuanto a las proyecciones para el precio de venta del kWh de almacenamiento en baterías de litio, teniendo en cuenta que a principios de los 90 éste era ligeramente superior a los US\$ 3000/kWh, en el 2000 a US\$ 2000/kWh, alcanzando los US\$ 900 en el 2010 y los US\$ 600 en 2013 (Pike Research, 2012), se ha tenido en cuenta que la tendencia histórica —modelizada como función exponencial decreciente— comienza a aproximarse a su valor asintótico. De este modo, asumiendo las limitaciones que implica el contexto de incertidumbre³⁷, se ha considerado que el tramo correspondiente a la década 2020-2030 comienza con un valor de US\$ 400/kWh en 2020, para terminar descendiendo hasta los US\$ 208/kWh en 2030, aplicando una tasa anual de decrecimiento del 7% durante toda la década.

Por otra parte, los estados financieros de la Tabla 4 muestran el caso de una industria que comienza produciendo 100.000 baterías —10.7kWh/año— para, a mitad de la década, duplicar su producción. Esta inversión, conceptualmente supone una actualización tecnológica capaz de compensar la disminución en los precios de venta con el objetivo de mantener los niveles de ganancia. Para estimar estos montos, se ha tenido en cuenta no sólo la caída en los precios globales de la tecnología, sino también la valorización de las inversiones realizadas en I+D, lo que conduce a una inversión en equipos del orden de la mitad realizada inicialmente. De igual forma, tanto el capital de arranque, como el de trabajo serán necesariamente menores una vez consolidada la experiencia de producción.

La evolución de los precios de venta, no puede sino corresponderse con la de los costos de producción. Entonces, de una forma pareja a los primeros deben variar estos últimos. En el caso de estudio se ha fijado que el costo de materiales desciende en promedio anual del 6%. Y de un 15%³⁸ en el caso de los BMS, carcasas y otros dispositivos de

³⁷ La evolución de los precios de mercado del kWh de almacenamiento en baterías de litio dependerá de aspectos tales como: a) optimización de técnicas de producción y desarrollo de nuevos materiales. b) precios de las materias primas. c) estrategias empresariales d) políticas públicas.

³⁸ Es de esperar que los costos asociados a los dispositivos para aumentar el nivel de integración de las celdas —ensamblado de las baterías— se reduzcan en mayor grado que el de los insumos, puesto que mientras que los últimos dependen del mercado de *commodities*, en un contexto futuro de intensa demanda, los primeros son función del desempeño tecnológico.

integración. Por el contrario, la participación del trabajo en la estructura de costos aumenta a un ritmo del 3% anual, estimado este como un promedio del aumento del IPC. Con respecto a los costos fijos, a efectos de simplificación, se han mantenido constantes. A partir del año 2025, el efecto en el aumento de la capacidad de producción ha sido acompañado con una duplicación de los costos variables y una ponderación en el incremento de los costos fijos, de forma que los costos de administración y comercialización sólo aumentan en un 30%, los de depreciación en un 50% y los de I+D se mantienen constantes.

En el primer caso propuesto (A), donde todos los insumos son importados, los cálculos de flujo de caja devuelven una media de venta de US\$ 425MM/año, una TIR del 21% y un VNA de US\$ 203MM, correspondiente a la producción de 1GWh/año, hasta 2025, y de 2GWh/año en el segundo lustro de la década.

Si se tiene en cuenta que los insumos litiados catódicos participan con un 40% del costo total de los insumos y los correspondientes al electrolito con un 10% y, asumiendo que el desarrollo de la cadena de valor reduce los costos de ambos insumos en un 20% —comparado con la alternativa de su importación—, la incorporación de estos a las baterías producidas y manteniendo constante el resto de variables, daría lugar a un aumento de la rentabilidad global en cuatro puntos porcentuales. Adicionalmente, para el año 2030, la industria descrita requeriría de una superficie construida de 20Ha, con un consumo de potencia de 16MW y un empleo directo de 7000 trabajadores.

Dimensionado a escala regional para el Caso b).

Retomando las proyecciones sobre la demanda de almacenamiento energético, en un escenario en el que las energías renovables aumentan su participación en el mix de producción eléctrica y, por tanto, los sistemas de almacenamiento —que incluyen a las baterías de litio— emergen como condición para la evolución del desarrollo de este modelo energético. La satisfacción del requerimiento de capacidad de almacenamiento, a base de baterías de litio, de 400 GWh acumulado en toda la década, con una capacidad de producción de 50GWh/año a partir de 2030, implicaría la instalación de 26 emprendimientos como el descrito anteriormente. Si se tiene en cuenta un escalamiento

directo, sin consideraciones adicionales de efectos de escala, todo este agregado industrial de producción de acumuladores de litio capaz de asegurar el abastecimiento al mercado regional latinoamericano de parte de los dispositivos esenciales necesarios para asegurar el suministro, la transmisión, distribución y estabilidad de las redes eléctricas, (así como la integración entre productores y consumidores), implicaría una inversión total de aproximadamente US\$ 15.000 MM. Asimismo, la superficie requerida para infraestructuras sería de 500Ha, con un consumo de potencia de 400MW y un empleo directo de 180.000 trabajadores.

Respecto de la rentabilidad, tanto si los insumos son importados o si son producidos en la región como consecuencia del desarrollo de la cadena de valor, se trata de proyectos rentables³⁹. Aunque esta rentabilidad se ve acrecentada gracias a la reducción en los costos de producción que opera cuando los insumos litiados incorporados en las baterías de litio son una forma química transformada del litio contenido en los salares latinoamericanos. En este caso, las utilidades netas acumuladas en el período 2020-2030 rondarían los US\$ 28.000 MM, frente a los US\$ 25.000 MM para el caso de insumos importados, revelando una ganancia adicional de US\$ 3.000 MM ligada directamente a la sustitución de los insumos litiados importados, por aquellos obtenidos a partir de la transformación de *commodities* y sales primarias de litio en derivados tecnológicamente avanzados. Por tanto, desde este enfoque, se estaría desarrollando una industria capaz de incorporar tecnología y conocimiento, al tiempo de generar numerosas fuentes de empleo con el objetivo de cumplir con una necesidad social básica, como es el acceso a la energía. Pero además, el control de la cadena de valor supondría acrecentar las tasas de ganancia, a la vez de consolidar la soberanía sobre este recurso natural y, por ende, controlar geopolíticamente unos insumos claves para la estructura de la futura matriz energética mundial.

³⁹ Teniendo en cuenta criterios estrictamente económicos; es decir, sin considerar otros efectos que pueden afectar indirectamente a la rentabilidad; tales como la escasez de insumos, prácticas oligopólicas o acciones en la esfera política. El desarrollo de la cadena de valor completa no sólo tiene un efecto directo en la rentabilidad, sino que además, asegura una cierta capacidad de control sobre la producción.

La vanguardia de la industrialización en el marco del ABC del litio latinoamericano

El litio como objeto estratégico para la integración regional

Los objetos científicos y sistemas tecnológicos constituidos a través de actividades localizadas y mediante la interacción de múltiples actores, intersectan las dimensiones económica, política y social (Latour, 2005) y determinan la formación de los estados, sus recursos, derechos y autoridad y, en última instancia, sus relaciones de dependencia. Por otra parte, en la definición de un pensamiento estratégico y a largo plazo, capaz de hacer frente a la reorganización de los proyectos hegemónicos de los países del centro, la gestión y apropiación de los recursos naturales emerge como eje central del debate. En este sentido, una política de asociación de productores orientada a recuperar la gestión de la producción, reservas, industrialización y comercio de estos recursos no sólo se corresponde con una política de recuperación de la soberanía y de afirmación de los objetivos regionales, además es contingente a la formación de los precios internacionales (Bruckmann, 2013).

En esta línea, por analogía con la OPEP, creada para “coordinar y unificar las políticas petroleras entre los países miembros, con el fin de garantizar unos precios justos y estables para los productores de petróleo, el abastecimiento eficiente, económico y regular de petróleo a los países consumidores y un rendimiento justo del capital de los inversores”, cuyos objetivos fundacionales comenzaron a cumplirse una década después de su creación⁴⁰, desde el Ministerio de Minería de Argentina, se ha propuesto la creación de la Organización de los Países Productores de Litio (Opproli). Junto con Chile y Bolivia, “permitiría que los tres países proyecten una política común en producción, in-

⁴⁰ La OPEP fue fundada en Bagdad el 14 de Septiembre de 1960, sin embargo, durante esta década el precio del petróleo era negociado por siete grandes compañías trasnacionales que controlaban el 80% de la producción mundial. A partir de 1971 la OPEP decidió nacionalizar las empresas que se encontraban en sus territorios: Argelia nacionalizó la industria petrolera en 1971, en septiembre de 1973 Libia hizo lo propio. El proceso de nacionalización que inició Venezuela en 1971 culminó en enero de 1976, e incluso Arabia Saudí nacionalizó su petróleo en 1979.

dustrialización y comercialización, que satisfaga la demanda mundial de manera racional e inteligente” (La Nación, 2014).

Al respecto y, en relación al concepto de soberanía energética, la privilegiada posición que en cuanto a riqueza mineralógica ostenta la región, abre un abanico de alternativas tanto en el ámbito geopolítico, como en lo social, económico y medioambiental. Más allá de la exportación del carbonato de litio como *commodity* a los mercados internacionales de productores de insumos para baterías de litio de vehículos eléctricos y otras aplicaciones⁴¹, la culminación de una estrategia de industrialización orientada al desarrollo de la cadena de valor del litio, con la mira puesta en el abastecimiento energético, tendría como consecuencia directa la consolidación de la senda hacia la soberanía energética. Además, indirectamente, desde el punto de vista de la ciencia y la tecnología, también tendría repercusiones sobre la relación centro-periferia.

No es menor el enorme esfuerzo científico-tecnológico implícito en lo que aquí se plantea, sin embargo, tanto el nivel de disponibilidad de tecnologías en el mercado —baratas, y libres de licencias—, como la actual consolidación tecnológica en estos campos, permite abordar el problema de la objetivación del litio desde un enfoque dual. A saber, por una parte, potencie el desarrollo científico, tecnológico e innovativo a escala regional, en favor de una mirada a largo plazo que coloque el desarrollo de las capacidades científico-tecnológicas propias en un plano prioritario dentro del esquema global de desarrollo, pero que, al mismo tiempo, saque partido a las posibilidades de acceso a tecnologías con el fin de mejorar las capacidad de absorción (Gutti, 2008). Esto último a través de técnicas de retroingeniería y copia, buscando adaptar la tecnología a las condiciones locales, mientras se acelera la disminución de la brecha tecnológica.

Tal vez, los primeros pasos en esta dirección podrían darse mediante la creación de un Sistema Supranacional de Innovación, en torno al desarrollo de la cadena del litio y sus industrias complementarias de insumos y bienes de capital, constituido a base de una agregado de sistemas tecnológicos, insertos en contextos competitivos, interactivos y organizacionales diferentes donde, en la búsqueda de sinergias y la

⁴¹ En el marco de una organización de productores, transformaría radicalmente el rol de la región en el sector energético y de transportes a nivel mundial.

mejora de la eficiencia colectiva, cada uno de estos sistemas se conformase por una red de agentes que interactúan en un área tecnológica específica. Siempre con el propósito de generar, difundir y utilizar la tecnología (Carlsson, 1995). Semejante a las *tramas productivas*, en las que los agentes involucrados establecen relaciones económicas continuas a lo largo del tiempo y determinadas por instancias de coordinación, los diferentes sistemas tecnológicos relacionados con la industrialización del litio podrían operar procurando contribuir al desarrollo de procesos de generación y circulación de conocimiento tácito y codificado. Sería a través de una articulación bidimensional entre el tejido productivo y el territorio a escala supranacional, con el objetivo común de democratizar el conocimiento y asegurar el abastecimiento energético universal y soberano.

Los modelos regionales de industrialización: El caso de Bolivia

Argentina, Bolivia y Chile, concentran más de dos tercios de las reservas mundiales de litio (USGS, 2010). A pesar de ello, la forma en que cada uno de estos países responde a la creciente demanda mundial, no sólo se diferencia por los diversos grados de desarrollo socio-económico y científico tecnológico, sino también por la particular conformación de los bloques sociales hegemónicos y las relaciones de fuerzas en que dichos bloques se sustentan históricamente. En este sentido, a diferencia de Argentina y Chile, donde la explotación de los salares funciona bajo régimen concesional privado, Bolivia se constituye como el único país del Cono Sur en prohibir las concesiones sobre sus reservas y refundar una empresa pública que busque su industrialización, en base a un proceso autónomo y soberano, en función de las propias necesidades sociales (Nacif, 2012).

En enero de 2006, el dirigente campesino-cocalero y líder del Movimiento al Socialismo (MAS), Evo Morales Ayma asumió el gobierno por mayoría absoluta, y en relación a los recursos naturales, inició una política de nacionalizaciones, como respuesta a la movilización popular que exigía el cumplimiento del programa político presentado por el MAS.

Sobre la base del Plan Nacional de Desarrollo (PND) aprobado en 2006⁴², la declaración de la reserva fiscal sobre todo el territorio nacional de 2007 —que eliminó definitivamente el sistema minero concesional (DS 29117)— y la recuperación de las facultades productivas de la COMIBOL en 2008 (Ley 3720), el presidente Evo Morales declaró la *prioridad nacional* del Plan de Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (DS 29496 del 1/04/2008) y anunció la construcción de una planta piloto de US\$ 17 millones financiados por COMIBOL. El 3 de abril creó la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia —hoy Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE)— y, a mediados de mayo de 2008, inauguró la construcción del proyecto piloto en Llipi Llipi (Fase I) —producción de *commodities* de litio y potasio a escala piloto—. La inauguración de la planta piloto de cloruro de potasio tuvo lugar el 9 de agosto de 2012 y el 3 de enero de 2013, la de carbonato de litio. Concluyó en esta fecha, la Fase I orientada a desarrollar las capacidades científico-técnicas necesarias para encarar la Fase II —producción de *commodities* de litio y potasio a escala industrial—, en la cual se trabaja actualmente. La ejecución de la Fase I, a pesar de las enormes dificultades que ha enfrentado⁴³, no sólo ha permitido definir los procesos productivos, la ingeniería del proyecto industrial, o formar una masa crítica especializada. Mediante un enfoque de implementación en etapas lógicas —I+D y pilotaje, previas a la escala industrial—, el estado boliviano ha conseguido el control soberano sobre la producción del carbonato de litio y el cloruro de potasio a través del desarrollo de múltiples innovaciones —de proceso y organizacionales— sustentadas en la creación, difusión y aplicación

⁴² El Plan Nacional de Desarrollo establece las tareas de la etapa: “la generación, control y distribución de los excedentes producidos por los recursos naturales renovables y no renovables para la acumulación interna que alimiente, en el largo plazo, el desarrollo nacional.” (*Plan Nacional de Desarrollo*, 2006).

⁴³ El desarrollo de la Fase I no ha estado exento de contratiempos que generaron retrasos en la puesta en marcha de las plantas. Desde adversidades meteorológicas, como las intensas lluvias que en 2011 inundaron el Salar de Uyuni hasta los 90cm y obligaron a detener las obras, pasando por los vaivenes políticos en el Ministerio de Minería y Metalurgia y en la COMIBOL que afectaron a la planificación y ejecución de actividades, hasta problemas de índole científico – tecnológica o de burocracia interna, son algunos de los problemas que acompañaron la implementación de la Fase I del proyecto evaporíticos de la GNRE.

de conocimientos concretos vinculados a las particularidades técnicas del tratamiento de las salmueras del Salar de Uyuni, en el entorno socio-político y económico específico de Bolivia.

Por otra parte, en octubre de 2010, el Gobierno lanzó la “Estrategia de industrialización de los recursos evaporíticos de Bolivia”, que por primera vez definió los detalles del plan y los grados de avance según infraestructura y financiamiento incluyendo, además de la Fase I y Fase II, una Fase III (Industrialización) orientada al desarrollo de la cadena de valor del litio (GNRE, 2010). Para ello, dos créditos del Banco Central de Bolivia fueron aprobados por la Asamblea Plurinacional. El primero correspondiente al 28 de noviembre de 2010 por un total de Bs 836.400.000 —equivalentes a más de US\$ 120 millones—. El segundo con fecha 23 de diciembre de 2011 por Bs 5.332.050.000 —más de US\$ 765 millones (Leyes Financiales 062/2010 y 211/2011)—. De ellos fueron asignados US\$ 400 millones para la Fase III de industrialización, cumpliendo con el compromiso constitucional de “promover prioritariamente la industrialización de los recursos naturales” (art.316, inc. 6) y “ejercer el control estratégico de las cadenas productivas y los procesos de industrialización de dichos recursos” (art.309, inc.1)⁴⁴.

El 14 de marzo de 2011, el Ministerio de Minería y Metalurgia emitió la Resolución Ministerial 055, según la cual se aprueba el estudio de pre-factibilidad “Sales derivadas del Carbonato de Litio con Alto Valor Añadido y Baterías de Litio” para la Fase III (Industrialización), por un monto de US\$ 400 millones. Al mismo tiempo, se insta al Banco Central de Bolivia a financiar el proyecto “Implementación de planta piloto de baterías de litio en Bolivia” por un monto de Bs. 35.350.000 (US\$ 5 millones) correspondiente a la ejecución de la primera etapa de la Fase III de industrialización de los recursos evaporíticos de Bolivia.

44 Durante el discurso del Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia, Evo Morales Ayma, del 21 de Octubre de 2010, sobre la estrategia de industrialización de los recursos evaporíticos de Bolivia, se anunció que la Fase III (Industrialización), correspondiente al desarrollo de la cadena de valor del litio, contaría con un financiamiento estatal de US\$ 400 millones, aceptando en esta Fase III la participación adicionales de socios extranjeros que aporten tecnología de punta o capital. Adicionalmente se confirmó que las fases de explotación e industrialización de los recursos evaporíticos de Bolivia serían desarrolladas de manera paralela.

Poco después, el 13 de mayo, tiene lugar la firma del contrato SANO N°179/2011 entre COMIBOL y el BCB por la cantidad de Bs. 35.350.000 (US\$ 5 millones) para iniciar la instalación de una planta piloto de baterías de litio y una serie de laboratorios destinados a realizar investigaciones sobre los diferentes eslabones de la cadena de valor del litio. La implementación de este proyecto concluyó satisfactoriamente el 17 de febrero de 2014 y coincidió con la inauguración de una planta piloto de baterías de litio en la localidad de La Palca, Potosí. En ella, se producen a escala piloto baterías para celular de 0.8Ah y celdas de 10Ah que pueden ser ensambladas como baterías de 24V-10Ah para bicicletas eléctricas o para sistemas de almacenamiento de energía destinados a electrificación. Días después del inicio de operaciones de la planta piloto de baterías, el 26 de febrero, la GNRE firmó con el Banco Central de Bolivia el contrato SANO 33/2014 por una cantidad de Bs237.274.016 (US\$ 34 millones). El objetivo fue la ejecución del Estudio de Identificación denominado “Implementación del Centro de Investigación, Desarrollo y Pilotaje (CIDYP) La Palca – Potosí”, como segunda etapa del proyecto marco “Sales Derivadas del Carbonato de Litio con Alto Valor Agregado y Baterías de Litio”. De esta manera, Bolivia da continuidad y profundiza su estrategia de industrialización de los recursos evaporíticos, a través de una segunda inversión destinada al fortalecimiento de las infraestructuras de I+D y de producción.

Desarrollo en etapas de la cadena de valor e integración regional

La industrialización de los recursos evaporíticos de Bolivia, y concretamente del litio, en su ámbito científico tecnológico, busca la transformación de una materia prima —salmuera concentrada en litio— en productos comercializables derivados con diferentes grados de transformación: 1) carbonato de litio (grado comercial), 2) carbonato de litio (grado batería), 3) sales derivadas del carbonato de litio (fluoruro de litio, hidróxido de litio, etc.), 4) precursores para baterías de litio (materiales catódicos y sales de electrolito) y, 5) baterías de litio. Los productos comercializables se corresponden con las coordenadas de la cadena de valor del litio, en la que aquellos no sólo cumplen el

rol de ser mercancías en cuanto valor de cambio comercializables en los mercados internacionales de productores de aplicaciones, sino que además cumplen el rol de valor de uso, pues sirven como insumos de producción para el eslabón siguiente de la cadena. Esta visión de la cadena de valor del litio, que en la actualidad se encuentra acotada en sus dos extremos: carbonato de litio–baterías de litio, en la escala piloto y en desarrollo de sus eslabones intermedios⁴⁵ refleja una estrategia de industrialización sugerente en diferentes niveles.

El tránsito por una etapa de I+D – pilotaje sobre los eslabones principales de la cadena (carbonato de litio, cátodos y baterías), con anterioridad a la etapa industrial, si bien puede resultar más costoso y lento que la alternativa de acceder directamente a la producción a gran escala, implica ventajas desde el punto de vista de la capacidad de apropiación tecnológica y del conocimiento del negocio y los socios, lo cual redundará en una mejora en las aptitudes para la selección de tecnologías en etapas posteriores. De esta forma, trabajar en los diferentes eslabones de la cadena de forma simultánea, con un enfoque de gradualidad de la inversión, no sólo le permitirá a Bolivia adquirir una mirada integral del negocio del litio, sino también testar capacidades y compatibilidades culturales con los diferentes socios, así como evaluar las diversas modalidades de asociación y ejecución⁴⁶ de los proyectos.

⁴⁵ En mayo de 2013, la GNRE anunció un acuerdo con la coreana POSCO para la instalación de una planta piloto de síntesis de materiales catódicos (LFP y LMO), con una inversión total de US\$ 2.4 millones aportados al 50% entre la COMIBOL y la firma coreana. (América económica, 2013)

⁴⁶ La explotación del Salar de Uyuni se lleva a cargo de manera exclusiva por parte de la GNRE. La planta piloto de materiales catódicos está en discusión con la empresa coreana POSCO en una modalidad de asociación al 50% que implica una inversión conjunta y equivalente. La planta piloto de baterías de litio fue adquirida como proyecto “llave en mano” a la empresa china Linyi Dake, Ltd (Correo Del Sur, 2014). Además, JOGMEC de Japón colabora con la GNRE en investigaciones sobre procesos de tratamiento de salmueras. Un consorcio holandés compuesto por la universidad T. U. Delft, Battery Technology International y Da Vinci Laboratory Solutions, han realizado un “plan maestro” (La Razón, 2013) para la ejecución del contrato SANO33/2014. El Gobierno austriaco, a través de sus universidades públicas, está interesado en transferir conocimiento y tecnología de litio a Bolivia (La Razón, 2013). Además, desde los orígenes del proyecto en 2008 la GNRE firmó memorándums de entendimientos con empresas e instituciones de diferentes países (Japón, Corea, China, Brasil, Irán, Francia, Finlandia, Suiza, Venezuela, entre otros).

Pero además, esta diversificación de socios y estrategias para la implementación de proyectos en sus diferentes fases, es especialmente relevante porque restringe la dependencia tecnológica sobre un socio concreto, a la vez que fortalece el control soberano a lo largo de toda la cadena de valor (Rodríguez y Aranda, 2014). De esta manera, el enfoque de Bolivia devela una mirada diferente de la de Argentina o Chile, que sugiere que mientras se priorice el tiempo y la rentabilidad, en detrimento de la acumulación de capacidades internas, se estará renunciando a fortalecer aquellos atributos esenciales que pueden modificar la asignación centro-periferia.

Desde el punto de vista de la integración regional en el marco de UNASUR, a pesar de que **aún no hay proyectos definidos** en términos de inversión e infraestructuras, existen avances alentadores en forma de convenios y memorándums de entendimiento. El 25 de mayo de 2013 se concretó el convenio entre el Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) de Venezuela y el GNRE, para impulsar la industrialización del litio (GNRE, 2013) sobre la base del establecimiento de las industrias complementarias. Se definieron seis emprendimientos para llevar a cabo investigaciones y desarrollos conjuntos en materia de: a) separadores para baterías de litio, b) ánodos de grafito, c) sistemas de gestión (BMS) y d) colectores de corriente de aluminio, e) compuestos orgánicos para electrolitos, f) carcasas para baterías. El establecimiento de estos acuerdos constituye el primer paso hacia una mirada regional de industrialización alrededor de la cadena de valor del litio, donde cada país aporta desde aquellos rubros en los cuales presenta ventajas comparativas —en el caso de Venezuela, la industria del plástico y del aluminio—. El impulso de políticas capaces de romper las lógicas burocráticas que dificultan la consolidación de estas iniciativas, podría afianzar el avance en una trayectoria común hacia la soberanía energética y el control de los insumos y tecnologías que, de manera relevante, la sustentarán en un futuro.

En lo que refiere al proyecto de la planta piloto de baterías de litio, con una inversión total de US\$ 3.7 millones (el 15% corresponde a insumos, el 20% a las infraestructuras de producción y el resto a la adquisición de bienes de capital y *know-how*, diseñado priorizando las posibilidades de desagregación del paquete tecnológico y el régimen de propiedad intelectual —libre de licencias, patentes y royalties—),

no sólo contribuye a un pilotaje integral desde el punto de vista del desarrollo de las capacidades técnico-organizativas. Además, implícitamente, la producción de un bien de consumo final, como son las baterías de litio, puede operar como mecanismo de apalancamiento de mercados internos y externos (Rodríguez y Aranda, 2014) permitiendo una evolución paulatina y equilibrada entre las esferas de la producción y la comercialización. Puesto en perspectiva un escenario futuro en el cual Bolivia entrase a la comercialización internacional de dispositivos para almacenamiento de energía, resulta conveniente una evaluación previa, tanto de sus usos sociales, como de la viabilidad, económica y tecnológica, en el nivel regional. De esta forma, la combinación de líneas de producción de baja energía para aplicaciones portables —baterías de 0.8Ah para celulares— y de alta energía —celdas de 10 Ah para ensamblado de baterías 24V-10Ah— para bicis eléctricas o almacenamiento con fines de electrificación, abren un amplio espectro de posibilidades en cuanto valores de uso.

Es relevante destacar el acceso a electricidad en contextos de pobreza energética, (el caso de la comunidad Yuracaré de Ibarecito, un pueblo remoto en el Departamento de Beni que no está conectado a la Sistema Interconectado Nacional (SIN), donde una solución como el “focomóvil”, construido con una batería de litio de baja capacidad y conectada a un panel solar, permite iluminar y recargar computadoras o celulares (Los Tiempos, 2014) y el fortalecimiento de alianzas público-privadas, como el desafío que se lanzó desde la GNRE a los empresarios privados para que instalasen una fábrica de bicicletas eléctricas en Bolivia, las cuales podrían tener un mercado masivo en ciudades como Sucre, Oruro, Santa Cruz o Cochabamba, donde las baterías litio podrían ser aportadas desde la planta piloto de baterías instalada en La Palca, Potosí (La Razón, 2014). También es insoslayable, la integración del tejido empresarial estatal con el propósito de facilitar el acceso universal a las TICs, como es el caso de la fábrica estatal de computadoras Quipus, un 30% más baratas que las del mercado, cuyas baterías podrían ser provistas por la GNRE (La Razón, 2014). Todas estas constituyen alternativas reales sobre las cuales la GNRE ha manifestado su interés en participar y apoyar, como parte de una lógica de pilotaje integral.

Además de estos lineamientos, con una mirada prospectiva alrededor del concepto de soberanía energética, dentro del actual estado del

arte del proyecto, existe la posibilidad de ligar la acumulación energética con la generación en la dimensión piloto. Dos acontecimientos ilustran el inicio de la transición de matriz energética en Bolivia: la instalación de los primeros parques piloto de generación eólica y solar.

El 2 de enero de 2014, la primera planta piloto de generación eólica fue inaugurada en, Qollpana, Cochabamba. Con una inversión de US\$ 7.6 millones y una potencia instalada de 3 MW, suministrada por dos aerogeneradores, la empresa china Hydrochina operará la planta durante dos años para luego transferirla a la estatal eléctrica ENDE (Página Siete, 2014). La optimización del rendimiento de esta planta depende del diseño de sus acumuladores⁴⁷. Por otra parte, el 21 de mayo de 2014, el Gobierno firmó un contrato con la empresa española Isastur para la instalación de la primera planta de energía solar en Bolivia, con una inversión de US\$ 10.8 y un período de ejecución de seis meses. Los 17.000 paneles fotovoltaicos generaran 5 MW de potencia, los cuales estarán respaldados por un sistema de almacenamiento con baterías de ión-litio de 2 MW de potencia (La Nueva España, 2014).

De esta forma, mientras que tanto en Argentina como en Chile la explotación del litio atiende a un patrón primario-exportador privado, vagamente vinculado a una estrategia de industrialización en torno al desarrollo de productos “aguas arriba o abajo”, y un enfoque fundamentalmente ofertista sobre el rol que debe jugar la ciencia y la tecnología, Bolivia, a pesar de no estar exenta de dificultades relacionadas con una burocracia estructural que en muchos casos obliga a anteponer lo administrativo a lo técnico, está siendo capaz de desplegar un enfoque sistémico de industrialización que prioriza el control de la

⁴⁷ Cuando el aporte de las renovables al SIN es relativamente pequeño, las fluctuaciones no afectan en gran medida al suministro. A medida que la contribución de las renovables (eólica y solar) al SIN aumenta, también lo hacen los requerimientos de almacenamiento, pues la velocidad a la que varía la producción —por variaciones de viento o radiación solar—, puede ser mayor que la velocidad a la que son capaces de cambiar su producción las plantas convencionales para compensar esta variación. Para una participación de las renovables al SIN inferior al 5%, un minuto de almacenamiento a pleno rendimiento de las turbinas puede ser suficiente para estabilizar el suministro, en función de los algoritmos de previsión de vientos (MIT, 2013). Por otra parte, al margen de la estabilidad de la red, la rentabilidad del parque eólico puede aumentar si existen baterías baratas capaces de almacenar toda la energía que se pierde durante las horas en las que la oferta supera la demanda.

cadena de valor. Desde la salmuera hasta la batería, está inspirado en la lógica de combinar el desarrollo autónomo de ciencia y tecnología, con la adquisición de esta última como paquetes desagregables, en la búsqueda de un fin concreto: el desarrollo integral de los recursos evaporíticos de Bolivia.

Conclusiones

La crisis de identidad que sufre el sector energético mundial, aquejado de una problemática que abarca múltiples niveles, desde el horizonte de escasez o la cuestión medio ambiental, hasta una cultura empresarial cuestionada por la sociedad civil, está acelerando el tránsito hacia un nuevo paradigma energético. En su esquema, los sectores litio-intensivos están llamados a desempeñar un importante rol. Esto se manifiesta en numerosos programas gubernamentales respaldados por fuertes inversiones destinadas a la promoción de las energías renovables y la incipiente penetración de los vehículos eléctricos en el mercado de transportes. Ante este panorama América Latina, que ostenta más de dos tercios de la reserva mundial de litio, tiene el reto de subirse al tren de la modernización energética no sólo respondiendo a una lógica primario-exportadora, sino a través de una estrategia de industrialización orientada al desarrollo de la cadena de valor del litio.

Avanzar en esta dirección, poniendo el acento en el concepto de soberanía energética, entendida como la capacidad de los Estados para definir y controlar su matriz energética, vincula en su dimensión material tanto al régimen de propiedad sobre los recursos naturales, como a las capacidades científico-tecnológicas para transformarlos en aquellos dispositivos consustanciales a un modelo de generación a partir de fuentes renovables: las baterías de litio. La consecuencia de este enfoque alcanza múltiples dimensiones: a) social -acceso a la energía y soberanía energética; b) económica -rentabilidad de proyectos vía sustitución de insumos-, c) ambiental -modelo sostenible a largo plazo; y d) estratégica —formación de precios internacionales e integración regional—, pero para ello es necesario consensuar acciones y definir políticas públicas que fomenten un modelo energético descentralizado basado en la generación renovable, el autoconsumo y la bidireccionalidad producción-consumo.

Por otra parte, la historia sugiere que mientras se priorice el cortoplacismo y la rentabilidad, en detrimento de la acumulación de capacidades internas, se estará renunciando a fortalecer aquellos atributos esenciales que pueden modificar la asignación centro-periferia. En este sentido, a diferencia de Argentina y Chile donde la explotación bajo régimen concesional de los salares está desvinculada de una estrategia global de industrialización, el enfoque de Bolivia resulta aleccionador. Se constituye como el único país del Cono Sur en prohibir las concesiones sobre sus reservas y fundar una empresa pública que busca su industrialización, con base en un proceso autónomo y soberano, en función de las propias necesidades sociales e inspirado en la lógica de combinar el desarrollo autónomo de ciencia y tecnología, con la adquisición de ésta como paquetes desagregables. Todo ello en la búsqueda de un fin concreto: el desarrollo sistémico de los recursos evaporíticos de Bolivia. A través del desenvolvimiento del proyecto en sus fases lógicas —I+D y piloto como etapas previas a producción industrial—, operado a través de un enfoque de pilotaje integral con socios diversificados, el Estado boliviano no sólo ha conseguido acumular enormes capacidades técnico-organizativas y el control sobre la producción del carbonato de litio y las baterías. Además, este enfoque puede activar un mecanismo de apalancamiento de mercados internos y externos que permita una evolución paulatina y equilibrada entre la base científico-tecnológica y las esferas de la producción y la comercialización. Por tal razón, la experiencia boliviana puede resultar relevante a la hora plantear una estrategia regional en torno a la futura matriz energética.

Bibliografía

Libros, informes y *papers* científicos.

- Aifantis, Katarina; Hackney, Stephen; Vasant, Kumar (2010) “High Energy Density Lithium Batteries. Materials, Engineering, Applications”, WILEY VCH
- Arceo, Enrique (2011) “El largo camino a la crisis. Centro, periferia y transformaciones de la economía mundial”, Buenos Aires, Cara o Ceca.

- Axen, Jonn; Burke Andrew; Kurani Ken (2008) "Batteries for Plug in Hybrid Vehicles: Goals and the state of technology circa 2008", University of Davis, California.
- Balaza, Lenin; Gischler, Christiaan; Janson Nils; Miller, Sebastian; Servetti, Bianmarco (2014) "Potential for energy storage in combination with renewable energy in Latin America and the Caribbean", Febrero, Banco Interamericano de Desarrollo, División de Energía, en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38576266>
- BDEW-ZVEI (2012) "Smart Grids in Germany. Fields of action for distribution system operators on the way to Smart Grids", German Association of Energy and Water Industries and German Electric and Electronic Manufacturers Association, Junio, en: [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/816417E68269AECEC1257A1E0045E51C/\\$file/BDEW-0008_S-G-Broschuere_eng_Web_DS.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/816417E68269AECEC1257A1E0045E51C/$file/BDEW-0008_S-G-Broschuere_eng_Web_DS.pdf)
- Belt, Heinz-Joachim; Seffer, Dirk; Rudolph, Werner (1999) "Method of preparing LiPF₆", United States Patent, n° 5,866,093, USA.
- Bloomberg, (2013) "Global trends in renewable energy investment 2013", Frankfurt School-UNEP, en: <http://www.unep.org/pdf/GTR-UNEP-FS-BNEF2.pdf>
- Bruckmann, Mónica (2013) "Conferencia suramericana: Visiones hacia una estrategia suramericana para el aprovechamiento de los recursos naturales", Caracas, Venezuela, 29 de mayo de 2013
- Buchmann, Isidor (2004) " Battery Statistics", Freedomia Group
- CAF-CEPTAL et Al (2013) "Energía: Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe", Corporación Andina de Fomento – Comisión Económica Para América Latina, Marzo, en: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/51428/Energiavisionesobrelosretos.PDF>
- Cardoso, Fernando H. y Faletto, Enzo (1969) "Dependencia y Desarrollo en América Latina: ensayo de interpretación sociológica", Siglo XXI, México, D.F
- Carlsson, B. (1995) "Technological Systems and economic performance: The case of Factory automation", Kluwer, Dordrecht
- CDA, Inc , (2012) "Market evaluation for energy storage in the US", KEMA, Fairfax, Virginia, en: http://www.copper.org/about/pressreleases/pdfs/kema_report.pdf
- Dahlin, Greger; Strom, Kalle (2010) "Lithium batteries. Research, Technology and Applications", Nova Science Publishers.

- Dinger, Andreas; Martin Ripley; Mosquet, Xavier, (2009) “Batteries for Electric Cars. Challenges, Opportunities and outlook to 2020”, The Boston Consulting Group.
- DOE, 2013 “Grid Energy Storage” (2013), US Government, U.S Department of Energy, diciembre, en: <http://energy.gov/sites/prod/files/2013/12/f5/Grid%20Energy%20Storage%20December%202013.pdf>
- EIA (2013) “International Energy Outlook 2013”, US Energy Information Administration, en: [http://www.eia.gov/forecasts/ico/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ico/pdf/0484(2013).pdf)
- Etherden, Nicholas; Aceby, Susanne; Bollen Math; Ohlsson, H.J. Lars (2013) “Technical Dimensioning of an energy storage for a Swedish distribution company”, CIRED, 22nd International Conference on Electricity Distribution Stockholm, 10-13 June 2013, Paper N° 315, en: http://pure.ltu.se/portal/files/92404538/Nicholas_Etherden._Ny.pdf
- Gaines, L.; Cuenza, R. (2000) “Costs of Lithium-Ion-Batteries for Vehicles” (Report ANL/ESD-42) (Argonne, IL: Argonne National Laboratory, 2000).
- Gholam-Abbas, Nazari; Gianfranco, Pistoia (2009) “Lithium batteries. Science and Technology”, Italy, Springer Science and Business Media
- Global Sources (2009) “Lithium batteries & packs”, Global Sources
- GNRE (2013) “Memoria Institucional”, Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, La Paz, Bolivia.
- GNRE (2010) “Memoria Institucional”, Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, La Paz, Bolivia.
- Goonan, Thomas (2012) “Lithium use in batteries” (Virginia: USGS, en: www.pubs.usgs.gov/circ/1371/)
- Gutti, Patricia (2008) “Características del proceso de absorción tecnológica de las empresas con baja inversión en I+D: un análisis de la industria manufacturera argentina”, Universidad Nacional General Sarmiento, Argentina.
- Herrera, Amilcar (1995) “Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita”. REDES, n°5, Argentina
- Houssay (1960), “Importancia del adelanto científico para el desarrollo y la prosperidad de las Américas”, Ciencia Interamericana.

- Latour, Bruno (2005) "From Realpolitik to Dingpolitik: Or, How to Make Things Public." Pp. 1-31 in *Making Things Public: Atmospheres of Democracy*, edited by Bruno Latour and P. Weibel. Cambridge, MA: MIT Press
- Matsuki, Kenso y Ozawa, Kazunori (2009) "General Concepts" en *Lithium Ion Rechargeable Batteries* (Weinheim: Wiley-VCH).
- Metz, Dieter; Fiedler, Thorsten; Mircea, Ion; Mircea, Paul-Mihai (2010), "Integration of distributed battery storages in modern power grids", *Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series*, N°34, 2010, pp:137-141, en: <http://elth.ucv.ro/fisiere/anale/2010/26.pdf>
- Min-Sang, Song; Yong-Mook, Kang; Jai-Young, Lee (2007) "Sample and fast synthesis of LiFeO_4 composite for lithium rechargeable batteries by ball milling and microwave heating", *Journal of Power Sources* 166 (2007) pp: 260-265, South Corea.
- Nacif, Federico (2012) "Bolivia y el Plan de Industrialización del Litio. Un reclamo histórico" en *Revista del CCC* (Buenos Aires: Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini) N° 14/15, enero/agosto, en: www.centrocultural.coop/revista/articulo/322/
- Nelson, Paul A.; Santini, Danilo J; Barnes, James (2009) "Factors Determining the Manufacturing Costs of Lithium-Ion Batteries for PHEVs", Argonne National Laboratory – US Department of Energy, EVS24, Stavanger, Norway, May 13-16, 2009
- OECD-IEA (2011) "Technology Road Map. Smart Grid", International Energy Agency, en: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf
- OICA (2009) "2009 Production Statistics", Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, París, Francia.
- OLADE (2013) "Energía sostenible-Perspectiva regional: Centroamérica - América Latina y el Caribe", Organización Latinoamericana de energía, Seminario de capacitación para América central (SICA), Costa Rica 10-14 de junio, en: http://www.iea.org/media/training/presentations/Day_1_Session_2c_OLADE_Overview.pdf
- Pike Research (2012) "Forecasts automotive Li-ion battery prices", Green Car Congress
- Pillot, Christophe (2011) "HEV, H-HEV & EV Market 2010-2020 impact on battery business", 4th International Congress on Automotive Battery Technology.

- Plan Nacional de Desarrollo (2006) “Contenidos del Plan Nacional de Desarrollo” (La Paz: Ministerio de Planificación de Desarrollo), en: www.ine.gob.bo/pdf/PND/00.pdf
- Prebisch, Raúl (1949) “The economic development of Latin America and its principal problems” CEPAL, Lake Success.
- Rodriguez, Antonio; Aranda, Iván (2014) “ De la Salmuera a la batería. Soberanía y cadenas de valor”.
- Rodriguez, Manuel Luis (2011) “Aproximación al concepto de soberanía energética”, Geopolítica XXI, 24 de abril.
- Sábato, Jorge A. y Botana, Natalio (1968) “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina”, Revista de la Integración, INTAL, Buenos Aires
- Signumbox (2010) “Lithium batteries and vehicles/ Perspectives and trends”, Issue 01, Mayo 2010, en: www.signumbox.com
- Signumbox (2012) “Lithium batteries and vehicles/ Perspectives and trends”, Issue 06, Julio 2012, en: www.signumbox.com
- Steinweg, Tim (2011) “The electric car battery. Sustainability in the supply chain”, Centre for research on multinational corporation.
- Stiglitz, Joseph E. (2014) “Creating a Learning Society: A new approach to growth, development and social progress”, Columbia University Press, New York.
- Urquidí, Víctor (1962) “El desarrollo latinoamericano, el capital extranjero y la transmisión de tecnología”, El trimestre económicos, N°11.
- US Geological Survey (2010) “Lithium statistics” en Kelly, TD y Matos, GR (comps.) Historical statistics for mineral and material commodities in the United States (Virginia: USGS) N° 140, en: www.minerals.usgs.gov/ds/2005/140/lithium.xls
- Varsavsky, Oscar (1974) “Estilos tecnológicos. Propuestas para la selección de tecnologías bajo racionalidad socialista”, Periferia, Buenos Aires.
- World Bank (1996) “A Mining Strategy for Latin America and the Caribbean” (Washington DC: The World Bank), World Bank Technical Paper N° 345, en: www.wds.worldbank.org/external/default/WDSCContentServer/IW3P/IB/1999/08/15/000009265_3970625091425/Rendered/PDF/multi0page.pdf

Notas de prensa

- América Económica (2013) “Bolivia alista acuerdo con coreana Kores Posco para planta piloto de cátodos de litio”, 16 de mayo, en: <http://www.americaeconomia.com/politica-sociedad/politica/bolivia-alista-acuerdo-con-coreana-kores-posco-para-planta-piloto-de-cato>
- CorreoDelSur (2014) “Salen primeras baterías de litio “made in Bolivia”, 18 de febrero, en: <http://correodelsur.com/2014/02/18/22.php>
- Europa Press (2014), “La cuota de renovables de España se sitúa en el 14%”, 27 de mayo, en: <http://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-economia-energia-cuota-renovables-espana-situa-linea-media-ue-14-20140310114819.html>)
- Greentech Media (2012) “Southern California Edison’s 8MW Li-Ion Battery for Wind Power Storage”, 21 de febrero, en: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Southern-California-Edisons-8MW-Li-ion-Battery-for-Wind-Power-Storage>
- Greentech Media (2014) “Tesla Giga Factory: \$4B to \$5B Price Tag, With Battery Production Slated for 2017”, 27 de febrero, en: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Tesla-Giga-Factory-Update-4-to-5-Billion-Price-Tag-With-Production-Slate>
- Hidrocarburosbolivia (2014) “JOGMEC coadyuva en investigación y tecnología en Bolivia”, 22 de marzo, en: <http://www.hidrocarburosbolivia.com/bolivia-mainmenu-117/mineria-siderurgia/67514-jogmec-coadyuva-en-investigacion-y-tecnologia-en-bolivia.html>
- La Marea (2013) “Autoproducción y reforma eléctrica: propuestas sobre soberanía energética”, 10 de diciembre, en: <http://www.lamarea.com/2013/12/10/autoproduccion-electrica-reforma-electrica-ii/>
- La Nación (2014) “El Gobierno quiere crear una OPEP del litio”, 15 de mayo en: <http://www.lanacion.com.ar/1690657-el-gobierno-quiere-crear-una-oep-del-litio>
- La Nueva España (2014) “Isastur formaliza el contrato para hacer la primera planta de energía solar de Bolivia”, 22 de mayo, en: www.lne.es/economia/2014/05/22/isastur-formaliza-contrato-primera-planta/1588575.html
- La Razón (2013) “Bolivia y Holanda acuerdan diseñar “plan maestro” para producir baterías de litio”, 24 de abril, en: http://www.la-razon.com/economia/Bolivia-Holanda-acuerdan-producir-baterias_0_1820818022.html
- La Razón (2013) “Austria se interesa en compartir tecnología para baterías de litio”, 19 de marzo, en: http://www.la-razon.com/economia/Austria-interesa-compartir-tecnologia-baterias_0_1799220086.html

- LosTiempos (2014) “Luz en Ibarecito”, 30 de mayo, en: www.lostiempos.com/diario/opinionces/columnistas/20140522/luz-en-ibarecito_255743_559797.html
- La Razón (2014) “Gobierno apunta a vender baterías de litio a \$us 170”, 20 de febrero, en: http://www.la-razon.com/economia/Gobierno-apunta-vender-baterias-litio_0_2001999817.html
- La Razón (2014) “Computadoras de Quipus, 30% más baratas que las del mercado”, 15 de mayo, en: http://www.la-razon.com/economia/Ensamblaje-computadoras-Quipus-baratas-mercado_0_2052394790.html
- MIT (2013) “Las turbinas eólicas con pilas incluidas pueden estabilizar la producción eléctrica”, *Technology Review*, Massachusetts Institute of Technology, 15 de mayo.
- Navigant Research (2014) “Energy Capacity of Advanced Batteries for Utility-Scale Energy Storage Applications Will Grow 71 Percent per Year through 2023, Forecasts Navigant Research”, 29 de mayo, en: www.sys-con.com/node/3096311
- Página Siete (2014) “Evo inaugura la primera planta de energía eólica en Bolivia”, 2 de enero, en: <http://www.paginasiete.bo/nacional/2014/1/2/inaugura-primera-planta-energia-eolica-bolivia-10227.html>
- Smart Grid News (2014) “Hydro-Quebec teams with Sony on energy storage (could you do something similar?)”, 29 de abril, en: http://www.smartgridnews.com/artman/publish/Technologies_Storage/Hydro-Quebec-teams-with-Sony-on-energy-storage-could-you-do-something-similar-6496.html?fpt#.U2DhRv1_t_A
- Seeking Alpha (2014) “Japan’s 30 Billion Yen Bet On Energy Storage”, 29 de abril en: <http://seekingalpha.com/article/2171493-japans-30-billion-yen-bet-on-energy-storage>
- Spectrum (2013) “UK Launches Europe’s Largest Energy Storage Trial”, 1 de agosto, en: <http://spectrum.ieee.org/energywise/energy/the-smarter-grid/uk-launches-europes-largest-energy-storage-trial>
- SF Gate (2014) “Elon Musk sees nearly unlimited demand for energy storage”, 15 de mayo, en: <http://www.sfgate.com/business/article/Elon-Musk-sees-nearly-unlimited-demand-for-energy-5478926.php>
- Technology Review (2013) “Baterías impresas. Nuevas tintas y herramientas permiten la impresión en 3D de tecnología de ión-litio”, 26 de noviembre, en: http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=44278

¿SECAR LA TIERRA PARA SACAR LITIO? CONFLICTOS SOCIO-AMBIENTALES EN LA MINERÍA DEL LITIO

*Axel Anlauf*¹

Grandes expectativas están asociadas con la minería del litio en Sudamérica ya que se proyecta una demanda creciente por la industria electrónica y automotriz. El “oro blanco del siglo 21” promete ingresos de exportación, avance tecnológico y desarrollo socio-económico en las regiones de extracción. ¿Pero qué impactos tendrá esa minería en los sistemas ecológicos y sociales de la zona?

Mientras en la actualidad a nivel mundial se está produciendo los derivados del litio a partir de salmueras y pegmatitas, la explotación en Sudamérica ocurre únicamente por salmuera que tiene particulares preocupaciones socio-ambientales. Ya que el litio se encuentra por debajo de salares alto-andinos en zonas extremadamente áridas, la preocupación más grande está vinculada al consumo del agua, recurso escaso en la zona conocida como Puna (Argentina), Altiplano (Bolivia), o Atacama (Chile). El método convencional de extracción aprovecha las altas tasas de evaporación por radiación solar y vientos fuertes, bombeando la salmuera a piletas para evaporarla y precipitar los diferentes minerales. Así se saca no solo grandes cantidades de salmuera pero también de agua dulce o salobre que se requiere como

¹ Sociólogo, Universidad de Leipzig, Global and EuropeanStudiesInstitute. Historical perspective. Combined Seminar Paper Courses: Oil, Power and Climate / Indigeneity and Europeanisation – World Regions in a Comparative Perspective. MA Global Studies.

insumo para separar y purificar el carbonato del litio. Estas extracciones ponen en riesgo el balance hídrico muy delicado de la zona que es de importancia vital para las poblaciones locales y sus prácticas ancestrales de producción como la agricultura o la ganadería.

Por lo tanto la primera parte de esta nota va a resumir las dinámicas hidrológicas de la extracción, delinear unos problemas de estudios oficiales y presentar los niveles de extracción y diferentes evaluaciones de impactos. La segunda parte dará una breve descripción de las comunidades de este semi-desierto de alta montaña, delineará la dinámica de conflictos que surgieron por la minería incluyendo las percepciones locales y concluirá con una breve evaluación del desarrollo socio-económico en las comunidades. Desde una perspectiva panorámica, se trata casos específicos de Chile (Salar de Atacama) y Argentina (Salar del Hombre Muerto, Salares Olaroz-Cauchari) que ya están en etapa de producción o están por entrar esta etapa. Además incluimos el caso del Salar de Uyuni donde se realiza actualmente el proyecto estatal del gobierno boliviano. Cabe destacar que existen otros proyectos de litio menos avanzados en una multitud de salares en los tres países como el Salar de Maricunga (Chile), Salar de Rincón (Argentina) y el Salar de Coipasa (Bolivia), entre otros que no forman parte del análisis de esta nota. Un caso particular son los proyectos en la cuenca de Salinas Grandes, Jujuy, Argentina en el cual las poblaciones locales frenaron con su protesta hasta el momento. Debido a que no avanzaron más que la etapa de exploración, no están incluidas en la primera parte, pero sí en la segunda acerca de los conflictos sociales.

Resumen Hidrológico

La aridez más alta se encuentra al este de la cordillera Andina (oriental), en el Salar de Atacama, que recibe menos de 50mm de promedio de lluvia por año (Toconao 38 mm/año; Peine 24 mm/año). Del margen boliviano, en cambio, las precipitaciones son más altas con un promedio anual de 166mm en Uyuni (Molina 2007: 21-22). Cifras parecidas también se encuentran en los salares más septentrionales de Argentina, con precipitaciones entre 181mm/año (Susques) y 164mm/año (Puesto Sey). Hacia el sur, el Salar de Pocitos recibe menos precipitación, con un promedio anual de 43mm (Bianchi/Yanez 1992).

Según Molina, “de forma general se puede decir que por debajo de los 100 mm/año, las precipitaciones son insuficientes para recargar los acuíferos locales o producir escurrimiento superficial. Con precipitaciones entre 100 y 200 mm/año el escurrimiento superficial y la recarga subterránea son débiles y ocasionales” (Molina 2007: 23). Por lo tanto, en las zonas que tratamos, la recarga subterránea por precipitación es débil o insuficiente es crucial dada la importancia de aguas subterráneas. Las aguas que llegan a la Puna y el Altiplano por precipitaciones se infiltran en los terrenos porosos y van a alimentar manantiales que luego brotan formando vegas. Dependiendo de los terrenos que atraviesen, estas vegas pueden ser dulces o salobres (FUNDAMIN 2013). Messerli et al. (1998: 235) destacan, por un lado, que las plantas dependen altamente de la disponibilidad de agua y que aún cambios menores en el presupuesto de agua pueden resultar en incrementos o caídas dramáticas de vegetación. Por otro lado, subrayan que los hábitats más importantes tanto para la flora como para la fauna son los bofedales de los Andes áridos, que dependen menos de la precipitación, sino más de la disponibilidad de aguas subterráneas. Según Molina, “debido a la gran cantidad de manantiales, los bofedales ocupan una superficie importante y son fundamentales para la ganadería de camélidos.” (Molina 2007: 29). “El sistema de aguas subterráneas, constituye un tejido interno regulador, que sostiene la humedad en el suelo externo con la manifestación de manantiales, vertientes, ríos, cuencas, lagunas y formación de humedales, que sirven de hábitat de poblaciones de avifauna y poblaciones humanas asentadas en la región” (SERGEOMIN 2001, citado en Molina 2007: 51).

Bombear grandes cantidades de agua (cf. líneas abajo), tanto de salmuera como de agua dulce para la producción del carbonato del litio, interviene en las redes de aguas subterráneas con el riesgo de cambiar los flujos de agua y disminuir las napas freáticas. Basado en la experiencia de la minería en el Norte de Chile. Yáñez et al. escribe: “Es necesario destacar que tanto las vegas o bofedales como los cuerpos lacustres están siendo afectados por la explotación de aguas subterráneas que realizan empresas mineras. Estas actividades alteran el ciclo hídrico de la cuenca, impiden la recarga hídrica, hacen bajar los niveles freáticos, disminuyen los caudales de las vertientes, disecan las superficies de vegas, reducen los niveles y superficies de cuerpos lacustres” (2011: 81).

En la minería del litio, la preocupación más grande normalmente radica en la extracción de agua dulce, ya que no solamente es necesaria para la vida humana, sino que también alimenta las vegas y por lo tanto, flora y fauna en la superficie. Pero también la extracción de salmuera que es mucho más alta puede generar efectos a las napas de agua dulce. Hay que clarificar que las costras sólidas de sal no representan la complejidad del sistema, ya que el salar tiene asociado un cuerpo subterráneo de salmuera que está alimentado por aguas subterráneas corriendo de zonas más altas. Hacia los márgenes del salar, existe una capa de agua dulce subterránea entre la salmuera y la superficie. Por su mayor densidad, la salmuera ocupa la posición inferior, mientras el agua dulce descarga hacia la superficie por presión alimentando las vegas y lagunas en los alrededores de los salares (Gallardo 2011: 29). Bombear inmensas cantidades de salmuera hacia la superficie, no solamente baja el nivel de la salmuera, sino también deprime el agua dulce subterránea de la cuenca (Dra. Diana Mutti, comunicación personal). Dada la importancia de las aguas subterráneas, implica el riesgo de que se degraden las vegas y lagunas que allí se forman y que constituyen un “recurso hídrico esencial de la región” (Gallardo 2011: 29). Si bien cada salar tiene sus particularidades, estas dinámicas están bastante generalizadas entre los salares de la región.

Problemas de estudios de impacto ambiental

Cabe destacar que según expertos trabajando en Bolivia y Argentina, como el Dr. BroderMerkel (Merkel/Sieland 2012) y la Dra. Diana Mutti (comunicación personal), es necesario mucha investigación independiente e integral de la hidrología de la zona. Asimismo, Messerli et al. concluye: “hay poco conocimiento de almacenamiento de aguas subterráneas, recargas modernas y la edad y el origen de los recursos de agua” (1997: 236).

El lado chileno parece mejor investigado y varios estudios como Chaffaut (1998), Aravena (1995) y Pourrut et al. (1995) (citados en Molina 2007: 30-35) indican el carácter antiguo de los acuíferos. Se considera un 80% de las aguas, “aguas fósiles” que no serán renovadas con precipitaciones contemporáneas, porque se originaron en condiciones climáticas mucho más húmedas. Un estudio de Nittetsu (2012) de

la cuenca Jaukiahua, afluente del Río Grande de Lípez que alimenta el Salar de Uyuni, también destaca la importancia de aguas fósiles para el balance hídrico en el altiplano boliviano. En Argentina, expertos como la Dra. Diana Mutti, (Geología Minera en la Universidad de Buenos Aires), indican la existencia de aguas fósiles en la puna Argentina. Messerli et al. Concluyen, de modo general, que para los Andes áridos entre las latitudes 18° y 30° sur “la recarga moderna es muy limitada [...]. Por eso agua es un recurso que se recupera extremadamente lento o aún es no-renovable” (1997).

Dados estos hechos, es muy preocupante que ninguno de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de empresas mineras en Chile y Argentina, como los de SQM (Igsa 2005) u Orocobre (Ambietal 2011), ni los reportes de la empresa estatal Gerencia Nacional de Recursos Evaporatorios (GNRE) en Bolivia, mencionan la existencia de aguas fósiles y posibles impactos. La Profesora Mutti comenta al respecto: “En realidad al día de hoy, cómo [la minería del litio] afecta el sistema hidrológico de agua fósiles que hay en la puna en la parte superior, uno no lo sabe. [...] No se sabe que cantidad de aguas fósiles las empresas están extrayendo. No hay estudios que se hayan continuado en el tiempo para manejar las aguas fósiles que se tiene en la región” (Comunicación personal).

Como las empresas mineras, en la mayoría de los casos, reciben una concesión minera sobre solo una parte de un salar, los EIA que están obligados a realizar antes de cada etapa de prospección, exploración, y producción, más bien se enfocan en la parte de su concesión individual o tratan con menos especificidad la cuenca hidrológica donde se encuentra su yacimiento. Pero no toman en cuenta los impactos desde una perspectiva más integral que requeriría estudiar las interconexiones con otras cuencas cuya importancia es subrayada tanto por Molina como por la geóloga Mutti.

Niveles de extracción y posibles impactos

Teniendo en cuenta la aridez en la zona, insuficiente para recargar los acuíferos de agua, que en muchos casos son de origen no-renovable, y el posible impacto que tiene la extracción de salmuera y agua en la napa freática, una resulta muy preocupante y debe echarse

una mirada a los niveles de extracción. Cabe mencionar que para el procesamiento, muchos proyectos extraen agua salobre que no es apta para el consumo humano, pero no todos los datos diferencian entre agua dulce y agua salobre. Los niveles de extracción dependen de la capacidad productiva de la empresa operadora tanto como del método de procesamiento.

La operación de SQM en el Salar de Atacama, Chile actualmente tiene la capacidad de producir 48.000t del carbonato de litio y 6.000t de hidróxido de litio (SQM 2012: 209). En 2005, obtuvo el permiso de aumentar la extracción de salmuera hasta 1.700 l/s y la extracción de agua dulce desde los bordes del salar hasta 240 l/s (Igsa Consultores 2005: 3). La empresa vecina Rockwood planteó aumentar la extracción de salmuera hasta 742 l/s (Gestión Ambiental Consultores 2009).

Se calcula que la planta industrial de la GNRE en el Salar de Uyuni, Bolivia va a necesitar 832 l/s de salmuera para la producción de 30.000t de carbonato de litio. Según los datos oficiales, se requiere 42 l/s de agua dulce y 126 l/s de agua salobre. (Montenegro 2014: 105).

Los proyectos en Argentina son más pequeños en términos de capital y capacidad productiva. Los más avanzados de los que surgieron en el último boom de litio están ubicados en los adyacentes salares de Cauchari y Olaroz en la provincia de Jujuy. Para producir 20.000t de carbonato de litio, la canadiense LithiumAmericas planteó extraer 400 l/s de salmuera y 60-80 l/s de agua dulce (LithiumAmericas 2011). La operación vecina de la australiana Orocobre quiere extraer 240 l/s de salmuera y 20 l/s de agua para producir 17.500t/año de carbonato de litio (Ambiental 2011: V-4). El caso de la estadounidense FMC que desde 1998 produce derivados de litio en el Salar del Hombre Muerto, es particular ya que está usando otro método de procesamiento que re-inyecta toda la salmuera. Si bien este método reduce algunas pérdidas de agua y ayuda a re-nutrir el salar, también necesita mucha energía y consume agua dulce en un promedio de 78,4 l/s (Secretaría de Minería s.a.).

Otros proyectos también pretenden re-inyectar una parte de la salmuera no usada que se genera en el proceso productivo. Pero se conoce muy poco sobre los efectos que la re-inyección de la salmuera tratada con químicos genera en los sistemas ecológicos de los salares.

La evaluación de los impactos por parte de las empresas varía mucho. En el EIA de la expansión de SQM se califica como “impactos de efecto nulo” para la etapa de operación los siguientes: alteración

del funcionamiento hidráulico del sistema Borde Este; alteración de hábitat para la vegetación y flora terrestre; alteración de hábitat para la fauna terrestre; alteración de hábitat para la fauna acuática y alteración del patrimonio cultural (Igsa consultores 2005: 28). Estas calificaciones también se basan en el hecho de que la extracción de agua dulce (240 l/s) sólo representa una parte menor de la recarga de la cuenca, que se calcula en un promedio 5.600 l/s, según datos oficiales (GCF ingenieros 2010). Así se supone que no afecta mucho el balance hídrico, pero no se consideran los efectos de la extracción de salmuera en la napa freática, ni la existencia de aguas fósiles, ni se suman los niveles de extracción de la operación vecinal a la modelación de los impactos.

En contraste, en el EIA del proyecto Cauachari-Olaroz de Lithium Americas se considera la extracción de salmuera desde pozos de bombeo un “impacto de carácter severo [sic]” (Ausenco Vector 2011: IV-26). Esta calificación se basa en el carácter acumulativo, permanente e irreversible de la extracción de salmuera porque el “reservorio irá disminuyendo progresivamente” y la “extracción no permitirá el retorno a las condiciones originales.” Mientras tanto “se estima que los niveles de salmuera se recuperarán a muy largo plazo (tiempo geológico).” La extracción del agua subterránea para el procesamiento también es considerado como un impacto severo considerado que “el recurso no estará disponible para otras actividades antrópicas, además de la consecuente modificación del equilibrio hidrológico existente.” Dado que se consume 68% de la recarga de los acuíferos, la extracción de agua subterránea tiene un “grado de incidencia [de] intensidad muy alta.” Finalmente “se considera una recuperabilidad a medio plazo de las condiciones iniciales” (Ausenco Vector 2011: IV-Anexo). La conclusión del estudio respecto al impacto sobre las aguas es que “los efectos de extracción del agua y de la salmuera originan la depresión de los niveles estáticos, representando un riesgo tanto para la calidad del agua como para la disponibilidad del recurso” (Ausenco Vector 2011: IV-26).

Los hidrogeólogos Prof. Dr. Broder Merkel y Lic. Robert Sieland de la Universidad Técnica de Freiberg, Alemania también esperan impactos parecidos de la minería del litio en el Salar de Uyuni. Consultados datos hidrológicos de la Mina San Cristóbal, cuya extracción de agua bajó el caudal del Río Grande de Lipez, afluente único del Salar de Uyuni, en un 60%, los hidrogeólogos opinan: “dado que la mina San Cristóbal por sí sola tiene impactos tan graves al balance

hídrico de esta zona árida, la situación sólo se puede agudizar por la futura producción industrial de litio.” Hay que tener en cuenta que el procesamiento de la salmuera de Uyuni requiere 168 l/s que representa el 35% del agua subterránea que se explota en San Cristóbal (480 l/s según datos oficiales), más la salmuera (cf. arriba). En conclusión, “se puede esperar impactos a la napa de salmuera en el Salar de Uyuni y la napa freática en los acuíferos adyacentes.” Pero según el juicio de Merkel y Sieland, más investigación de campo es indispensable para evaluar los impactos al medio ambiente de manera científica.

Dada la importancia de las aguas subterráneas tanto para las fuentes superficiales de agua, como para las hábitats de vida silvestre y humana (cf. “Resumen hidrológico”), vemos entonces, el primer paso de una cadena de (posibles) impactos siguiendo el esquema de Molina (2007: 50), que se basa en la experiencia minera (no sólo del litio) en la región de Antofagasta, Chile:

- La disminución de la napa freática y del volumen de agua almacenado en los acuíferos.
- La degradación y/o desecación de bofedales.
- La desecación de lagunas altoandinas.
- Los efectos negativos sobre la fauna (por ejemplo aves) que depende de lagunas y bofedales.
- La reducción o desaparición local de los hatos de camélidos que dependen de los bofedales.
- Los impactos socioeconómicos y culturales sobre los pobladores de la región, cuya actividad principal es la ganadería de camélidos basada en los bofedales y cuya cultura guarda estrecha relación con el agua.
- La desaparición o degradación de las fuentes de agua usadas para consumo humano (pozos y manantiales) situados cerca de los puntos de extracción o que provengan de los mismos acuíferos.

El geólogo Fernando Díaz (citado en Gallardo 2011: 29) concluye de manera más drástica sobre la minería del litio: “Estas explotaciones

afectan el ecosistema, la fauna, las migraciones de aves, los camélidos, y también la población humana que, si bien no es numéricamente alta, posee características étnicas particulares, y toda explotación que no preserve las comunidades es un etnocidio.”

Las comunidades locales

Las poblaciones que habitan los alrededores de los salares sudamericanos son muy heterogéneas y excede el alcance de este trabajo una descripción detallada. No obstante se puede delinear de forma general que viven en agrupaciones relativamente pequeñas y de manera dispersa, muchas veces sufriendo de infraestructuras deficitarias y altas tasas de pobreza material. Mantienen identidades pre-colombinas que se basan en formas de producción ancestral como la agricultura de quínoa, la ganadería de camélidos, o la minería artesanal de sal en los salares. Todos estos se caracterizan por una relación cercana con el entorno natural, y de la naturaleza dependen su integridad y reproducción. Sin embargo no viven aislados, ni fuera de la economía del mercado, ya que no sólo usan los productos de estas actividades para la venta o el trueque con otros productos regionales, sino que complementan su sustento con trabajo salarial en la minería o el turismo. Finalmente tienen o aspiran reconocimiento legal de territorios indígenas con un control comunitario sobre la tierra y los recursos naturales, aunque esta nota no va a elaborar las diferentes figuras legales.

El Salar de Atacama en Chile está rodeado por 17 comunidades atacameñas entre las que destacan San Pedro de Atacama, con más de mil habitantes y un centro turístico conocido mundialmente, además de Toconao, Soccaire y Peine con unos cien habitantes. Otras poblaciones o ayllus muchas veces tienen menos que cien habitantes (Salas et al 2010: 5; González 2010: 47; Rivera 2001: 105-112). Aunque sobre todo la localidad de San Pedro vive del turismo, la agricultura y la ganadería es la actividad más importante en estos pueblos atacameños. La Comisión Nacional de Medio Ambiente (1998: 8) reconoce que “el progreso y destino de esta actividad están directamente relacionados con el recurso hídrico y el suelo.” La comunidad de Toconao destaca que “la tierra y el agua [son] fundamentos principales de su existencia y cultura” (Toconaradio.cl). La comuna de San Pedro de Atacama

con un área de 2.369.800,35 ha., habitado por 2.500 atacameños, está reconocida como área de desarrollo indígena (ADI) cuyos objetivos específicos son “respetar, proteger y promover el desarrollo de los indígenas, sus culturas, familias y comunidades. Proteger las tierras indígenas, velar por la adecuada explotación de estas tierras. Velar por el equilibrio ecológico de estas tierras” (Conadi.org.cl).

El Salar de Uyuni está ubicado en la provincia de Daniel Campos con unas 11.000 personas, y colinda con las provincias de Antonia Quijarro con unas 39.000 personas (incluyendo la ciudad de Uyuni y Nor Lípez, con 13.000 personas (INE 2011). Aunque los habitantes hablan quechua y/o aymará se caracterizan por identidad propia con diferentes influencias (Calla 2014: 41-48). Un área total de 3.791.884,55 ha. en la zona está titulado como territorio comunitario indígena, autogestionado por las comunidades (Calla 2014: 50). Casi toda la población tiene estrategias económicas flexibles en las que se combina la agricultura, la ganadería de camélidos o vacas, y la minería artesanal con la migración temporal para ejercer trabajo salarial en ciudades o minas. Mientras la mayoría se dedica a la agricultura de quínoa, el turismo representa una fuente de ingresos cada vez más importante en las últimas décadas (Ströbele-Gregor 2012: 61-63; Muruchi Poma/Lérida 2013: 11-15).

También encontramos estas estrategias flexibles en la puna Argentina, dónde se encuentran las cuencas de Olaroz-Cauchari y las Salinas Grandes. A diferencia del caso boliviano, en Argentina prevalece la ganadería sobre la agricultura en importancia económica como cultural. La minería de sal y el turismo más bien se practican en la cuenca de Salinas Grandes, dónde viven unas 6.500 personas en 33 comunidades atacameñas o collas (FARN/CEDIB 2014: 40). En la zona de Olaroz-Cauchari, que está en el departamento de Susques, viven unas 3.800 personas en 10 comunidades que se auto-identifican como atacameñas y obtuvieron títulos comunitarios sobre sus tierras, destinadas principalmente a la ganadería pastoral de camélidos (INDEC 2010, Göbel 2013: 145). La antropóloga Barbara Göbel (2013: 143) analiza: “Los conocimientos y las prácticas ambientales constituyen la base de la construcción de ‘diferencia’ y del concomitante reclamo por derechos específicos sobre el territorio y los recursos naturales”. Al contrario, en Salinas Grandes hasta hace unos años hubo poca politización étnica y no tienen títulos comunitarios sobre sus tierras. Más bien la minería de sal y la Cooperativa Minera el Salar, fundada en 1995, constituyen

elementos principales de la identidad local. Justamente en este contexto empezó el conflicto más conocido entre comunidades y empresas mineras del litio (Göbel 2013: 144).

Conflictos por la minería del litio

En Salinas Grandes, los pobladores que viven de la extracción de sal en el salar se vieron afectados de manera directa e inmediata por las actividades de exploración de empresas de litio. Al no haber consentido el comienzo de estas actividades que amenazaban su sustento, 33 comunidades de la zona se organizaron en una mesa. Con amparo administrativo, pidiendo el cumplimiento de su derecho a la consulta y participación, llegaron hasta la Corte Suprema de Justicia de Argentina y recibieron el apoyo de varias ONG y del relator especial de asuntos indígenas de la ONU. Hasta el presente, lograron frenar los proyectos de litio en la cuenca de Salinas Grandes. Estos no avanzaron más allá de la exploración y ahora los pobladores buscan medidas para avanzar con la auto-organización (Göbel 2013; Schiafini 2012).

Mientras este conflicto recibió mayor atención a nivel internacional, pobladores en casi todos los casos mencionados muestran, por un lado, una gran preocupación por los impactos de la minería, sobre todo por el consumo de agua y por otro, denuncian las faltas a sus derechos a ser consultados, a participar y a ejercer el control sobre el manejo de sus territorios, tal cual lo establece la norma 169 de la OIT.

En la cuenca de Olaroz-Cuachari, la instalación de proyectos procedió con menos obstáculos que en Salinas Grandes. Con una estrategia muy elaborada de responsabilidad social corporativa, financiando fiestas patronales y prestando servicios de transporte y medicinas, lograron el apoyo de muchos pobladores y se formaron relaciones muy cercanas entre las autoridades locales y las empresas. Pero no se consultó la población de acuerdo con el convenio 169 de la OIT, que también fue incorporada a las leyes nacionales en Argentina. Esto también se refleja en la incertidumbre y el conocimiento poco concreto sobre los proyectos de litio que se encuentra muchas veces entre los habitantes locales. (Göbel 2013: 139-145; investigación del autor). Aun así, se han generado protestas. Un grupo de ganaderos de Susques formó el “Colectivo Apacheta” y denunció irregularidades

en la aprobación de los proyectos de litio. El vocero, Carlos Guzmán, dijo: “Nosotros formamos el colectivo por el miedo de que nos dejen sin agua. Por no tener el consentimiento legal, por no tener todas las conversaciones necesarias, con nosotros como pequeños productores, antes de que se lleven el agua y los minerales” (Comunicación personal; cf. Jujuyalmomento.com 2013).

Las concesiones de las empresas mineras SQM y Rockwood sobre el Salar de Atacama en Chile se originaron en los años 1980 como concesiones estatales (cf. capítulo XZ) y nunca hubo consulta a los pueblos afectados antes del inicio de operaciones. Para la aprobación de las expansiones recientes (cf. arriba) tampoco se consultó con la población local, según el convenio 169 de la OIT que es ley nacional en Chile (Yañez/Molina 2008: 75-77). Sí hubo “participación ciudadana” para estas ampliaciones bajo el sistema de los Estudios de Impactos Ambientales (EIA). En el caso de SQM, por ejemplo, la comunidad de Toconao rechazó el EIA del proyecto de expansión en 2005 y no confía en los sistemas de monitoreo de la empresa (Lickanckoi.com 2008). Respecto de Rockwood, que en 2009 presentó el EIA de su expansión, las comunidades de Peine, Toconao, San Pedro de Atacama y Socaire pusieron reparos ante el proyecto respecto a la propiedad de la tierra, la afectación de los acuíferos, e impactos sobre flora y fauna. También pidieron la aplicación del derecho a la consulta y participación según el convenio 160 de la OIT no realizado anteriormente (INDH 2012: 43). En la comunidad de Peine esto dio origen a una serie de conversaciones con Rockwood que llevaron a un convenio de cooperación y beneficios mutuos (Rodríguez 2013). Mientras tanto la comunidad de Toconao sigue en conflicto con SQM, principalmente por la extracción de agua dulce. Marco Rojas, dirigente local comenta al respecto: “El agua del río Jerez es agua de muy buena calidad y ellos consumen nuestra agua del río y nosotros no recibimos nada por ese tipo de situación que se concedió en otros espacios” (citado en lickanckoi.cl 2008). En un marco más general Rolando Humire, presidente del Consejo de Pueblos Atacameños comenta que aunque se están mejorando las relaciones con el estado y las empresas, se recibe poca información confiable e independiente sobre los impactos de la extracción (Morales 2014).

Considerando el caso del Salar de Uyuni (Bolivia) se está frente a una situación especial porque no se cuenta con empresas privadas que prevén explotar el litio, sino con un proyecto estatal con estrategias de

industrialización del recurso. Por otra parte, existe una vinculación muy estrecha entre el gobierno y la Federación Regional Única de Trabajadores Campesinos del Altiplano Sur (FRUTCAS) que representa los pobladores campesinos de la zona. Ellos rechazaron un proyecto de explotación de litio de la estadounidense FMC que luego se instaló en Argentina. El sociólogo Federico Nacif argumenta que la estrategia de industrialización estatal del litio fue una propuesta de la organización campesina que elevó el proyecto al gobierno de Evo Morales en 2007. (Nacif 2012: 8). En cambio, la antropóloga Juliana Ströbele-Gregor duda que la estrategia estatal fue una propuesta de la base campesina ya que el proyecto del litio no aparece en el plan de desarrollo de FRUTCAS del año 2008. (2012: 62). Existe escasa información independiente sobre el caso de Bolivia y la interpretación de los datos accesibles varía mucho, también respecto a la consulta a participación de la población local. La GNRE publicó en 2009 que los 36 corregidores de la provincia Daniel Campos de litio “ratificaron su aprobación y apoyo decidido al proyecto 100% estatal para la industria de litio.”(GNRE 2009). Basado en sus investigaciones de campo, Hollender y Shultz (2010: 53) escriben: “Mucha de la gente con la que conversamos en nuestras visitas al Salar de Uyuni opinaron apoyando a los planes gubernamentales.” Pero también manifiestan: “Las agrupaciones de productores de quínoa que entrevistamos, por ejemplo, afirmaron que a ninguno de ellos se les había planteado el proyecto. [...] Otros miembros de la comunidad manifestaron la preocupación de que la mayoría de los grupos consultados son los que tienen vínculos políticos con el gobierno de Morales y el MAS. La prevalencia de estas denuncias pone en duda la existencia de una auténtica participación en la región”. Pero hasta ahora no se conoce formas de protesta organizada. La comunidad de San Jerónimo, ubicada en las cercanías de la planta piloto, aún recibe agua potable desde el pozo de la planta (GNRE 2010).

¿Desarrollo para las comunidades?

De forma general, en vez de aplicar los derechos a la consulta y participación, empresas y estados crean grandes expectativas de desarrollo socio-económico para regiones caracterizadas por su posición periférica en el estado. En este sentido las afirmaciones del Secretario

de Minería de Argentina, Jorge Mayoral (citado en Salesdejuyuy.com 2014), son emblemáticas. Él espera “que en los próximos 50 años, la provincia de Jujuy y en particular la región de Susques a través de sus diferentes salares pueda tener un rol protagónico que le permita, de manera sustentable en lo ambiental y sostenible en lo social, transformarse en un verdadero polo de desarrollo, generador de empleo y capacidades para la comunidad.” Encontramos comentarios parecidos en relación con casi todos los proyectos, sobre todo en Bolivia donde el estado no plantea exportar la materia prima, sino desarrollar una industria de baterías. El dirigente Marco Rojas, de Toconao, Chile (citado en lickankkoi.com 2008) nos da la perspectiva local de pobladores en Atacama: “SQM se instala entre medio de Toconao y Jerez y en ese momento el pueblo lo interpretó como una oportunidad de trabajo en la cual se podía generar una forma de desarrollo para el poblado.”

Pero la experiencia hasta ahora muestra que la minería del litio en sí genera muy pocos puestos de trabajo en las regiones de extracción ya que la tecnología convencional de evaporación no requiere grandes cantidades de mano de obra. Sólo para la construcción de plantas industriales normalmente se necesita unos 500 trabajadores, mientras durante la producción el número disminuye hasta unas 100-200 personas con poca participación de empleados locales. Garret (2004: 118) cuantifica los trabajadores de SQM antes de la expansión de 2005 en 184 de los que 120 vinieron de la región. Marco Rojas de Toconao, por el contrario, agrega que 80% de los trabajadores viene de afuera (lickankkoi.com 2008). Mirando los proyectos en Argentina encontramos cifras parecidas. La planta de FMC en el Salar de Hombre Muerto emplea a 110 personas (Secretaría de Minería Argentina). El informe de impacto ambiental del proyecto Olaroz de Orocobre estima que durante la fase de producción, 100 personas van a trabajar de forma directa y 150 más de forma indirecta. En abril 2014, 96 personas de las comunidades locales estaban trabajando en el proyecto, la mitad de ellos de forma indirecta (investigación del autor). Otra vez el caso boliviano es excepcional: actualmente el proyecto estatal de Bolivia está en la fase piloto, y según la información de la GNRE, requiere de unos 270 trabajadores (citado en Montenegro 2014: 95). Después, en la fase industrial la GNRE estima que va a emplear unas 1.000 personas de forma directa y 4.000 de forma indirecta. No se especifica sobre la participación de pobladores locales. Las cifras de los empleados, sobre

todo de los proyectos privados y más avanzados en Chile y Argentina muestran que solamente una parte mínima de la población local puede encontrar trabajo en los proyectos de litio.

Las empresas mineras han traído beneficios, sobre todo en infraestructura en algunas comunidades, por un lado en respuesta a una protesta como en la comunidad de Peine o por otro lado para ganar apoyo para su proyecto, como en el caso de Olaroz-Cauchari. Pero hasta ahora son casos y medidas selectivas que apenas compensan el posible daño. Otra posibilidad de obtener beneficios para las comunidades es a través de la repartición arancelaria que depende de los sistemas tributarios y los modelos productivos nacionales, y que no podemos elaborar aquí (cf. parte II del libro).

Como se ha visto, aparece un balance mixto de beneficios y daños para las comunidades. Los beneficios se pueden obtener en casos donde las comunidades sabían organizarse y las empresas estaban dispuestas a negociar. No obstante, obtener estos beneficios de la minería hoy, tiene el riesgo de daños irreversibles al ecosistema cómo ilustra la problemática de las aguas fósiles. Rolando Humire del consejo del Consejo de Pueblos Atacameños ilustra la preocupación de los pobladores: “Nosotros no nos vamos a ir del territorio, pero los privados sí” (citado en Morales 2014). Estos daños pueden imposibilitar las formas ancestrales de sustento que también preocupa mucho a los pobladores locales, como muestra Hipólito Guzmán de Susques: “Yo ya voy a morir pero mis hijos, nietos, ¿dónde van a vivir con todas las tierras contaminadas? Ya no van a tener llamas, cabras, no va a haber nada. Ni agua” (Comunicación personal).

Reflexión final

En conclusión, mientras la minería de litio se apropia solamente de una pequeña parte de la tierra en territorios indígenas para sus instalaciones, se adueña de un recurso escaso de la zona: el agua. Se ha identificado dos mecanismos casi no considerados en estudios oficiales que ponen en riesgo el balance hídrico: el carácter fósil o no-renovable del agua subterránea y también la extracción de salmuera que puede deprimir la napa freática en la cuenca del salar. En este contexto, las tasas de extracción son muy preocupantes y la evaluación de impactos

en los estudios oficiales aparece limitado. Por lo tanto, surge el gran riesgo de que la explotación del litio cambie los ecosistemas de una manera que imposibilite las formas ancestrales de producción. Las poblaciones locales han desarrollado estas formas de sustento durante siglos o milenios en una relación cercana con la naturaleza e intentan protegerlas con una territorialidad comunitaria. Mientras tanto la explotación del litio interviene en esta territorialidad y privatiza una parte de la naturaleza para la comercialización en el mercado global. Ya que los estados nacionales o subnacionales no cumplen las leyes establecidas como el derecho a la consulta y la participación, las comunidades locales pierden el control sobre el territorio sin su consentimiento. Esto también se refleja también en el hecho de que las poblaciones locales tienen poco acceso a información concreta sobre los proyectos y se caracterizan por incertidumbre, compartiendo la preocupación por el agua. Como hemos visto, el agua y la tierra son elementos constitutivos de las culturas pre-colombinas que, por lo tanto, se encuentran en riesgo también. Legitimada con la promesa de “desarrollo”, la minería del litio desplaza formas de producción ancestral con importancia cultural para pueblos que tampoco encuentran una alternativa de ingreso en los proyectos de litio ya que generan poca mano de obra. Estamos entonces ante el riesgo de que se pierden formas de vivir que se han desarrollado desde hace miles de años en equilibrio con el entorno natural y con identidades particulares que las poblaciones quieren preservar. Los beneficios que comunidades recibieron son más bien pequeñas y selectivas y no compensan los daños posiblemente irreversibles a largo plazo. La trayectoria de conflictos es bastante dinámica y varía entre enfrentamiento (Salinas Grandes), co-optación (Olaroz-Cauchari), cooperación (Peine, Atacama).

Bibliografía

Ambiental (2011): “Primera Actualización del Informe de Impacto Ambiental Etapa de Explotación del Salar de Olaroz, Departamento Susques, Provincia de Jujuy”, descargable en <http://www.mediafire.com/download/c3p431gj0af5tlp/INFO+OLAROZ+CAUCHARI.rar>, consultado 17.10.2014.

- Ausenco Vector (2011): "INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL - PROYECTO SALARES CAUCHARI-OLAROS MINERA EXAR S.A, Departamento de Susques Provincia de Jujuy", descargable en <http://www.mediafire.com/download/c3p431gj0af5tlp/INFO+OLAROS+CAUCHARI.rar>, consultado 17.10.2014.
- Bianchi A. R., Yañez, C.E. (1992): Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino, 2da Ed. INTA EEA SALTA, datos online: http://anterior.inta.gob.ar/prorenea/info/resultados/Precip_NOA/base_precipitaciones_noa.asp, consultado: 17.10.2014.
- Calla, R. (2014): "Impactos de la producción industrial del carbonato de litio y del cloruro de potasio en el salar de Uyuni", en: J. C. Guzmán (ed.): Un Presente sin Futuro – El Proyecto de Industrialización del Litio en Bolivia. La Paz: CEDLA, pp. 25-65.
- Comisión Nacional de Medio Ambiente (1998): "Política Ambiental de la Región de Antofagasta", pdf: <http://www.sinia.cl/1292/fo-article-26204.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Conadi.org.cl (s.a.): "Áreas de Desarrollo Indígena", <http://www.conadi.gob.cl/index.php/nuestra-institucion/areas-de-desarrollo-indigena>, consultado: 17.10.2014.
- Contreras, E. (1994): "Cultura y naturaleza en la cuenca del Salar de Atacama", Estudios Atacameños N° 11, pp. 179-185.
- FARN/CEDIB (2014): "El litio en la Puna Argentina y Boliviana - Principales implicancias de la explotación de litio en la zona ", Resumen de la investigación efectuada por la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) y Centro de Investigación y Documentación Bolivia (CEDIB) (2011-2012), pdf: <http://www.farn.org.ar/wp-content/uploads/2014/08/Investigaci%C3%B3n-Litio-FARN-CEDIB-Enero-2014.pdf>, consultado 17.10.2014.
- FUNDAMIN (2013): "Litio: cómo, cuándo, dónde y por qué", Boletín FUNDAMIN 155, Julio 2013, online: <http://lavetaradio.net/litio-como-cuando-donde-y-por-que/>, consultado: 17.10.2014.
- Gallardo, S. (2011): "Extracción de litio en el Norte argentino - La fiebre comienza", en EXACTAMENTE – La revista de divulgación científica, Año 18, No. 48, Sept. 2011, Facultad de Ciencias Exactas- UBA, pp. 26-29, online: <http://revistaexactamente.wordpress.com/2011/10/25/extraccion-de-litio-en-el-norte-argentino/>, consultado: 17.10.2014.
- Garrett, D. E (2004): Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride - Their Deposits, Processing, Uses and Properties. London: Elsevier.

- Gestión Ambiental Consultores (2009): “SCL: EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama Región de Antofagasta, Chile”, pdf: <http://seia.sea.gob.cl/archivos/20090417.133754.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- GCF ingenieros (2010): “ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS PARA CONSTITUIR DERECHOS DE APROVECHAMIENTO EN LAS SUBCUENCAS AFLUENTES AL SALAR DE ATACAMA. II REGIÓN”, Informe Final realizado para La Dirección General de Aguas, Enero 2010, pdf: <http://documentos.dga.cl/ADM5193.pdf>, consultado: 17:10.2014.
- GNRE (2009): “ENCUENTRO DE AUTORIDADES DE LA PROVINCIA DANIEL CAMPOS Y RECIBEN INFORME DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS”, nota de prensa 21.03.2009, pdf: <http://www.evaporiticos.gob.bo/wp-content/uploads/notasdeprensa/2009/direb-encuentrolitioyuni.pdf>, consultado: 17:10.2014.
- GNRE (2010): “EL PROYECTO MINERO DE RECURSOS EVAPO-RÍTICOS APORTA AL DESARROLLO REGIONAL”, nota de prensa 11.05.2010, pdf: <http://www.evaporiticos.gob.bo/wp-content/uploads/boletines/bol-dre-2302.pdf>, consultado: 17:10.2014.
- GNRE (2013): “Memoria Institucional 2013”, pdf: <http://www.evaporiticos.gob.bo/wp-content/uploads/2014/01/memoria2013.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Göbel, Barbara (2013b): “La minería del litio en la Puna de Atacama: interdependencias transregionales y disputas locales”, in: Iberoamericana. América Latina - España - Portugal, 49, pp. 135-150.
- González, C. (2012): “ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR DE SAN PEDRO DE ATACAMA”, Ministro de Vivienda y Urbanismo Región de Antofagasta / Municipalidad de San Pedro de Atacama, pdf: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/gsdlexterna/collect/textoshu/index/assoc/HASH0186.dir/CONAMA-HUM0909.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Hollender, R./J. Shultz (2010): “Bolivia y su litio -¿Puede el “oro del siglo XXI” ayudar a una nación a salir de la pobreza”, Un informe especial del Centro para la Democracia, pdf: <http://www.democracyctr.org/pdf/DemocracySpanishLitioSP.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Igsa Consultores (2005): “SQM: Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama – Estudio de Impacto Ambiental”, PDF:

- http://seia.sea.gob.cl/archivos/EIA/2013102201/EIA_1040282_Resumen_ejecutivo.pdf, consultado: 17.10.2014.
- INE (2011): “POTOSÍ: POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA, POR SEXO, SEGÚN PROVINCIA Y SECCIÓN DE PROVINCIA, 2009 - 2011”, en: <http://www.ine.gob.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC2031005.HTM>, consultado: 17.10.2014.
- INDH (2012): “Mapa de conflictos socioambientales en Chile”, pdf: <http://www.indh.cl/mapaconFLICTOS/assets/pdf/libro-web-descargable.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Jujuyalmomento.com.ar (2013): “Denuncian inacción del gobierno ante impacto ambiental minero en Susques”, publicado 05.11.2013, en: <http://jujuyalmomento.com/?denuncian-inaccion-del-gobierno-ante-impacto-ambiental-minero-en-susques&page=ampliada&id=22505>, consultado: 17.10.2014.
- Lickanckoi.com (2008): “MIRADA COMUNAL: Entrevista exclusiva a Marcos Rojas, vicepresidente de la comunidad Atacameña de Toconao”, publicado 17.10.2008, en: http://www.lickanckoi.cl/pages/noticias2.php?id=08012009_145934, consultado: 17.10.2014.
- Lithium Americas (2011): “Lithium Americas Announces Successful Production Well Pump Test Results from its Cauchari-Olaroz Lithium Brine Project”, publicado 07.09.2011, en: <http://www.lithiumamericas.com/2011/09/lithium-americas-announces-successful-production-well-pump-test-results-from-its-cauchari-olaroz-lithium-brine-project/>, consultado: 17.10.2014.
- Merkel B. / R. Sieland (2012): “Nachhaltigkeit, Technologie und Umwelt”, ponencia en la conferencia internacional Lithiumabbau in Bolivien – Raubbau oder Ressourcengerechtigkeit? 22.09.2012, Universität Leipzig.
- Messerli, B./ M. Grosjean / M. Vuille (1998): “Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano”, en: Mountain Research and Development, Vol. 17, No. 3, The United Nations University. Managing Fragile Ecosystems in the Andes (Aug., 1997), pp. 229-238.
- Molina Carpio, J. (2007): “Agua y recursos hídricos en el sudoeste de Potosí”, FOMADE/CGIAB, La Paz, PDF: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/8649.pdf>, consultado: 27.08.2013.
- Montenegro, J./Y. Montenegro (2014): “El proyecto estatal de industrialización del litio y potasio en Bolivia. Impactos previstos”, en: J. C.

- Guzmán (ed.): *Un Presente sin Futuro – El Proyecto de Industrialización del Litio en Bolivia*. La Paz: CEDLA, pp. 67-124.
- Morales, Camila (2014): “Rolando Humire: ‘Tenemos que reconocer que estamos en una situación de conflicto’”, publicado: 13.10.2014, en: <http://www.nuevamineria.com/revista/presidente-del-consejo-de-pueblos-atacamenos-tenemos-que-reconocer-que-estamos-en-una-situacion-de-conflicto/>, consultado 17.10.2014.
- Muruchi Poma, G. / M. Lérica (2013): “Las reservas naturales y los seres humanos en la zona de yacimientos del litio”, en: G. Muruchi Poma / J. C. Zuleta (eds.): *Explotación de litio en Bolivia. ¿Depredación o manejo justo del recurso?*, Leipzig: Aynie.V., pp. 4-19.
- Nacif, Federico (2012). “Bolivia y el plan de industrialización del litio: un reclamo histórico”, en: *La revista del CCC*. Enero / Agosto 2012, n° 14/15, pdf :<http://www.centrocultural.coop/revista/exportarpdf.php?id=322>, consultado 08.11.2013.
- NittetsuMiningConsultants / Lemman ConsultingGroup (2012): “Estudio Conjunto de Bolivia y Japón: Estudio sobre la optimización en el uso del agua subterránea en la Mina de San Cristóbal y el agua subterránea en el área circundante. Informe Final (Resumen).”, Marzo 2012, online: <http://de.slideshare.net/Oxigenobolivia1/informe-agua-nittetsu-s-umitomo-corporation>, consultado: 17.10.2014.
- Rivera, F. J. (2001): *Los Atacameños del Norte de Chile - Un caso de surgimiento y consolidación étnica desde el Estado y la Sociedad Nacional*. Tesis de Doctorado en Ciencias Antropológicas, UNAM México D.F.
- Rodríguez, A. (2013): “Sintonía de diálogo”, publicado 09.06.2013, en <http://www.quepasamineria.cl/index.php/vida-e-innovacion/item/1861-sinton%C3%ADa-de-di%C3%A1logo>, consultado: 17.10.2014.
- Salas, S / A. Bodini / L. Bugeño / E. Jiménez. (2012): “Descriptive analysis of key stakeholders from the Antofagasta Region and San Pedro de Atacama Comuna”, CEAZA, pdf: <http://proecoserv.cl/wp-content/uploads/2013/01/Report-2.1.1.1-Identify-stakeholders-at-the-municipal-and-regional-level.pdf>, consultado: 17.10.2014.
- Salesdejujuy.com (2014): “Visita del Secretario de Minería de la Nación al Proyecto de Sales de Jujuy”, online: http://www.salesdejujuy.com/noticias_detalle.php?codigo=22, consultado: 17.10.2014.

- Schiaffini, H. (2012): “Litio, llamas y sal en la Puna argentina. Pueblos originarios y expropiación en torno al control territorial de Salinas Grandes”, *entramados y perspectivas*, vol. 3, núm. 3, pp. 121-136.
- Secretaría de Minería (s.a.): “SALAR DEL HOMBRE MUERTO”, <http://www.mineria.gob.ar/proyecto/salta/hombremuerto.htm>, consultado: 17.10.2014.
- SQM (2012): “2012 SQM Annual Report”, pdf: http://ir.sqm.com/files/doc_financials/annual_report/SQM_Corporativa_ingles%20FINAL_v001_v520u3.pdf, consultado: 17.10.2014.
- Ströbele-Gregor, Juliana (2012): “Litio en Bolivia. El plan gubernamental de producción e industrialización del litio, escenarios de conflictos sociales y ecológicos, y dimensiones de desigualdad social”, *desigualdades.net WorkingPaper Series*, No. 14, Berlin; *desigualdades.net Research Network on Interdependent Inequalities in Latin America*.
- toconoradio.cl (s.a.): “COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO”, <http://www.toconoradio.cl/pages/comunidad.php>
- toconoradio.cl (2011): “Falta de agua potable en Toconao”, publicado 09 .08.2011, en: http://www.toconoradio.cl/pages/noticias2.php?id=10082011_195730, consultado: 17.10.2014.
- Yañez, N. / R. Molina (2008): *La Gran Minería y los Derechos Indígenas en el Norte de Chile*. Observatorio de Derechos de los Pueblos Indígenas – Proyecto/Grupo Internacional de Trabajo sobre asuntos Indígenas (IWGIA).
- Yañez, N. / R. Molina S. Schönenberger / H. Silva / M. Meza – Lopehandía / A. Mardones / D. Iturra / Comunidad Indígena de Surire (2011): *Las aguas indígenas en Chile*. Santiago de Chile: LOM Ediciones.

Entrevistas

- Carlos Guzmán, Vocero del “Colectivo Apacheta”, San Salvador de Jujuy, 27.03.2014.
- Hipólito Guzmán, Comisionado Rural de Susques, Susques, 06.04.2014.
- Dra. Diana Mutti, Profesora Área Geología Minera – Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 30.09.2014.

MODALIDADES DEL LITIO: PENSANDO EL SUBSUELO POLÍTICO DE UN RECURSO NATURAL

Nathaniel Freiburger¹

Este capítulo da cuenta de las condiciones que subyacen a la situación de desacuerdo existente en Bolivia respecto del litio. No se trata del típico enfoque investigativo centrado en recursos naturales y política. Los recursos naturales poseen formas de existencia que exceden el objeto físico-químico o el bien económico. El modo en que un recurso existe nos dice mucho sobre lo que significa calificarlo como recurso natural y “político”. Se toma el caso del litio del Salar de Uyuni, Bolivia, como punto de partida para el desarrollo teórico. En el presente trabajo, una polémica en torno al litio permite preguntarnos si esta comparte un objeto común de disputa. Luego, se pasa revista a las distintas existencias del litio. Estos modos generan una forma específica de desacuerdo, que surge tanto de una comprensión compartida como de un profundo malentendido sobre lo que es el litio. Las condiciones del desacuerdo se explicarán en términos de las modalidades particulares (formas, prácticas, materialidades y significados) de los modos de existencia del litio en tanto entidad, concepto y acontecimiento.

¹ Departamento de Sociología, Universidad de Kansas, Estados Unidos. Traducido por Nancy Piñeiro.

Introducción

En 2009, Bolivia fue sede del Primer Foro Internacional de Ciencia y Tecnología del Litio y Otros Recursos Evaporíticos. Durante algunos días, ejecutivos de compañías, ingenieros y otros actores del mundo de los negocios provenientes de Canadá, Japón, Corea del Sur, Francia, China y otros países colmaban el auditorio del Banco Central y del lujoso hotel Radisson. Las presentaciones sobre el litio cubrieron un amplio espectro de temas, desde las baterías de iones de litio y su papel como pilar en el desarrollo de “sistemas sociales amigables con el medioambiente” (Nissan, 2009), hasta los diagramas de fase y la construcción de piletas de evaporación. Mientras todo esto transcurría en la ciudad capital de La Paz, en el extremo suroeste del altiplano boliviano se llevaba a cabo una presentación distinta. A orillas del Salar de Uyuni, esta vez no había diagramas de flujo ni de fase, sino dos recipientes de vidrio, cada uno del tamaño de una botella de refresco de dos litros, que contenían los primeros kilogramos de cloruro de potasio y carbonato de litio producidos en Bolivia. La presentación se llevó a cabo en las faldas de una pequeña cadena montañosa llamada Cerro Llipi, ubicado justo dentro del perímetro de los 12 000 kilómetros cuadrados de la reserva fiscal del Salar de Uyuni. En la ladera opuesta a la que alberga la planta piloto, donde Morales presentó los primeros kilogramos de carbonato de litio, se encuentra una pequeña colina cuyo contorno “visto desde cierto punto sobre el salar” traza el perfil de un rostro humano.

Los trabajadores de la planta piloto “muchos de ellos pertenecen a las comunidades cercanas al Salar” me contaron que, según se dice, la colina es una media cabeza enterrada de un gigante derrotado que alguna vez había sembrado el terror en la región. Aquí, junto al sitio donde descansa la cabeza de un gigante caído, el Gobierno boliviano anunciaba los primeros avances de su iniciativa de explotación de litio. Una federación regional de campesinos (el sindicato de agricultores FRUTCAS) fue la que propuso la iniciativa por primera vez, la misma que formó parte de las movilizaciones de comienzos de los noventa, que culminaron con la expulsión de la compañía estadounidense Lithium Corporation of America (LithCo). LithCo había sido adjudicataria de un contrato (detalles del contrato) que, de aplicarse, le hubiera con-

ferido el control de los recursos evaporíticos del Salar, siendo el litio uno de los más importantes.

En algún sentido, la expulsión de LithCo por parte de FRUTCAS, la subsiguiente propuesta del sindicato campesino para la producción de litio y la presentación de los recipientes de carbonato de litio y cloruro de potasio que hiciera Evo Morales funcionan como versión moderna de la historia de David y Goliat. La propuesta de FRUTCAS tomaba forma en la morada del gigante derrotado.

1. Recursos naturales y política

En los últimos años, sociólogos, politólogos y ambientalistas, entre otros estudiosos, han llamado cada vez más la atención sobre la relación entre recursos naturales y política. Desde distintos campos de las ciencias sociales se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre los vínculos entre los mecanismos de la política y la gestión de recursos naturales. Gran parte de esa literatura especializada se ha ocupado de la gestión o gobernanza de los recursos naturales; la escena arriba descrita representa muchas de las cuestiones más importantes que aborda esa literatura: participación regional en proyectos de explotación de recursos naturales, participación local-regional en programas de extracción de recursos, etcétera. Sin embargo, la situación del litio está sujeta a otras representaciones: como objeto de conflicto social y económico, y como otro ejemplo de “la maldición del recurso natural”. Estas son representaciones del litio que coinciden con los enfoques principales que encontramos en la literatura, centrados en la gobernanza, el conflicto y la economía de la maldición del recurso.

En lo que sigue, repasaré brevemente esos enfoques para mostrar que los une el tratamiento del litio como mero objeto instrumental o como objeto de derecho de propiedad. Posteriormente, sostengo que el litio excede este modo único de existencia como objeto instrumental. Para ello, tomo los trabajos recientes sobre las “materialidades del recurso”, y su planteamiento de que “el valor de los recursos materiales implica mucho más que el recurso en sí mismo, concebido como sustancia que posee propiedades físicas y químicas específicas, y, por lo tanto, determinados tipos de capacidades y usos” (Richardson y Weszkalnys, 2014: 11). Si bien es cierto que el litio es tratado como

mero objeto económico, y existe como tal, no se lo puede reducir a esa única existencia. Por tanto, un primer objetivo de este capítulo es mostrar que el litio posee múltiples modalidades. Tanto en la literatura especializada como en la esfera pública boliviana, el litio adquiere la forma de objeto: de gobernanza, de conflicto y de objeto maldito. Pero el mismo no existe sólo en esas formas. También existe como acontecimiento y se demostrará detallando las especificidades de la modalidad de muestra del litio utilizada por el sindicato campesino FRUTCAS en el altiplano sur de Bolivia. En la segunda parte del capítulo, sostengo que las modalidades son importantes puesto que forman el “subsuelo político”, las condiciones subyacentes de una situación de desacuerdo respecto del litio en Bolivia. El desacuerdo no solo gira en torno a las disputas sobre el uso instrumental de este recurso, sino que también incluye las que se mantienen sobre la naturaleza misma de su existencia. A esta situación de desacuerdo la llamo “situación política del litio”. La gestión, legislación o bien invisibilización de estos modos de existencia del litio es lo que considero el funcionamiento de la política. El objetivo de esta segunda parte será el esbozo de una teoría materialista de lo político que da lugar a la fuerza de lo que en política solemos llamar “objetos”.

Además de la literatura que se ocupa de la gobernanza de los recursos naturales, un segundo conjunto de investigaciones ha estudiado la relación entre la política y los recursos en términos de la propensión de estos a generar conflicto social (Ross, 2004). Sin embargo, en lugar de repasar esta literatura en detalle, brindo un ejemplo de la formulación de la relación entre recursos y política en lo que concierne específicamente al litio en Bolivia. Un documental producido en 2011 llamado “El litio: La siguiente batalla” dramatiza esta formulación particular (Rhodes, 2011). Si bien es poco probable que el documental haya gozado de una distribución masiva (tratándose de un proyecto de tesis de maestría realizado por una estudiante de periodismo), es un relato muy vívido sobre el conflicto potencial que podría desatar el litio. En primer lugar, se muestra a Bolivia como país violento asediado por el conflicto civil y utiliza el ejemplo de las Guerras del Agua del año 2000 como instancia de intersección de un malestar desbordante con un recurso natural, que hace erupción para dar lugar a un conflicto violento; así, se sugiere que una situación similar respecto del litio. Hacia el final se proporciona un ejemplo más específico sobre el con-

flicto provocado por el litio mediante una entrevista con un recolector de sal del Salar de Uyuni. En ella, el documental opone la recolección de sal en pequeña escala, para consumo menor, a la recolección para producción de litio. Según esta forma de presentación, pareciera que el litio se extrae de la sal en la superficie, y que cualquier tipo de producción de litio sería igual a cualquier mina a cielo abierto en la que se extrae la sal y se la lleva a otro sitio. Una vez que se la lleva allí, simplemente no está más. Las tomas de los planos dramáticos van de los recolectores con máscaras (una táctica muy común para transmitir la naturaleza exótica de la vida en el Salar) al salar, seguidos por una intervención del narrador, que dice: “cuando la sal se acaba, se acaba”. Luego, vemos un plano de la pampa que circunda el Salar, un suelo arcilloso árido debido a los elevados niveles de salinidad. Aunque se muestra la producción de litio con gran inexactitud (como recolección de sal de la superficie), no es esto lo más significativo del documental. Lo relevante es la representación del litio como un objeto capaz de provocar conflicto social y político.

Una publicación del Banco Mundial del año 2003, “Recursos Naturales y Conflicto Violento: Opciones y Acciones” resulta un excelente resumen de este enfoque particular en el que la relación entre los recursos naturales y la política es conflictiva (Bannon y Collier, 2004). En el informe se vinculan abordajes generales de los recursos naturales: como objeto de gobernanza y, relacionado con este, como objeto de conflicto. En esa colección de ensayos también se establece un vínculo explícito con una tercera formulación de la relación recurso/política, centrada en lo que la literatura ha denominado “la maldición del recurso natural”. De hecho, lo que había sucedido en 2010 con la presentación de los recipientes de carbonato de litio y cloruro de potasio “una instancia de victoria localizada en la autonomía y gobernanza de los recursos” fue presentado en términos que definieron la situación de la producción de litio como un problema más general que la gobernanza (ya sea esta local o extralocal). En ese caso, se articuló la situación del litio respecto de la problemática del concepto macroeconómico llamado “maldición del recurso”: una gran riqueza de recursos suele redundar en pobreza o ruina social, económica y ambiental.

En un debate público titulado “Litio: Mito o realidad”, cinco panelistas expusieron sus distintas opiniones sobre lo que representa el litio en Bolivia. El foro tuvo lugar en la Universidad Mayor de

San Andrés en 2010. Uno de los panelistas es el conocido periodista boliviano Humberto Vacaflares, que dijo a la audiencia: “Bolivia es un país que tiene ciudades donde hay estaño, plata, oro... en realidad, Bolivia está repleta de recursos naturales y minerales. Tenemos el mayor depósito de plata en el mundo, el mejor depósito de hierro en el hemisferio, y el mayor depósito de litio en el mundo: más o menos un 35 % del total existente en el mundo. Aquí se aplica el viejo chiste que oí en referencia a otros países. Cuando Dios estaba repartiendo la riqueza natural entre los países, algunos de los vecinos se quejaron y preguntaron por qué a Bolivia le tocó tanto. Y para consolarlos, Dios dijo: “Sí, es verdad, le estoy dando mucha riqueza a los bolivianos, pero no saben qué tipo de gobierno les voy a dar”” (Humberto Vacaflares, 2010, La Paz).

Aquí, Vacaflares expone que la relación entre gobernanza y recursos naturales en Bolivia está determinada por una fuerza externa. En este caso, aunque se supone que es un chiste, la fuerza externa recae en la figura de un dios que determinó tanto la distribución como la gobernanza de los recursos naturales. Claramente, Vacaflares no habla en serio sobre esta intervención divina en la gobernanza de los recursos, pero el ejemplo es indicativo de su formulación general respecto de la relación entre recursos y política, una que se halla determinada por otra dinámica. A medida que continúa con su presentación, formula la relación en términos de un movimiento interno de las prácticas relativas a los recursos naturales. Valiéndose de la experticia de la economía de los recursos naturales, comenta:

“[El experto] Velasco formula el dilema: ¿Litio o quínoa? ¿Y qué vamos a elegir los bolivianos? ¿El litio o la quínoa? Este es el debate acerca de si el país debe dedicarse a la extracción de sus recursos naturales, como se ha hecho desde el comienzo con la plata, el estaño, el gas natural y ahora el litio, o si vamos a prepararnos para ver la escena de la naturaleza, de la agricultura, y volvemos al dilema. Volvemos al dilema que resolvieron los habitantes de la ciudad china de Ushi hace mucho tiempo. Y creo que la minería nos ha puesto donde estamos. La minería nos hizo enamorar de la coca, y la coca nos hizo enamorar de las actividades ilícitas. Quizás la situación actual debería hacernos pensar que es necesario encontrar nuevos caminos, caminos distintos a la minería, que nos ha llevado a estas situaciones lamentables” (Vacaflares, 2010).

Para Vacaflor, el litio como objeto de recurso natural perpetuará la “maldición del recurso natural”, la que ha asolado al país desde la colonización española. Su conclusión es que si quiere evitarse, Bolivia debe abandonar ese objeto, el litio. La explicación revela que el litio es un tipo de objeto particular que tiene un poder o una fuerza que debe resistirse (es el objeto maldito de la maldición del recurso natural), y supone una especie de ultimátum para Bolivia: elegir entre la escena de la naturaleza y la tragedia de la ruina. Elegir entre un objeto, la quínoa, u otro objeto, el litio. En lugar de la imagen de David y Goliat que describe la escena de apertura con la victoria de la gobernanza local-regional del recurso, este periodista pinta un retrato distinto, uno que se asemeja mucho más a la expulsión del Jardín del Edén. La “maldición del recurso” ha moldeado las políticas del pasado en Bolivia, y también da forma a las disputas actuales sobre cómo caracterizar la situación del litio.

Otro panelista del foro, articula una comprensión distinta de la situación del litio, en la que no se lo concibe simplemente como otro objeto maldito de los recursos naturales, sino como aquel que puede revertir la maldición. En su opinión, el litio no es solo un objeto, sino que se lo entiende como proyecto. Esta última visión sería un mecanismo de proyección para la erradicación de los efectos de una supuesta maldición de los recursos naturales. Juan Carlos Montenegro, metalúrgico e ingeniero de la Universidad San Andrés de La Paz, nos dice:

“En efecto, si hay algo en lo que coincidimos con el señor Humberto Vacaflor “que expuso una visión muy pesimista, creo, sobre la cuestión de la minería en general”, si hay algo en lo que coincidimos es en que, en efecto, la historia de la minería en nuestro país, lamentablemente, ha sido una historia de desplazamiento; ha sido una historia en la que ellos han extraído los recursos, han dejado miseria y han dejado los lugares abandonados. Pero esta lamentable realidad debe ser transformada, y no podemos dejar de reconocer que nuestro país, en este momento, tiene una oportunidad histórica, o al menos yo lo veo así. Y debemos tomar esto con mucha, mucha seriedad. Por esta razón, la realidad exige una estrategia clara para la industrialización de estos recursos, y debemos tener en cuenta, naturalmente, la necesidad de que esto beneficie de forma directa a las regiones [donde se encuentran los recursos], que beneficie al país. Con este concepto creo que, como Universidad, debemos estar de acuerdo en que, sí, este es un proyecto

en el que debemos avanzar, esta teoría para generar valor agregado, para incorporar a [las regiones donde están los recursos], dejar de ser un país que es un simple productor y exportador de materias primas, y ser, en lugar de ello, un país que produce valor agregado. Si esta alternativa significa una administración que sea 100 % estatal, bueno, será bienvenida y tendrá un total apoyo, creo yo, del mundo académico” (Juan Carlos Montenegro, 2010).

Vacaflares y Montenegro están de acuerdo sobre la realidad de la historia de los regímenes extractivos coloniales y neocoloniales, y de la situación de los recursos naturales en Bolivia, pero están en desacuerdo respecto de los tipos de características que debería tener el litio en el país. Dado que existen formulaciones bastante diferentes de la relación entre recursos naturales y política en Bolivia, ¿cómo hemos de comprender la relevancia política del litio boliviano? Si bien no cabe dudas de que los enfoques tradicionales sobre la relación entre recursos naturales y política han sido útiles para formular algunas de las características del modo en que se trata a los recursos naturales como objetos, estos enfoques suelen convertir las problemáticas específicas de los recursos naturales en un caso extraído de una clase general de objetos (llamados recursos naturales). Luego se caracteriza a esta clase general de objetos según un problema general, y no según las especificidades que trae consigo la existencia particular de los recursos. Gran parte de esa literatura, sobre todo aquella que se centra en la “maldición del recurso”, ha habilitado a los “actores globales y locales a evocar nuevas características que giran en torno de nociones sobre la riqueza de los recursos naturales, que son presentadas como riesgo potencial y, a la vez, como esperanza” (Weszkalnys, 2011: 366). La oscilación entre riesgo y esperanza depende de la modalidad particular de los recursos en tanto clase general de objeto natural y objeto económico.

Timothy Mitchell ha escrito sobre estas tendencias a plantear la relación entre recursos y política en términos de problemas generales extralocales: “La mayoría de los que escriben sobre la cuestión de la ‘maldición del petróleo’, como suele llamarse a este problema, poco tienen para decir sobre la naturaleza del petróleo y cómo se produce, se distribuye y se utiliza. No debaten sobre el petróleo sino sobre el dinero del petróleo: la ganancia acumulada luego de que este se convierte en renta pública y riqueza privada” (Mitchell, 2011: 1). En efecto, se presta escasa atención al recurso en sí, a las materialidades diferenciadas a

través de las cuales existe un recurso, y a las prácticas vinculadas a esas materialidades. Se presta poca atención al hecho de que los distintos recursos “en este caso, el litio” tienen modos de existencia que van más allá de la dicotomía entre objeto maldito u objeto de riqueza.

En la primera parte de este capítulo he presentado la idea de que el litio tiene un modo de existencia como objeto: un objeto de gobernanza y gestión, un objeto de conceptos económicos y macroeconómicos, y un objeto de conflictos por derecho de propiedad. Ese ha sido el modo en que los científicos sociales, economistas y políticos han abordado el tema de los recursos naturales. Hasta el momento, así se ha estudiado la “cualidad de recurso” (resourceness) en gran parte de los estudios: en tanto objeto como único modo, el modo que se da por sentado. Como han señalado Richardson y Weszkalnys (2014), se han realizado pocos trabajos para examinar los recursos como “problema teórico y comparativo, de manera que pueda concebirse que su “cualidad de recurso” va más allá de su estatus como tipos particulares de productos básicos” (Richardson y Weszkalnys, 2014: 6). Si los análisis sobre las relaciones de los recursos naturales se limitan a los enfoques antes mencionados, entonces estos “tal como han argumentado Braun y Whatmore en relación con la ciencia y la tecnología” “siguen siendo objetos de la política, algo de lo que hablamos, en lugar de ser algo que forma parte inherente de lo colectivo (y del discurso), y los precede, y por ende, algo que cuestiona cómo se concibe la categoría de lo político en sí misma, y dónde y en qué se articula” (Braun y Whatmore, 2010: xi). Sostengo que las condiciones de lo político (en tanto situación de desacuerdo, como explicaré más adelante) pueden encontrarse en los múltiples modos de existencia del litio. En lugar de emprender un análisis sobre la relación entre un recurso natural como el litio y la política entendiendo al litio simplemente como otro ejemplo de una categoría general de objeto llamada “recurso natural” (que tiene solo un valor instrumental, y no un poder constitutivo), planteo que para comprender el modo en que algo como el litio se relaciona con una situación política, debemos, en primer lugar, considerar las modalidades específicas que adopta el litio: formas, prácticas, materialidades y significados.

Poner atención a las modalidades de los recursos es un modo de explorar las cuestiones relativas a la “cualidad de recurso”, más allá de una única existencia como productos básicos. Se trata de buscar

respuestas a los interrogantes relacionados con “las características y capacidades específicas de cada recurso, los procesos por los cuales se originan, y cómo pueden estudiarse esos procesos de elaboración de recursos” por parte de las ciencias sociales (Richardson y Weszkalnys, 2014: 6). Sostengo que esas modalidades son clave para comprender la situación política del litio como una de desacuerdo público sobre la definición de la situación. En este sentido, me aboco en menor medida a cómo la política (en tanto esfera particular de acción) moldea la gestión y uso de los recursos naturales; mi interés principal reside en cómo podemos tomar las especificidades de un recurso natural para pensar qué es lo que hace que algo sea “político”, en primer lugar. Es decir, considero que podemos aprender sobre la especificidad de lo “político” examinando las especificidades de un recurso natural determinado.

En las líneas siguientes, afirmo que, primero, debemos tomar con seriedad la fuerza que posee lo que solemos llamar “objetos” en la conformación de una situación de lo político. También es necesario considerar que los “objetos” específicos son multimodales. Esto supone comprender la relación entre las prácticas tecnocientíficas y políticas, con sus materialidades asociadas, y el tipo de modos de existencia al que dan sustento esas prácticas, materialidades y significados. Hasta aquí, he intentado mostrar que el litio tiene múltiples modalidades y que estas son importantes puesto que forman el “subsuelo político”, las condiciones subyacentes de una situación de desacuerdo. A continuación, esbozaré la forma de una modalidad particular del litio tal como se configuró en mi trabajo de campo en el Salar de Uyuni. La descripción de esta modalidad particular se centra en un conjunto de tres pequeños viales que aparecieron en medio de una conversación con los líderes del sindicato local de agricultores, FRUTCAS, en la ciudad de Uyuni.

2. ¿Qué contiene un vial?

Al borde del salar se encuentra la ciudad de Uyuni, fundada en 1889 por el entonces presidente de la República de Bolivia, Aniceto Arce, y conocida como “la hija predilecta de Bolivia”. Es probable que este nombre afectuoso esté relacionado con el papel que desempeñaba la ciudad: un centro ferroviario para la exportación de minerales,

iniciativa en la que el presidente Arce era un actor de gran importancia. La ciudad y sus habitantes reflejan los ciclos de altibajos que han caracterizado al sector minero en Bolivia. Es una historia inscrita en la centralidad del ferrocarril para la ciudad; habiendo sido alguna vez sede del taller de máquinas y playa de maniobras más grandes de Sudamérica, ahora funciona sobre todo como punto de trasbordo para los turistas que visitan el Salar de Uyuni y se detienen a conocer el “cementerio de trenes” “largas filas de oxidados trenes a vapor con sellos de fabricación de Bélgica, Inglaterra, Brasil, Estados Unidos” y las compañías Borsigwerk, Sharon, Taylors Empire, Bethlehem Steel, Lamarkshire, American Car y Foundary Export Company. Del otro lado de la ciudad, se dibujan en el horizonte tres grandes silos de granos; fueron construidos en 1990 como parte de una iniciativa para llevar el desarrollo a la región, y hacer de la ciudad el centro de los mercados de granos. Sin embargo, nadie en la región había planeado utilizarlos, y nadie lo hizo. Nunca se usaron. Descansan allí, vacíos, casi tanto como el discurso desarrollista que los impulsó.

Todo ello lo aprendí en una de mis tantas visitas a la ciudad de Uyuni. Fue durante una de ellas que llegué a comprender la existencia del litio más allá de su forma como mero objeto natural y económico. Eso sucedió cuando estaba sentado contra la pared de la oficina de FRUTCAS en Uyuni, junto al escritorio donde se encontraba el director ejecutivo, Porfidio Cruz. Había llegado para conversar con ellos sobre su relación con el litio. Durante la charla, me indicaron una biblioteca, de la que no me había percatado. Teodoro Ali, que para ese entonces se encargaba de responder todas mis preguntas (no sin antes haberle pedido permiso a Porfidio; aquí las estructuras jerárquicas son muy respetadas), le indicó al ejecutivo que retirara la muestra de la biblioteca. Le repitió a Porfidio que tomara la muestra del estante. Porfidio busca durante un momento y la exhibe colocándola sobre el escritorio, junto a mí: tres pequeños viales de 60cm³, colocados en un marco de madera, cada uno con una etiqueta. Leo las etiquetas en voz alta: “¡Ah, sí! Ácido bórico”. Porfidio responde: “Exacto”. Y continúa: “Cloruro de potasio y...”. Teodoro y Porfidio dicen conmigo al unísono: “¡Carbonato de litio!”.

Los miro durante uno o dos minutos mientras les digo que fue genial ver los viales. Y así fue. Estaba muy entusiasmado. Era la primera vez que sucedía esto en más de un año de trabajo de campo: alguien

realmente me mostraba el litio. Pensé que era un tanto extraño. Allí estaba yo, lejos de los laboratorios de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), en un pueblo pequeño y remoto que no tenía ningún vínculo directo con el litio, ni con el proyecto estatal, ni con la COMIBOL (Corporación Minera de Bolivia), ni con los mercados del litio, ni nada que se le parezca. Sin embargo, era allí donde lo estaba viendo por primera vez, luego de buscarlo durante más de un año. Un sitio poco probable para una exhibición: tres viales del tamaño de un estuche para un cigarro, llenos hasta la mitad con algo parecido a la sal. Los miré más de cerca, intentando discernir alguna diferencia en la textura o el tamaño de las partículas, o lo que fuera. Pero no encontraba diferencias entre los tres. De no ser por las etiquetas, no hubiera podido distinguirlos. Volví a mirarlos aún más de cerca: eran iguales.

Unos instantes después, levanté la vista de los viales y Porfidio terminó su exhibición diciendo: “Entonces, esta es nuestra muestra, ¿no?”. Volví a mirarlos y, de pronto, dije: “¡parecen iguales!”. No sé por qué fue lo primero que se me ocurrió, pero eso es lo que noté: tres pequeños viales a medio llenar con algo parecido a la sal de mesa. Teodoro respondió primero: “esto es un signo de que tenemos nuestra agenda, y de que es una agenda inteligente”. Luego, aludió a mi comentario y mi risa, pero no de manera directa, sino alegórica: “¿Pero sabe qué? ¿Sabe qué dice aquí la gente? Dicen: ‘claro, ¡lo compraron en el Salar Hombre Muerto, en Argentina!’ O dicen: ‘¡miren cómo han engañado al presidente!’ Ya sabes, ese tipo de comentarios hacen los que no lo entienden”.

Muestra como muestra, exhibición y signo

Teodoro me explicó lo que revela mi comentario: ¿cómo saber lo que contienen los viales? Lo hizo con un relato. Mi comentario señala algo más que la dificultad de distinguir entre tres viales con polvo blanco. Su relato explica que los viales contienen más que polvo blanco: son la exhibición material, tangible y física del litio del Salar de Uyuni, pero lo más importante es que exhiben la tecnología boliviana en sí misma. La muestra también es signo de algo: la inteligencia de FRUTCAS de no otorgar a una corporación extranjera la concesión para la extracción de litio en el Salar de Uyuni. Los viales también

contienen todo eso, y, además, son un signo de las transformaciones de la región, cuyos protagonistas son las mismas personas que viven allí. Es una muestra de cómo “nuestros camaradas profesionales (ingenieros de la GNRE) que trabajan en el Salar comenzaron con pequeños experimentos “en tubos pequeños” y han descubierto cómo hacer que (la salmuera) se evapore” (Teodoro Alí, 2011). Es una muestra de la capacidad de Bolivia de transformar la salmuera en carbonato de litio. Es una exhibición del programa de desarrollo de FRUTCAS. Pero, fuera de las oficinas de FRUTCAS, la muestra es mucho más frágil. Sin el relato sobre la historia de la región tal como está contenida en los viales, estos por sí solos no alcanzan para sustentar lo que exhiben y señalan bajo estas condiciones de narración. Los viales actúan como respuesta material a la pregunta sobre recursos naturales en la región. Son una modalidad particular del litio: funcionan como una muestra de la transformación (del desarrollo de la tecnología boliviana), una exhibición de esa transformación (del reordenamiento de la región) y un signo de esa transformación (de las consecuencias de las movilizaciones políticas de principios de los noventa para impedir que la corporación transnacional LithCo ingresara a trabajar en la región).

A lo largo del país, siempre que uno siempre está topándose con la basura que han dejado los programas de desarrollo que utilizan el habitual discurso desarrollista como pieza clave de sus proyectos, no es necesario buscar muy lejos. La región está atestada de toda clase de publicaciones inútiles que las organizaciones de desarrollo se ven obligadas a imprimir y distribuir aunque de nada sirvan para sus destinatarios; contienen baratijas de todo tipo, que por lo general, ostentan el nombre de la organización. Por todas partes, muestran los premios creados para reconocer el “liderazgo” o los certificados sin otro valor que el del papel o la placa sobre el que están impresos. Se trata de certificados que quizá tengan algún sentido mientras la organización está en el lugar, pero apenas se marcha para iniciar un proyecto en otro sitio, todo sistema de reconocimiento transportable que haya traído consigo, con ella se va. Estas organizaciones dejan atrás un reguero de papeles, pines y placas. No es esta una crítica con malas intenciones: seguramente, los futuros arqueólogos encontrarán lugares atestados de buenas intenciones.

Sin embargo, los viales no son ese tipo de basura. No son artefactos del discurso desarrollista estándar. Como lo expresa FRUTCAS,

son una visión del desarrollo, pero sin el telos ni la promesa de un “desarrollo” que finalmente llegará. En lugar de ello, la propuesta de FRUTCAS respecto del litio proviene del hecho de que “respetamos el Salar que nos ha dado sustento, alimento”. Además, en vez de propiciar una huida de la región “uno de los entornos más inclementes del mundo”, “el proyecto de la Planta Piloto se llevará a cabo allí para que los jóvenes puedan tener interés en quedarse... y no tengan que irse” (Teodoro Alí, 2011). Así, los viales son también el acontecimiento de la transformación de relaciones en la región: del empleo y la educación, pero también del paisaje.

Al mismo tiempo, los viales contrarrestan el típico relato desarrollista cuestionando el “gobierno de los expertos” (Mitchell, 2002). En lugar de encarnar el tipo de narrativa de la salvación que en el discurso desarrollista va unida a la experticia, los viales son el pragmatismo, y son una exhibición de pragmatismo con la cual FRUTCAS ha liderado el proyecto. Como explicó Teodoro, los viales son:“(...) el trabajo mismo de FRUTCAS. Como dije, la organización fue la planificadora, pero de una manera más práctica, ¿sabe? No podemos, no sabemos nada sobre la parte técnica, la parte teórica. Pero lo que hemos hecho coincide con eso, coincide con la práctica: tener ideas sobre qué hacer, hacerlas concretas y hacerlas realidad” (Teodoro Alí, 2011).

Desarrollo sin carencia

Justo antes de que Porfidio retirara los viales del estante, había estado describiéndome el perfil organizativo e histórico de FRUTCAS. Como él explicó, la organización “nació de la necesidad”, con el “solo propósito de ser la organización defensora de sus recursos naturales”. Así resumió la historia del origen de la organización: “primero, la lucha; segundo, una visión de desarrollo... pero basado en el potencial que ya tiene la región, y disfrutándolo tal como es, porque creemos que ahora mismo está bien”. Es una manera interesante de hablar del desarrollo, en especial tratándose de la organización que encabezó un proceso de dos años de duración para crear el Plan de Desarrollo Regional Integral del Sud Oeste Potosino (PDRISOP): un plan detallado de propuestas y programas políticos que busca aportar al “desarrollo” de la región. El antropólogo Arturo Escobar ofrece una genealogía del concepto de “desarrollo” siguiendo la marcha

del discurso desarrollista hasta la aparición de “un nuevo campo del pensamiento y de la experiencia.” (Escobar, 1995: 6). Considera que el punto de partida de este discurso está plasmado en la alocución de Harry S. Truman, quien veía la pobreza y el atraso “lo que más tarde se conocería por el nombre de “subdesarrollo”” como amenazas a la seguridad global. En *La invención del Tercer Mundo*, Escobar recorre el camino que convirtió el sueño del discurso desarrollista en una pesadilla. A menudo, este discurso “y en términos de sus propios indicadores” ha empeorado la vida de su objeto. No caben dudas de que ese tipo de discurso “desarrollista” está muy presente en Bolivia. Se trata de uno de los países más “oenegeizados” de Sudamérica, y aunque el “atraso” ya no sea algo explícito que debe eliminarse, el subdesarrollo sigue funcionando como principal indicador en los “proyectos” de las oenegés.

El análisis del discurso que realiza Escobar nos dice mucho sobre la gramática del desarrollo. Aun así, el autor tiende a atenuar las diferencias que presenta el concepto en sí, mientras que atribuye demasiada importancia al elemento discursivo del desarrollismo. En este punto, la descripción de Teodoro y Porfidio resulta útil. En ella, el desarrollo no contiene eso que es norma en el discurso desarrollista: el objeto del “subdesarrollo”. De manera significativa, el “desarrollo”, de la forma en que Teodoro se relaciona con él, refleja menos un *telos* que una manera particular de ordenar las relaciones en la región. Estas incluyen tanto las relaciones entre organizaciones, comunidades y personas (es decir, humanos), como entre plantas, animales, minerales, agua y tierra (es decir, no humanos). Este ordenamiento de relaciones queda ejemplificado en el primer “programa” de PDRISOP: la devolución de las tierras a las comunidades originarias de la región mediante título de propiedad, una relación entre tierra y comunidad llamada TCO (Tierras Comunitarias de Origen). Porfidio dice en la entrevista que esa es la piedra angular del plan de desarrollo porque asegura el potencial de otros proyectos de PDRI-SOP. Es esa titulación comunal la que garantiza el reordenamiento de otro conjunto de relaciones: entre humanos y entre humanos y no humanos. Ahora bien, para comprender aún mejor el desarrollo sin “subdesarrollo”, quisiera volver a los tres viales de ácido bórico, cloruro de potasio y carbonato de litio.

Una exhibición

“Nos dieron esto. También tenemos una muestra”, dijo Porfidio mientras tomaba los tres viales colocados en un marco de madera entre los papeles y cuadernos desordenados sobre la biblioteca, junto al escritorio. Un momento antes, Teodoro había contado cómo fue que los viales terminaron en la oficina de FRUTCAS. En esa instancia, uno esperaba oír el típico cuento “desarrollista” en el que los viales son un artefacto del poder de la presentación en PowerPoint, y el programa, el modo por excelencia mediante el cual una agenda no subdesarrollada llega a una región económicamente deprimida (Rodríguez 2010). Las presentaciones en PowerPoint han sido la herramienta principal de las agencias de desarrollo. Es una manera de convertir las propuestas para “proyectos de desarrollo” en enunciados incorpóreos y formales. Pero, según cuenta Teodoro, el PowerPoint no halló su camino hacia la región para poder convencer a los que viven cerca del Salar que la industrialización del litio es la única manera de “sacarlos de la pobreza”. El todopoderoso PowerPoint del desarrollo no fue hasta Uyuni. En su lugar, los representantes de FRUTCAS golpearon la puerta principal del Palacio Presidencial. Así lo relata Teodoro:

“Así de simple, en 2008 se presentó una propuesta en el Palacio Presidencial, en conjunto con el Ministerio de Minería. Esta organización, FRUTCAS, llevó la propuesta, y allí presente estaba el presidente de la Corporación Minera de Bolivia, nosotros, y el presidente la aprobó, y así comenzó el proyecto de la Planta Piloto. Y el 10 de mayo de 2008, el presidente visitó el lugar donde nos encontramos ahora mismo. Teníamos la infraestructura para la visita, entonces empezamos a partir de allí para ponernos a trabajar” (Teodoro Alí, 2011).

Los viales son una modalidad del litio, trazan una dimensión de la problemática de los recursos naturales en Bolivia, una dimensión de transformación. Es la transformación de la región y su trayectoria y paisaje históricos, pero sin el *telos* del discurso desarrollista tradicional. Esa transformación no intenta eliminar una carencia (de desarrollo), sino que es un proyecto positivo de reordenamiento de las relaciones en la región. Como me explicó Teodoro, los viales son su muestra, un término que tiene múltiples significados: muestra, exhibición y signo. Todos estos significados aparecen en el relato de los viales.

En primera instancia, es bastante evidente que los viales son una muestra. Su materialidad particular (tres pequeños viales de vidrio en un marco de madera), junto con su condición de ser un regalo de la Corporación Minera de Bolivia, y también con su contenido (pequeñas cantidades de cloruro de potasio, boro y carbonato de litio) se unen para hacer de los viales una muestra de la transformación de la salmuera del Salar de Uyuni por parte de los ingenieros bolivianos. Los viales son una muestra de la transformación del recurso natural litio en la región. Y también son una exhibición de las transformaciones que allí tienen lugar, del potencial reordenamiento de relaciones, que forman parte de un programa de desarrollo sin *telos* y sin carencia. Por último, los viales son un signo de las consecuencias de las movilizaciones políticas de comienzos de los noventa para impedir que la corporación transnacional LithCo trabajara en la región. Son un signo de cómo el litio y los habitantes han moldeado el paisaje de la región.

3. Explorar las modalidades, detectar los modos

En la sección anterior me propuse describir en detalle una modalidad particular del litio en los viales, y las materialidades, prácticas y significados asociados del litio que en ellos están contenidos. A través de los viales, el litio tiene una existencia muy alejada del tipo de existencia dominante en los debates tradicionales sobre los recursos naturales, sobre todo en los que tienen como guía el concepto de “la maldición del recurso”. ¿Qué nos dicen los viales, y la narrativa de FRUTCAS sobre ellos, en cuanto a los otros modos de existencia del litio? El litio como acontecimiento es parte inherente de los viales. Este, en la modalidad de los viales, está compuesto por el momento en que los jóvenes ingenieros bolivianos que trabajan para la GNRE tuvieron su primer logro al producir carbonato de litio. La modalidad vial también exhibe un momento del desarrollo del know-how, y es signo de un momento de importancia histórica para la región, resultante del bloqueo de FRUTCAS a la Lithium Corporation of America.

En este capítulo, la modalidad funciona como una heurística para examinar el modo en que disposiciones específicas de materialidades, prácticas y significados pueden interpretarse como respuestas a preguntas ontológicas sobre los recursos naturales, en sentido general, y

sobre el litio, en sentido específico. ¿Qué es el litio? ¿Qué es un recurso natural? Depende de la modalidad en cuestión. En pocas palabras, un análisis de los modos de existencia del litio implica que necesitamos algunos medios para registrar los distintos modos o rastros de ellos. Esto “un instrumento para registrar los rastros de los distintos modos” es precisamente lo que ha alentado Bruno Latour (2011) en su exploración de los “modos de existencia” del filósofo Étienne Souriau. Aquí propongo que el estudio de los recursos naturales o, mejor dicho, de la “cualidad de recurso” (resourceness) de lo natural, debe centrarse en “modalidades” particulares del litio que sean indicativas de sus modos de existencia. Estas son descripciones de disposiciones particulares de prácticas y materialidades. La modalidad es un concepto que empleo para hablar sobre el litio de manera general, pero específica, sin hacer referencia a ninguna sustancia o identidad singular. La modalidad que utilizo no es la misma que la modalidad lingüística o la filosofía. Un multirrealismo radicalmente empírico, que es lo que aquí propongo, evoca una noción de modalidad distinta por completo: aquella que “explora modos de existencia bastante distintos, [en lugar de] la única acción de decir varias cosas sobre lo mismo” (Latour, 2011: 312). Como explicaré a continuación, el desacuerdo respecto del litio en Bolivia implica mucho más que “hablar” de él. En efecto, lo que hace de estas situaciones de desacuerdo situaciones políticas es el hecho de que los interlocutores están hablando de lo mismo y de algo diferente.

4. El desacuerdo, el litio y lo político

Basándome en la demostración empírica de las distintas modalidades que adopta el litio, sostengo que ellas (y los modos de existencia del litio que nos señalan) son importantes para comprender de qué modo este se convierte posteriormente en lo que llamaríamos “lo político”. Desarrollo este punto estableciendo una relación con la teoría política del filósofo político Jacques Rancière, y en particular, con su trabajo sobre el desacuerdo como la característica de lo político. Lo político es una forma de desacuerdo muy específica que supone una situación en la cual los interlocutores se entienden y no se entienden entre sí cuando hablan sobre el litio. Sin embargo, en lugar de concebir el desacuerdo

sobre todo como un tipo especial de situación comunicativa, según Rancière, sostengo que las condiciones subyacentes del desacuerdo entrañan las distintas maneras de existencia de cada cosa en particular.

La teoría materialista de lo político que desarrollo en el presente capítulo es un intento de aportar al creciente número de investigaciones que conciben lo político como la combinación de fenómenos morales y materiales. Como señalan los geógrafos Bruce Braun y Sarah Whatmore, la relativa ausencia de este tipo de teoría “nos impide comprender las colectividades en las que vivimos... la profusión de materiales complejos con los que vivimos, y a través de los cuales vivimos, muy a menudo hacen que oscilemos entre el repudio temeroso y el elogio simplista” (Braun y Whatmore, 2010: x). Lo anterior implica comprender algo sobre los modos mediante los cuales existe el litio para entender, entonces, que estos múltiples modos de existencia yacen en el corazón mismo de lo que constituye “lo político”, y, por ende, de lo que constituye la relevancia política del litio en Bolivia.

Considero que la heterogeneidad de explicaciones sobre el litio son indicativas de un conjunto de problemáticas compartidas “si bien no son reconocidas” que se ocupan de establecer qué es el litio. Estas problemáticas mantienen relación con los modos mediante los cuales este existe. Visto así, las definiciones discordantes y el desacuerdo público sobre el litio tienen menos que ver con perspectivas múltiples sobre la misma cosa, y más con cómo esas definiciones señalan diferencias sobre lo que es el litio y cómo existe. ¿De qué manera eso puede convertir el desacuerdo “en tanto instancia de lo político” en un tipo de situación particular relativa a la presencia o ausencia de un objeto en común entre las partes? En este capítulo sostengo que las situaciones de desacuerdo sobre el litio son algo más que definiciones discordantes de un recurso natural en el ámbito público. No se trata de que FRUTCAS, Vacaflores y Montenegro estén en desacuerdo sobre la misma cosa, sino de que cada uno está refiriéndose a distintas modalidades del litio, que los ha llevado, a la vez, a comprenderse unos a otros y a no comprenderse. Para entender estas situaciones de desacuerdo como algo más que simples luchas sobre definiciones acerca del mismo objeto, es necesario considerar las condiciones de desacuerdo “el subsuelo político” como formas, prácticas, materialidades y significados de las instancias específicas de las modalidades específicas del litio.

Al pensar sobre lo “político” que genera el litio, sigo una tradición de pensamiento, el pragmatismo, que establece una distinción entre lo político y la política. Como lo ha expresado el sociólogo de la ciencia Bruno Latour, “El distanciamiento radical que propone el pragmatismo es que ‘político’ no es un adjetivo que define una profesión, un ámbito, una actividad, una vocación, un lugar o un procedimiento, sino que es lo que describe un tipo de situación” (Latour, 2007: 4). Andrew Barry continúa desarrollando esta diferenciación: “es útil distinguir entre la política “como conjunto de prácticas, formas de conocimiento e instituciones” y lo político como indicador del espacio de desacuerdo.” (2005: 86). Son esas condiciones de desacuerdo las que he intentado esbozar en este capítulo. Lo he hecho para llegar a la consistencia del desacuerdo. Aquí me valgo en gran parte del filósofo político Jacques Rancière, para quien el desacuerdo es una situación:“(…) en la que uno de los interlocutores entiende y a la vez no entiende lo que dice el otro. El desacuerdo no es el conflicto entre quien dice blanco y quien dice negro. Es el existente entre quien dice blanco y quien dice blanco pero no entiende lo mismo o no entiende que el otro dice lo mismo con el nombre de la blancura” (Rancière, 1999: x).

Recurro a este enfoque sobre el desacuerdo porque supone la noción de que no se trata de simples problemas de comunicación ni de un entendimiento poco claro sobre determinado tema. Nuevamente, como escribe Rancière: “El desacuerdo no es el desconocimiento... Tampoco es el malentendido que descansa en la imprecisión de las palabras” (Rancière, 1999: x). Ahora bien, uno podría preguntarse cómo es posible entenderse y no entenderse cuando se habla de la “misma cosa”: el litio. Está claro: para entendernos debemos estar hablando de lo mismo. Es decir, debe haber algún tipo de unidad respecto de aquello de lo que se habla. Pero aquí la clave está en cómo se piensa esa unidad. Como señalara William James, puede haber al menos dos tipos de unión: una singular, “de extremo a extremo”, lo que James denomina “una unión de confluencia total”, un tipo de unión de conexión total; y una “unión concatenada”, en la que “algunas partes tienen una relación conjuntiva, y otras, una relación disyuntiva” (James, 1905: 107). Este tipo de unión permite otra conexión distinta. En lugar de exigir que la conexión sea una confluencia total, la unión concatenada permite una conexión parcial. Esta concatenación y conexión parcial

son las que brindan a los interlocutores la posibilidad de entenderse y no entenderse a la vez.

Cuando hablan sobre el litio, las personas pueden entenderse y no entenderse. Sin embargo, no se puede dejar de subrayar que las condiciones de desacuerdo no se reducen a las palabras, tal como he demostrado utilizando tres modalidades específicas (el objeto maldito, el proyecto y el acontecimiento del litio encarnado en los viales). Como observa Rancière, el desacuerdo no es simple argumentación: “(...) el desacuerdo no se refiere solamente a las palabras... Conciérne menos a la argumentación que a lo argumentable, la presencia o la ausencia de un objeto común entre un X y un Y” (Rancière, 1999: xi, xii). No se trata solo de los argumentos que se plantean en las situaciones de desacuerdo ofrecidas en este capítulo. Se trata, fundamentalmente, de la presencia o ausencia de algo en común sobre lo que puede exponerse un argumento. Al demostrar que el litio se presenta en distintas modalidades, y que estas indican modos particulares de existencia, he procurado mostrar que el subsuelo político (como situación de desacuerdo) se encuentra en la naturaleza multimodal del litio. Como apunta Rancière: “(...) los interlocutores entienden y no entienden lo mismo en las mismas palabras. Hay toda clase de motivos para que un x entienda y a la vez no entienda a un Y: porque al mismo tiempo que entiende claramente lo que le dice el otro, no ve el objeto del que el otro le habla; o, aun, porque entiende y debe entender, ve y quiere hacer ver otro objeto bajo la misma palabra, otra razón en el mismo argumento” (Rancière, 1999: xi). Las modalidades descritas en este capítulo pretenden ilustrar dónde se generan las bases del “desacuerdo” y, por tanto, de lo político. La filósofa de la ciencia Isabelle Stengers ha formulado la pregunta de la siguiente manera: “¿Dónde debemos situar con seguridad los comienzos del comportamiento político? Ante esta pregunta desconcertante, una única respuesta permanece estable: la que aborda la cuestión de las palabras que nos obliga a utilizar el objeto (artefacto) con que tratamos” (Stengers, 2000: 63). A ello, agregaría que el tipo de objeto que nos concierne es importante respecto de las palabras que usamos en última instancia para referirnos a él. Es igual de importante considerar las modalidades y los modos de existencia de aquello de lo que hablamos.

Sin embargo, las palabras no son la única razón por la cual cuando las personas hablan del litio se entienden y no se entienden. Se trata

de algo más que las palabras. Hay prácticas y materialidades, formas y significados, que no se hallan conectados con el litio en términos de instrumentalismo, sino que constituyen los propios modos de existencia de aquel. Lo que he planteado en este capítulo es que hay otras maneras en las que el litio existe más allá de su condición de producto básico. Estos otros modos de existencia son “sustanciales” en ambas derivaciones de la palabra: tanto por su materialidad como por su importancia a la hora de saber qué está en juego en los desacuerdos sobre el litio. Para comprender qué está en juego en los desacuerdos sobre el litio en Bolivia, sugiero que es necesario poner atención, con detalle empírico, en las modalidades que señalan los heterogéneos modos de existencia del litio. Hacerlo equivale a visibilizar esos otros modos y a reconocer la manera en que los “objetos” son constitutivos de lo que se denomina “lo político”.

Bibliografía

- Alí, Teodoro (2011), “Interview with Teodoro Alí & Porfidio Cruz of FRUTCAS”, Uyuni, Bolivia.
- Bannon, Ian y Paul Collier (Eds.), (2003), *Natural Resources and Violent Conflict: Options and Actions*, Washington D.C., The World Bank.
- Barry, Andrew (2005), “The Anti-Political Economy” en *The Technological Economy*, editado por Andrew Barry y Don Slater, New York Routledge.
- Braun, Bruce y Sarah J. Whatmore (2010), “Introduction” en *Political Matter: Technoscience, Democracy, and Public Life*, Bruce Braun and Sarah J. Whatmore (Eds.), Minneapolis, University of Minnesota Press.
- Escobar, Arturo (1995), *Encountering Development*, Princeton, Princeton University Press [Traducción castellana: (1996), *La invención del Tercer Mundo*, Bogotá, Editorial Norma].
- FRUTCAS (2008), “Plan de Desarrollo Regional Integral del Sudoeste Potosino”, Uyuni, FRUTCAS.
- Horie, Hideaki (2009), “R&D of Lithium-Ion Batteries as a key pillar for the future environmentally-friendly social systems”, en *1st International Forum in Science and Technology for the Industrialization of Lithium and other Evaporative Resources*, La Paz, Bolivia.

- James, William (1905) [1996], *Essays in Radical Empiricism*, Lincoln, University of Nebraska Press.
- Latour, Bruno (2007), "Turning Around Politics: A Note on Gerard de Vries' Paper", en *Social Studies of Science*, vol. 37, pp. 811-20.
- Latour, Bruno (2011), "Reflections on Etienne Souriau's Les différents modes d'existence", en *The Speculative Turn: Continental Materialism and Realism*, editado por Levi Bryant, Nick Srnicek y Graham Harman, Melbourne, re.press.
- Mitchell, Timothy (2011), *Carbon Democracy: Political Power in the Age of Oil*, Nueva York, Verso.
- Montenegro, Juan Carlos (2010), "Presentación en el evento 'Litio: ¿Mito o realidad?'", La Paz, Bolivia, UMSA.
- Rancière, Jacques (1999), *Disagreement: Politics and Philosophy*, Minneapolis: University of Minnesota Press [Traducción castellana: (1996) *El desacuerdo*, Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión].
- Rhodes, Larrisa (2011). "El Litio: La Siguiete Batalla de Bolivia", disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=XMCY2yE2TOU>>
- Richardson, Tanya y Gisa Weszkalnys (2014), "Introduction: Resource Materialities" en *Anthropological Quarterly*, vol. 87 (1), pp. 5-30.
- Rodriguez, Antonio (2010), *El Proyectorado: Bolivia tras 20 años de ayuda externa*, La Paz, Bolivia, Intermon Oxfam.
- Ross, Michael L. (2004), "How do Natural Resources Influence Civil War? Evidence from Thirteen Cases", *International Organization*, vol. 58, pp. 35-67.
- Stengers, Isabelle (2000), *The Invention of Modern Science*, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- Tapia, Luis (2008), *Política Salvaje*, La Paz: Muela del Diablo & Communa.
- Vacaflares, Humberto (2010), "Presentación en el evento 'Litio: ¿Mito o realidad?'", La Paz, Bolivia, UMSA.
- Weszkalnys, Gisa (2011), "Cursed Resources, or articulations of economic theory in the Gulf of Guinea" en *Economy and Society*, vol. 40(3), pp. 345-72

MODELOS PRODUCTIVOS NACIONALES

EL LITIO EN ARGENTINA: DE INSUMO CRÍTICO A COMMODITY MINERO

*Federico Nacif*¹

1. Introducción: forma social y carácter estratégico

Una llamativa diferencia caracteriza a la producción argentina de litio cuando se la compara con los casos chileno y boliviano: su casi nulo protagonismo en los debates sobre el denominado *desarrollo nacional*, a pesar del importante lugar que ocupa el país desde hace más de 15 años, entre los principales exportadores mundiales de litio². Esta particularidad nacional se vuelve aún más notable cuando se advierte que, desde los años sesenta, la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM) llevaba adelante diversos trabajos de prospección y exploración integral sobre los salares de la Puna, determinando allí los principales depósitos evaporíticos ricos en litio,

¹ Sociólogo por la Universidad de Buenos Aires, ex becario CLACSO-Asdi 2012 con el proyecto “Minería metalífera en Argentina y Bolivia: modalidades de radicación y proyectos políticos nacionales. El caso del litio”. Actualmente becario doctoral de CONICET en Temas Estratégicos (2013-2019) con el proyecto “El litio en América del Sur: Argentina, Bolivia y Chile, entre la reprimarización y la industrialización de sus recursos naturales” e integrante del Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socio Ambiental (PIIdISA) de la Universidad Nacional de Quilmes.

² Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) desde 1998 la Argentina es el cuarto productor mundial de litio, detrás de Chile, Australia y China, y el segundo exportador mundial de litio extraído de salmueras (ya que China no lo exporta y Australia lo hace en forma de mineral). En cuanto a Bolivia, el plan de industrialización estatal aún se encuentra en su fase piloto (USGS, 2013).

al que consideraban un recurso crítico por sus aplicaciones en el campo de la energía nuclear.

Partiendo de esta carencia —también reflejada en el ámbito académico³— el presente trabajo procura dar cuenta del proceso histórico que dio origen al modelo de producción de litio vigente hoy en la Argentina, a partir de un abordaje sociológico que se propone describir y explicar la propia especificidad a la luz de los esquemas productivos y los marcos normativos e institucionales predominantes en cada etapa. Este tipo de abordaje, por otra parte, no busca captar cierto carácter *extraeconómico* del objeto en cuestión, sino más bien su determinación general⁴. En otras palabras, el elemento *litio* bajo análisis es aquí considerado en función de su doble carácter: 1) como *objeto físico*, que puede presentarse tanto en forma de minerales (espodumeno, petalita) como de productos químicos (carbonato, cloruro o hidróxido de litio); y 2) como *objeto social*, que emerge y se presenta históricamente como objeto de investigación, insumo productivo, recurso estratégico o commodity exportable. Mientras sus cualidades físico-químicas —bajo determinadas condiciones tecnológicas— posibilitan diversos usos productivos (entre ellos, el almacenamiento de energía), la forma social con que se presenta en cada período histórico, expresa los rasgos del modo de acumulación dominante, determinando tanto la propiedad del recurso como el usufructo, tanto la explotación como su consumo productivo, tanto la renta generada como su distribución.

Caracterizado el contexto internacional en el que el litio emergió como insumo industrial estratégico, indagaremos en primer lugar el proceso histórico por el que el estado argentino dejó de considerar al litio en salmueras como un *insumo crítico* de exploración reservada por razones de seguridad nacional, y pasó a considerarlo como un

³ En comparación con Bolivia y Chile, los aportes académicos publicados sobre la producción de litio en Argentina son aún muy escasos y de carácter descriptivo (ver REDAJ, 2011 y Gallardo, 2011). En cuanto a nuestra propuesta, puede verse una versión preliminar y resumida en Nacif (2014).

⁴ En contra de este supuesto, la producción académica dominante en el área de recursos naturales relega el aporte de las ciencias sociales a la descripción de los aspectos sociales (“lo social”) de determinados fenómenos, que son presentados como puramente económicos, productivos o técnicos.

commodity minero más, que debía ser concesionado al gran capital transnacional para exportarlo en gran escala. Dicho recorrido histórico será abordado en función de las etapas de la historia económica nacional posterior al tradicional modelo agro-exportador: la industrialización por sustitución de importaciones (ISI) de 1930 a 1975 y la violenta reestructuración neoliberal de 1975 a 2001, prestando especial atención a la nueva política minera implementada a partir de 1993. Posteriormente, se analizarán las principales particularidades del nuevo sector minero argentino, en función de las políticas implementadas a lo largo del actual *ciclo primario exportador con incentivo a la demanda interna*, iniciado con la devaluación de 2002. En especial, se indagará el avance de los nuevos proyectos de exploración y explotación de salmueras sobre los salares de la Puna, para caracterizar el modelo productivo de litio vigente en el país, en el marco de los objetivos definidos por lo que denominaremos como “desarrollismo sostenible”⁵. Finalmente, dedicaremos las conclusiones a reflexionar sobre las causas y consecuencias del actual régimen minero en el que se enmarca la propiedad y la explotación de los yacimientos nacionales de litio en salmueras, proponiendo algunos lineamientos generales para el diseño de una alternativa productiva económica, tecnológica y socialmente superadora.

En términos generales, el presente trabajo se propone sumar a los clásicos y exhaustivos análisis sobre las reformas neoliberales de la Argentina —iniciadas con la última dictadura militar de 1976, pero consolidadas durante la década de 1990— el capítulo sobre la minería en general y el litio en particular. El papel que tuvo el Banco Mundial en el proceso de provincialización y privatización de los recursos mineros nacionales, como gestor y articulador de los distintos intereses en juego merece especial atención. Pero al mismo tiempo, se pretende aportar a los actuales análisis críticos del llamado *extractivismo*, el estudio de un caso concreto de explotación primaria

⁵ Con este término se buscará precisar la actual modalidad de la estrategia desarrollista en la Argentina, que desde su origen a fines de los años cuarenta, asimila el *desarrollo* de las fuerzas productivas nacionales a la *expansión* de una burguesía industrial local. Si bien la irrupción del neoliberalismo reemplazó esa estrategia por la temática del crecimiento económico, la crisis de fin de siglo volvió a introducir la narrativa (*neo*) *desarrollista* en el centro de los debates políticos (Seoane *et al*, 2013).

que, por sus particularidades especiales, obliga a problematizar la contradicción general entre *desarrollo* y *medio-ambiente*.⁶ En este sentido, la importancia asignada a los yacimientos de litio (justificada por una serie de supuestos económicos y tecnológicos ampliamente desarrollados en otros capítulos de este libro) se destaca por dos aspectos inherentes a su cadena productiva que son centrales para poder pensar en alternativas superadoras de la dependencia extractivista de nuestros países:

1) *Aspecto ambiental*: Si bien la obtención de litio a partir de las salmueras contenidas en los salares supone un elevado consumo de agua dulce, no exige las exorbitantes inversiones en capital fijo ni utiliza los explosivos y efluentes tóxicos comunes a las explotaciones de la llamada mega minería metalífera. Dada la elevada concentración de litio que presentan los salares de la región, podría regularse la explotación para obtener escalas y procesos técnicos ambientalmente asimilables.

2) *Aspecto techno-económico*: Bajo las actuales condiciones tecnológicas, las cualidades materiales del litio permiten el desarrollo de acumuladores electroquímicos fundamentales para el almacenamiento estático (*storage*) de energías renovables que, como la eólica y la solar, son por definición intermitentes. Esta tecnología, ya madura y potencialmente compatible con las capacidades socio-técnicas nacionales, podría orientarse al abastecimiento de las zonas excluidas de las redes eléctricas tradicionales, mientras se impulsan las tecnologías de propulsión eléctrica orientadas al desarrollo de un nuevo esquema de transporte público sustentable.

En estos aspectos, y no en su elevado precio internacional, radica el verdadero carácter estratégico de los yacimientos evaporíticos nacionales. La doble condición general del elemento litio

⁶ De la primer corriente académica, por demás heterogénea, destacamos los clásicos trabajos de Eduardo Basualdo y Daniel Aspiazú, que en la actualidad inspiran el debate —aún incipiente— sobre las “continuidades y rupturas” del neoliberalismo durante los gobiernos kirchneristas (Gaggero *et al*, 2014). En cuanto a la corriente identificada con la crítica al *extractivismo* como modelo de desarrollo no sustentable, se destacan los recientes trabajos de Seoane *et al* (2013) y Svampa y Viale (2014). Un mayor diálogo académico entre ambas corrientes, podría ayudar a superar la extrema generalidad de los debates políticos actuales sobre la dependencia económica nacional y sus consecuencias socio-ambientales.

(físico-químico y social), no es más que una expresión de la doble determinación natural e histórica común a todo elemento de la naturaleza que, en determinado momento, pasa a ser considerado como un *recurso productivo*. Es así que, dos grandes sectores del capital industrial fueron los que impulsaron históricamente, en distintos contextos de la economía mundial, la emergencia del litio como un insumo productivo de carácter *estratégico*.

a) *La industria bélica norteamericana desde la segunda Guerra Mundial*: Si bien utilizaba litio en la propulsión de cohetes y en aleaciones especiales, el ingreso de ese metal alcalino al podio de los recursos estratégicos se dio como insumo crítico en la fabricación de la bomba de hidrógeno o termonuclear. En 1942, el gobierno de EEUU fundó la Lithium Corporation of America (Lithco, actual FMC) para la producción de litio-7 destinado al desarrollo de la bomba de hidrógeno (Proyecto Manhattan). En 1953, la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos encargó grandes cantidades de hidróxido de litio para la producción de armas termonucleares, posicionando así a la Lithco y a la Foote Minerals Corp. (actual Chemetall del grupo Rockwood), como las principales productoras a nivel mundial. La fuente entonces predominante eran los yacimientos mineros, principalmente de espodumeno y petalita, y la fijación de los precios eran establecidos por el duopolio de origen norteamericano.

b) *La industria automotriz transnacional en la actualidad*: Tanto la expansión acelerada del capital financiero como el problema del futuro agotamiento del petróleo (visualizado con la crisis 1973), impulsaron respectivamente investigaciones en telecomunicaciones y en sistemas de almacenamiento energético. La utilización de litio en la producción de materiales de electrodo, por su alto potencial electroquímico y su baja densidad, posibilitó el desarrollo de una nueva generación de baterías eléctricas, desechables y recargables. Durante la década de 1990 la producción de baterías ion-litio para la creciente industria de la electrónica portátil (telefonía, audio, computadoras)⁷, incentivó nuevas investigaciones destinadas a optimizar su funcionamiento,

⁷ La empresa japonesa Asahi Kasei logró fabricar la primera batería de ión-litio comercializada por Sony en 1991 y luego por A&T Battery Co (de Toshiba Battery y

orientando a las empresas automotrices a optar por esta tecnología en la carrera por el desarrollo de los futuros vehículos eléctricos (Grosjean *et al*, 2012). En esta nueva etapa, la fuente predominante pasó a estar en los recursos evaporíticos contenidos en las salmueras de los salares, cuya extracción por bombeo permite obtener litio bajo diversas formas químicas (con una mayor escala y menores costos de producción) utilizado en la producción de baterías eléctricas pero también de grasas, lubricantes, aluminios, medicamentos y aires acondicionados. Cerca del 90% de las reservas mundiales de litio en salmueras se encuentran en los salares andinos de América del Sur, donde el oligopolio formado por las transnacionales SQM y Rockwood radicadas en Chile y la FMC Lithium Corp. radicada en Argentina, concentra alrededor del 50% de la producción mundial (Kesler *et al*, 2012; COCHILCO, 2013)⁸.

En lo que respecta a la Puna argentina, el proyecto Fénix inaugurado a fines de 1997 sobre el Salar del Hombre Muerto (Catamarca), llevó a la norteamericana FMC Lithium a proveer el 19% del consumo mundial de litio. Con una inversión inicial de U\$D 150 millones, actualmente tiene una capacidad de 23.000 y 5.500 toneladas por año de carbonato y cloruro de litio, respectivamente. En los últimos años, las autoridades mineras provinciales registraron más de cuarenta proyectos de litio, cubriendo de concesiones todas las cuencas salíferas del noroeste argentino (NOA), aunque sólo unas cinco lograron avanzar más allá de las tareas de cateo iniciales.

Asahi Kasei) en 1992. A partir de allí y hasta 2007, el consumo de litio para baterías creció un 80% (Goonan, 2012).

⁸ “Si bien el litio metálico es un commodity, la gran variedad de formas de presencia del litio en la corteza terrestre, de métodos de producción para extraer el litio, y de sus usos, establece una fuerte segmentación de los mercados de este metal, lo que lo diferencia de los metales de grandes mercados como el cobre, el aluminio, el hierro y el oro” (Lagos, 2012: 4). Sin embargo, el principal producto del mercado es el carbonato de litio (54% del total en 2012), cuyo precio se determina a través del cerrado oligopolio formado por tres empresas: Albermale (Rockwood-Talison), SQM y FMC Corp. En cuanto a las reservas localizadas en Bolivia, el gobierno del MAS impulsa desde 2008 un plan de industrialización a cargo de una empresa pública que recientemente ingresó en la fase piloto (Nacif, 2012).

Principales proyectos de litio en los salares de la Puna argentina

Proyecto / Salar	Provincia	Estado	Empresa/s	Países	Inversión inicial (millones)*	Capacidad productiva (ton./año)*
Fenix / Hombre Muerto	Catamarca Salta	Explotación (1997)	Minera del Altiplano SA , de FMC Co.	EEUU	US\$ 150	23.000 Li ₂ CO ₃ 5.500 LiCl
Rincón	Salta	Explotación piloto (2011)	Rincon Lithium Ltd , de Ady Resources.	Australia	US\$ 300	1.200 Li ₂ CO ₃
Olaroz	Jujuy	Explotación (2015)	Sales de Jujuy SA , de Orocobre Ltd (66,5%), Toyota Tusho (25%) y JEMSE (8,5%).	Australia Japón Argentina	US\$ 229	18.000 Li ₂ CO ₃ 36.000 KCl
Cauchari-Olaroz	Jujuy	Construcción	Minera Exar SA , de Lithium Américas (91,5%) y JEMSE (8,5%).	Canadá Japón Argentina	US\$ 399 M	20.000 Li ₂ CO ₃ 40.000 KCl
Sal de Vida / Hombre Muerto	Catamarca Salta	Factibilidad	Sal de Vida SA , de Galaxy Lithium (70%) y Korea Corp (30%).	Australia Corea	US\$ 356	25.000 Li ₂ CO ₃
Diablillos	Salta	Pre-factibilidad	Potasio y Litio de Argentina SA , de Rodinia Lithium.	Canadá	US\$ 964	25.000 Li ₂ CO ₃

FUENTE: elaboración propia en base a declaraciones de las empresas en diversos medios.

* Las declaraciones varían enormemente según los distintos momentos y medios utilizados. En cuanto a la producción efectiva, la FMC Corp. produjo en 2013 unas 8.000 t de Li₂CO₃ y unas 5.160 t de LiCl.

En cada uno de los períodos históricos mencionados, como una suerte de capítulo especial de la dependencia económica nacional, la

demanda internacional del litio tuvo consecuencias directas sobre la forma en que la Argentina proyectó —y proyecta— su propia política sobre el nuevo *recurso natural*. Sin embargo, las diferencias registradas en las respuestas a esa demanda internacional, sólo se pueden explicar por las características particulares del modo de acumulación de capital vigente en la Argentina y del bloque social de clases hegemónico en cada etapa. El pasaje de un modo de acumulación a otro, no fue el producto de un *inevitable proceso de agotamiento*, sino por el contrario el resultado de un proyecto de intensa transformación de la estructura productiva argentina, impulsado por agentes e instituciones internos y externos claramente identificables. Sin embargo, el avance de las concesiones privadas sobre la casi totalidad de los yacimientos mineros provinciales (o como veremos, *provincializados*) es presentado por la mayor parte de los trabajos académicos y periodísticos, como el resultado mecánico de la creciente demanda mundial y del favorable esquema legal diseñado durante la década pasada. De esta forma, se oculta el proceso histórico por el cual estos yacimientos fueron efectivamente *privatizados*, dejando en el olvido los proyectos y debates del pasado en torno a la producción minera en general y del litio en particular.

2. De reserva pública nacional a concesión privada provincial 1930-1975: Nuevo insumo crítico para el desarrollo nacional

El Código Minero argentino sancionado en 1886 (Ley 1.919) se propuso establecer un sistema *regalista* liberal y federal, que privilegiara la actividad privada y reconociera a las minas como *bienes privados* de la nación o las provincias, para poder cederlas al sector privado por medio de una *concesión*. En otras palabras, retomando la doctrina colonial de fines de siglo XVIII, el nuevo Código Minero otorgaba el *dominio originario* sobre las minas al Estado Nacional, pero “no para que las explote sino para que las conceda” (Valls, 2006: 35)⁹. Sin embargo, recién

⁹ Según las Ordenanzas de Minería de Nueva España, México, de 1783: “Las minas son propiedad de mi real corona” (art. 19), “sin separarlas de mi real patrimonio, las concedo a mis vasallos en propiedad u posesión, de tal manera que puedan venderlas, permutarlas, arrendarlas, donarlas, dejarlas en testamento por herencia o

con el proceso de industrialización por sustitución de importaciones (ISI) iniciado en la Argentina después de la primera guerra mundial, el sector minero adquirió cierta relevancia económica. Incluso la minería de litio —de modesta escala productiva— llegó a ser demandada por el consumo productivo interno desde los años treinta. Utilizado básicamente en la producción de cerámica y la preparación de esmaltes, se extraía de los yacimientos minerales (espodumeno) de San Luis y Córdoba. El excedente se exportaba en su totalidad a los EEUU y se importaban unas pocas toneladas de carbonato de litio del que luego se obtenía cloruro y fluoruro de litio utilizados en soldaduras de aluminio (Angelleli y Rinaldi, 1962)¹⁰. Por su parte, las cuencas salíferas ubicadas en la Puna de Atacama, donde hoy se extraen salmueras para la obtención de litio, estaban desde fines del siglo XIX casi totalmente en manos de la boratera francesa *Compagnie Intenationale des Borax*, adquirida durante la primera guerra mundial por la norteamericana *The Consolidated Borax Corp.*, uno de los monopolios más cerrados de la época (Sommi, 1956). Sin embargo, estos importantes yacimientos de borax¹¹, todos ellos pertenecientes al Territorio Nacional de Los Andes hasta su desintegración en manos de Catamarca, Salta y Jujuy en 1943 (Decreto N° 9375), eran destinados cada vez más hacia el protegido mercado interno.

Orientado a abastecer la creciente industria local, el sector minero nacional emergió con una fuerte regulación estatal después de la segunda guerra mundial (Sommi, 1956), fundamentalmente en las

manda, o de cualquier otra manera enajenar el derecho que en ellas les pertenezca en los mismos términos que lo poseen, y en personas que puedan adquirirlo” (art. 2°). (Citado en Valls, 2006: 28).

¹⁰ Según la Estadística Minera, entre 1936 a 1960 se produjeron alrededor de 1.200 t de minerales de litio. En igual período las exportaciones registradas alcanzaron 518 t (Angelleli y Rinaldi, 1962: 5).

¹¹ El bórax (tetraborato de sodio) posee un “enorme valor industrial [...] en la producción de esmaltes de porcelana [...], como fundente en las soldaduras de metales, en el refinado de metales preciosos [...], en la manufactura de vidrios resistentes a altas temperaturas, [...] en la agricultura y la medicina” (Sommi, 1956: 76). Por entonces, los yacimientos argentinos estaban entre los principales del mundo, y asumían una nueva importancia estratégica por las aplicaciones del boro en la obtención de “combustibles de extraordinario impulso, [para] máquinas a retropropulsión, sputnik y cohetes balísticos” (Catalano, 1964:40).

tareas de prospección y exploración minera dirigidas desde los años cuarenta por la Dirección de Minas y Geología, la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) creada en 1950. Si bien el Código Minero original aún prohibía al Estado “explotar ni disponer de las minas” (art. 9), el sistema fue reformado parcialmente por legislaciones especiales que lo fueron dotando de características propias de los sistemas *dominales*. Entre esas normas excepcionales, la Ley N° 12.709 de 1941 impulsada por el coronel Manuel Savio, creó la Dirección General de Fabricaciones Militares y la facultó para realizar exploraciones y explotaciones mineras “para la fabricación de materiales de guerra” (art. 3°). Bajo esta empresa estatal, controlada por oficiales del Ejército y orientada hacia objetivos de defensa militar, se construyó la industria minero-siderúrgica nacional, especialmente a través de las empresas Altos Hornos Zapla en 1943 y la Sociedad Mixta Siderurgia Argentina SOMISA fundada en 1948 (Rougier, 2013).

Durante los gobiernos del Gral. Perón (1945-1955) el modelo de *desarrollo nacional* buscó consolidar en la Constitución de 1949 un régimen minero de tipo *dominal*, que depositara en el Estado nacional la propiedad *inalienable* de los “minerales, las caídas de agua, los yacimientos de petróleo, de carbón y de gas y las demás fuentes de energía” (art. 40), incluida toda la cuenca salífera que desde 1943 había pasado a manos de las provincias de Catamarca, Jujuy y Salta¹². Proponiendo en 1951 un nuevo Código de Minería en base a los nuevos principios constitucionales, el gobierno se proponía “revestir al dominio de la Nación de caracteres inherentes al *dominio público*, con el fin de crear una propiedad especialmente protegida que evite la posibilidad de que esta importante fuente de la riqueza nacional sea entregada, vendida o usurpada por intereses extraños a los de su propio fin, que es convertirse en medio para lograr la prosperidad y la felicidad de los

¹² “En 1947, el gobierno de Salta, con el propósito de movilizar los yacimientos de bórax, dio un decreto por el cual declaraba reservas fiscales a todas las minas de bórax de la provincia que no se explotasen. Resolvió someter a un estudio el acaparamiento de muchas pertenencias por pocas personas y entidades, a los efectos de proceder luego en defensa del progreso provincial. Esta medida antiimperialista no alcanzó a traducirse en hechos. Pero, tiempo después, la propiedad de las minas, por la reforma constitucional, ha pasado a ser propiedad de la Nación.” (Sommi, 1956: 85).

argentinos” (Perón, Mensaje al Congreso Nacional, 1951). Para ello el nuevo Código habilitaba al Estado a reservar, explorar y explotar las sustancias minerales que fueran de especial interés “para la economía y la defensa” (Título III)¹³.

Con el golpe de estado de 1955, los sectores dominantes (el capital extranjero, la *oligarquía diversificada* y la burguesía industrial local) rompieron la alianza política con los asalariados urbanos, iniciando una segunda fase de la ISI orientada a la producción de bienes duraderos e intermedios destinados a los estratos de consumo medios y altos. En el nuevo contexto, tanto la Constitución como el proyecto de código minero del peronismo fueron anulados y reemplazados por sus versiones liberales tradicionales. En los hechos, no obstante, el Estado seguiría cumpliendo su función de regulador y promotor industrial en el marco de una ISI que hasta mediados de los años setenta tuvo a la industria transnacional (automotriz, química-petroquímica y siderúrgica) como el sector más dinámico de la economía nacional (Basualdo, 2010: 57). Siguiendo los objetivos de *seguridad y desarrollo* impulsados por EEUU en la Guerra Fría (reedición del tradicional *orden y progreso*) el sector público continuó consolidando la minería estatal¹⁴.

De esta forma, en el marco de las políticas estatales de la ISI, se impulsaron entre 1942 y 1960 una serie de trabajos de cateo y prospección inicial sobre los depósitos minerales conocidos en todo el país (entre ellos, los litíferos de Córdoba, San Luis y Catamarca), dando lugar a un nuevo plan de prospección y exploración integral dirigido por el grupo de Trabajo, Minas y Geología de la DGFM. A partir de la aplicación de modernas técnicas de recolección y análisis¹⁵ se consideraron, entre los grupos más característicos, los depósitos evaporíticos de los salares de

¹³ “El hecho de que los minerales sean inalienables, no excluye la posibilidad de su concesión a particulares para que éstos los exploten por medio de permisos, actos que no significan el traspaso de la propiedad y que en todo momento serán controlados y fiscalizados por el Estado” (Perón, 1951: 11).

¹⁴ En 1956 se adjudicó a la CNEA la explotación y administración de los yacimientos nucleares nacionales y provinciales (Decreto-Ley 22.477) y en 1958 se crearon las empresas estatales Yacimientos Carboníferos Fiscales (Decreto N° 3682) y Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio (YMAD) del gobierno de Catamarca, la Universidad Nacional de Tucumán y el Estado Nacional (Ley 14.771).

¹⁵ Fotografía aérea, fotogeología, geoquímica, geofísica, perforaciones y métodos estructurales, petrológicos y sedimentológicos de vanguardia (Méndez, 2010: 25).

la Puna (litio, potasio, boratos), tomando como referencia su potencial consumo productivo interno (Méndez, 2010: 26).

Para la década del sesenta la emergencia de nuevos usos potenciales del litio renovó el interés por su obtención en el marco de las políticas de desarrollo y seguridad vigentes. Entre 1961 y 1962 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) llevó a cabo nuevas exploraciones de yacimientos litíferos en San Luis y Córdoba, atraídas no sólo por “la creciente demanda de litio para satisfacer los requerimientos de las distintas industrias que lo consumen”, sino sobre todo por “la importancia que el mismo ha de alcanzar como materia prima para la obtención de tritio, en el campo de la energía atómica con fines pacíficos” (Angelelli y Rinaldi, 1963: 4). En 1964, por su parte, el químico y geólogo Luciano Catalano –entonces subsecretario de minería del gobierno de Illia- publicó dos trabajos pioneros que resumían décadas de investigaciones sobre los salares de la Puna: “El litio: una nueva fuente de energía natural” y su “Estudio geológico-económico del salar Hombre Muerto”¹⁶. En el primero, parte de un trabajo más amplio sobre los principales recursos evaporíticos de la Puna, otorgaba a los yacimientos de litio el carácter de *estratégicos*, sobre la base de su nuevo *valor de uso* dado por los avances tecnológicos en el campo de la energía nuclear:

“Siendo el litio uno de los más livianos metales, y a su vez, uno de los frenadores más eficientes en los procesos del gobierno y conducción de los reactores nucleares, adquiere, este elemento químico, una extraordinaria importancia en los nuevos procesos de obtención de energía, esa es la razón y obligación de los organismos técnicos funcionales del Estado, especialmente los organismos de las fuerzas armadas de la Nación, en defender esas nuevas fuentes naturales existentes en el subsuelo patrio, evitando de que sean extraídas y exportadas a países extranjeros que las adquieren para sus futuras aplicaciones. El litio ha adquirido el carácter de *elemento crítico* de alta importancia en la defensa nacional. [...] Ello impone restablecer, con urgencia la *reserva fiscal* de todas nuestras reservas nacionales” (Catalano, 1964: 17-19, el resaltado es nuestro).

¹⁶ Fiel exponente del *desarrollo nacional*, Luciano Catalano prospectó la provincia de Jujuy a pedido del Gral. Savio para emplazar el primero de los Altos Hornos Zapla en Palpalá, se desempeñó como asesor geólogo de Fabricaciones Militares y entre los años 1930 y 1942 descubrió los primeros yacimientos de uranio del país.

Desde la segunda guerra mundial, el estado clasificaba los distintos tipos de minerales, denominando “estratégicos” a los que no existían localmente y “críticos” a los que estaban disponibles pero que aún debían desarrollarse (Rougier, 2013). Si bien la reserva fiscal sobre los yacimientos disponibles de litio en salmueras nunca fue declarada, entre 1969 y 1974 la DGFm llevó a cabo el Plan Salares para la exploración de las principales cuencas salinas de la Puna de Jujuy, Salta y Catamarca en el marco del Plan NOA I Geológico Minero. En función de los resultados obtenidos se seleccionó al Salar del Hombre Muerto de Catamarca como el más relevante y en 1975 se diseñó un programa de exploración a escala de semidetalle, se registraron las manifestaciones descubiertas a nombre de la DGFm y se comenzaron las tareas de relevamiento y laboreos mineros.

Para entonces, el conflicto fundamental entre el capital y el trabajo había cobrado dimensiones extraordinarias por el desplazamiento de una parte de la demanda interna asalariada en relación al consumo de los bienes durables, en el contexto de una intensa *politicidad obrera* dada en el núcleo mismo de la producción a través de los cuerpos de delegados y las comisiones internas. Luego de los frustrados intentos del tercer gobierno peronista por subordinar esta *anomalía* a la lógica corporativa del Estado (Gilly, 1990)¹⁷, la *reacción oligárquica* decidió suprimirla definitivamente impulsando a través del terrorismo de Estado un nuevo patrón de acumulación de capital, centrado ya no en la industria y el mercado interno, sino en la *valorización financiera* (Basualdo, 2010).

1976-1982: Nuevo mineral concesionable (Acumulación por desposesión I)

En el nuevo contexto de violenta reorganización de la estructura productiva nacional que supuso la última dictadura militar (1976-1983), el modelo de concesión para la exportación de *commodities* dio sus primeros pasos sobre los recursos mineros en general y sobre el litio en particular. En el marco de la Ley de Inversiones Extranjeras

¹⁷ “El productor y el ciudadano, figuras cuidadosamente separadas en el orden jurídico fundante de la sociedad capitalista, se funden en una sola. Una anomalía se ha introducido en ese orden” (Gilly, 1990: 200-201).

de 1976 (Ley 21.382) y de la Reforma Financiera de 1977, el gobierno militar promulgó en 1979 una nueva Ley de Promoción Minera (Ley 22.095)¹⁸. Si bien la nueva norma modificaba la tradicional política minera estatal buscando la captación de capitales extranjeros (vía altas exenciones impositivas en igualdad de condiciones), se vio limitada por la persistencia de factores que contradecían el nuevo régimen. Las grandes áreas de reservas fiscales, los heterogéneos marcos regulatorios, procedimentales y fiscales provinciales y la no disponibilidad de la información sobre reservas producida por diversas instituciones públicas independientemente de la Secretaría de Minería, dificultaban el efectivo acceso a los yacimientos por parte de las empresas privadas.

En lo que al litio respecta, la imposición del nuevo régimen concesional no estuvo exenta de las contradicciones propias de la junta militar. La *división tácita* institucional y territorial que regía las relaciones inter-fuerzas, otorgaba a la Armada los minerales nucleares, al Ejército los minerales metalíferos ferrosos y no ferrosos y a la Fuerza Aérea los metales livianos. A fines de 1976, mientras se evaluaban los resultados del salar del Hombre Muerto, la Comisión Permanente de Planeamiento de Desarrollo de los Metales Livianos de la Fuerza Aérea comenzó a exigir derechos sobre la dirección del proyecto¹⁹.

Por último, mientras el derrumbe general de la producción industrial de 1978 (dado por Reforma Financiera del año anterior) liquidaba los modestos volúmenes de minerales de litio producidos para el mercado interno²⁰, la modificación del Código de Minería de 1980 logró imponer dos condiciones jurídicas esenciales para la futura privatización del sector minero en general y de los nuevos ya-

¹⁸ La norma a su vez derogó la Ley 20.551 de 1973, último intento por desarrollar una actividad minera nacional en función de la ISI. En 1978, por otra parte, se habilitó a YMAD a ceder sus derechos mineros y asociarse con capitales privados, nacionales o extranjeros. La modificatoria fue impulsada por el entonces ministro de economía José A. Martínez de Hoz (Colectivo Voces de Alerta, 2011: 191).

¹⁹ Luego de “cruentas reuniones de negociación” se firmó un convenio de complementación técnica, logística y económica con el Departamento de Geología Económica de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, permitiendo profundizar aún más las tareas de evaluación sobre el salar (Méndez, 2004: 13)

²⁰ “Después de 1978 la producción argentina [de minerales de litio] cayó fuertemente, alcanzando sólo las 25 toneladas en 1984 y permaneciendo baja” (Duhalde, 2000: 11).

cimientos de litio en particular. En primer lugar, la denominada “Ley de Minería a Gran Escala” (N° 22.259), trasladó una buena parte de las reservas fiscales federales a los gobiernos provinciales. En segundo lugar, incorporó por primera vez entre las sustancias concesionables de primera categoría, al litio, el molibdeno, el potasio, el azufre y los boratos, asumiendo así el potencial valor económico de los recursos evaporíticos descubiertos en los salares de la Puna²¹.

Para 1982, en medio de la crisis terminal del régimen militar, la DGFM intentó avanzar en un estudio de prefactibilidad para la explotación del salar del Hombre Muerto, pero el proyecto fue rechazado por “falta de recursos económicos” (Méndez, 2004: 13). En consecuencia surgió por primera vez la propuesta y preparación de un llamado a licitación con opción a explotación. Para entonces, dos empresas transnacionales estaban interesadas por acceder al salar del Hombre Muerto:

1) COMINCO de Canadá: la mayor productora de fertilizantes potásicos del mundo, propuso al gobierno militar la firma directa de un convenio de exclusividad;

2) LITHCO, Lithium Corporation of America de Estados Unidos (actual FMC Corp.): principal abastecedora mundial de compuestos de litio con experiencia en explotación de salmueras (Searle Lake), presionada por denuncias ambientales, había decidido reorientar su estrategia hacia las reservas de América del Sur²².

Sin embargo, tras la derrota en Malvinas y las denuncias por las masivas violaciones a los derechos humanos, la junta militar se vio obligada a dejar el poder con escaso margen para imponer condiciones a la naciente democracia. El proceso de licitación fue suspendido y el proyecto de extracción de litio sobre el Salar del Hombre muerto debió esperar algunos años más.

²¹ Hasta ese momento, el litio en salmueras correspondía indirectamente a la segunda categoría del Código Minero, “minas que, por las condiciones de su yacimiento, se destinan al aprovechamiento común” (art. 2°), y que incluyen tanto los “salitres y salinas”, como todos los “metales no comprendidos en la primera categoría” (art. 4°).

²² La Lithco afrontaba juicios en EEUU por contaminación ambiental en el yacimiento pegmatítico de Bessemer City. Eso la habría llevado hacia “nuevos depósitos de litio de alta ley en otras regiones del mundo” (Méndez, 2004: 14), principalmente interesada en los yacimientos de Bolivia, Chile y Argentina.

1983-1992: Relocalización minera (Acumulación por desposesión II)

Con el retorno de la democracia en diciembre de 1983, se dieron algunos pasos hacia la creación de un nuevo sector minero predominantemente transnacional y orientado a la exportación de concentrados de minerales metalíferos. En 1985 se organizó en Buenos Aires la asamblea constitutiva del Organismo Latinoamericano de Minería (OLAMI) auspiciada por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) de las Naciones Unidas. Con la participación activa de “todas las empresas, organismos, asociaciones y entidades ligadas a la actividad geológica y minero-metalúrgica, públicos y privados”²³, la OLAMI organiza las Unidades Nacionales de Coordinación que impulsan en cada país de la región, todo tipo de foros, talleres, congresos, encuentros e investigaciones al servicio de las corporaciones mineras, por entonces en plena estrategia de relocalización geográfica (Bridge, 2004).

En lo referente al proyecto de explotación de litio en el Salar del Hombre Muerto de Catamarca, el gobierno de Raúl Alfonsín (UCR) ocupó con funcionarios civiles todos los puestos claves de la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), pero la búsqueda de fondos para avanzar en los estudios de prefactibilidad fue nuevamente rechazada por la Secretaría de Minería, abriendo definitivamente la puerta a la privatización del yacimiento²⁴. Dicho proceso, no obstante, revelaría en su sinuosidad una de las condiciones fundamentales para la emergencia del nuevo modelo de gestión de los recursos naturales: la provincialización.

Cuando en 1985 la DGFM realizó el llamado a licitación para la explotación del salar del Hombre Muerto —al que sólo se presentaron COMINCO y LITHCO— los escribanos de la provincia de Catamarca declararon nulo el acto, dando lugar a un largo juicio entre 1986 y marzo de 1987. Cuando el litigio llegó a la Corte Suprema de la Nación, el gobernador Vicente Saadi ofreció un acuerdo para resolver el conflicto: participar a la provincia en un contrato directo con la ex LITHCO, que había sido adquirida por la norteamericana Food Machinery &

²³ www.olami.org.ar

²⁴ Según Vicente Méndez de la DGFM quedó de manifiesto que la “única posibilidad viable para movilizar el proyecto [era] producir un llamado a licitación pública nacional e internacional” (Méndez, 2004: 15).

Chemical Corporation (FMC Corp.), líder mundial en fertilizantes, radicada en la Argentina desde 1958²⁵. De tal forma, el 22 de marzo de 1988 la Comisión Evaluadora de la DGFM adjudicó la licitación a la FMC Corp. y dispuso la firma del acuerdo con la provincia de Catamarca para el 11 de julio. Sin embargo, el domingo anterior a la cita, el gobernador Vicente Saadi falleció, dejando nuevamente en suspenso la concreción del contrato.

Paralelamente, a los pocos días la FMC Corp. creyó haber alcanzado su objetivo principal sobre América del Sur: acceder al Salar de Uyuni de Bolivia, la mayor reserva mundial de litio. El 28 de julio de 1988, el gobierno boliviano de Paz Estenssoro (del tradicional Movimiento Nacionalista Revolucionario), le ofrecía a la empresa norteamericana una invitación directa para la exploración y explotación de toda el área de reserva fiscal por 40 años. Y si bien en septiembre de ese mismo año, la nueva Constitución de la provincia de Catamarca se adjudicaba “el poder decisorio pleno sobre el aprovechamiento de sus recursos naturales” (art. 1), las crecientes presiones en Estados Unidos por mayores tributos y multas ambientales sobre el proyecto de Bessemer City, impulsaron a la FMC Corp. a concentrarse exclusivamente en su estrategia principal.

Las condiciones sociales para llevar a cabo en la Argentina todas las reformas que el nuevo sector minero transnacional demandaba, no estarían verdaderamente dadas hasta la crisis de deuda externa e hiperinflación que acabó con el primer gobierno democrático. Esta situación generada por las contradicciones de la *valorización financiera*, permitió a los sectores dominantes imponer una salida a la medida de sus intereses en tanto bloque y explicarla como solución única al colapso estatal que —según ellos— habrían generado las políticas de industrialización. Paradójicamente, sería el mismo Partido Justicialista —creado por Perón cuarenta años atrás para llevar a cabo las políticas de *desarrollo nacional y bienestar social*— el encargado de impulsar en la nueva etapa y de manera paradigmática todas las reformas neoliberales: 1) de apertura comercial y desregulación económica como única

²⁵ Además de importar insecticidas, la subsidiaria FMC Argentina producía maquinaria para el sector agrícola, alimenticio y petrolero en la provincia de Córdoba desde 1962 (*Panorama Minero*, 1994; ver también www.fmcargentina.com.ar/quienes-somos/nuestra-historia).

salida a la hiperinflación; 2) de privatización y concesión de todos los activos públicos (empresas productivas y de servicios, recursos naturales renovables y no renovables) para obtener el financiamiento que imponía la elevada deuda externa. En lo que respecta al sector minero nacional, no obstante, por las reformas macroeconómicas generales y por ciertos cambios sectoriales incipientes, puede caracterizarse al período 1988-1992 como la premisa histórica de la futura política minera que impulsaría el gobierno nacional y las provincias mineras a partir de 1993.

Las primeras medidas económicas del gobierno de Carlos Menem —desregulación económica y privatización de las empresas públicas— confluyeron en 1991 con el Plan de Convertibilidad del ministro Cavallo²⁶. En ese contexto, se dispuso la privatización de todas las entidades públicas vinculadas al Ministerio de Defensa (Ley 24.045 de 1991) entre las que se encontraban las principales empresas del tradicional sector minero-siderúrgico estatal (HIPASAM, el Centro de Exploración Geológico Minero, SOMISA), así como la transferencia de todos los derechos mineros pertenecientes a la empresa Altos Hornos Zapla (Decreto 2332/91). El plan de desinversión de los activos mineros nacionales acordado con el Banco Mundial se completaría en mayo de 1993 con la privatización de Yacimientos Carboníferos Fiscales (Decreto 988) y el remate de todos los derechos mineros, documentos, laboratorios y equipos de exploración de Fabricaciones Militares²⁷. De esta forma, la liquidación de estos activos públicos significó el remate definitivo del tradicional sector minero estatal, que desde los años cuarenta se destinaba a la provisión de los insumos demandados por

²⁶ La Ley N° 23.696 de Reforma del Estado dispuso la intervención y privatización de las empresas estatales. La Ley N° 23.697 de Emergencia Económica, eliminaba subsidios, reintegros impositivos y transferencias del sector público, y suspendía entre otros el régimen de promoción minera vigente desde 1979. Con la Convertibilidad fija del dólar (1=1), por otra parte, se logró establecer los precios internos dando lugar “a una etapa de expansión sobre la base de un acelerado endeudamiento externo y una notable homogeneización” del bloque social dominante, compuesto por la *oligarquía diversificada* y los acreedores externos representados por el FMI y el Banco Mundial (Basualdo, 2010: 292).

²⁷ “El plan de desinversión de los activos mineros federales está ahora virtualmente completado” (World Bank, 1993: 21, original en inglés).

las políticas de *desarrollo industrial y seguridad nacional* hasta mediados de los años setenta²⁸.

En el mismo período, por otra parte, una serie de acontecimientos impulsados por las nuevas estrategias de las grandes mineras transnacionales definieron los cambios sectoriales que posteriormente se expresarían en profundas reformas legales e institucionales. En medio de los rebrotes inflacionarios de fines de 1989, el Banco Mundial comenzó su primer análisis sobre el desempeño del sector minero argentino, con el objetivo de asesorar al gobierno en el diseño futuro de una política sectorial acorde a la necesidad de las nuevas inversiones transnacionales. Nuevas inversiones que, paralelamente, comenzaban a planificar (en algunos casos precedidas por empresarios locales y regionales) los proyectos productivos que al finalizar la década liderarían la llamada nueva mega minería metalífera argentina.

1) *Minera Aguilar (Jujuy)*: El mayor proyecto metalífero del país (zinc, plata y plomo) operado desde 1936 por la norteamericana St. Joseph Lead, fue adquirido en 1988 por COMSUR, propiedad del empresario boliviano Sánchez de Lozada, entonces ministro de economía de Bolivia y futuro presidente (MNR).

2) *Cerro Vanguardia (Santa Cruz)*: Adquirido en 1990 por la empresa Minera Mincorp SA, propiedad de la sudafricana Anglo American, contó con la participación minoritaria del grupo económico local Pérez Companc SA (46,25%).

3) *Bajo de la Alumbreira (Catamarca)*: Propiedad de la empresa estatal YMAD, en 1992 firmó un acuerdo con la canadiense Musto Explorations para la implementación conjunta del proyecto de oro y cobre²⁹.

²⁸ El desmantelamiento final de las políticas de *seguridad nacional* casi 15 años después del fin de la ISI coincide con la caída del Muro de Berlín que dio fin a la Guerra Fría en 1989. El ejemplo emblemático del sector minero lo constituye la empresa Hierro Patagónica Sierra Grande (HIPASAM). Fundada en 1969 por la DGFm, comenzó la producción de mineral de hierro en 1978 destinado íntegramente a la Sociedad Mixta Siderúrgica Argentina (SOMISA) que, privatizada en 1991 a manos Techint, provocó su cierre en 1992 y el traspaso del yacimiento a la provincia de Río Negro en 1993. Ver el proceso de privatizaciones argentino en Azpiazu y Schorr (2001).

²⁹ En 1974 la DGFm comenzó la exploración sobre el depósito Bajo la Alumbreira. En 1994 se forma la UTE Minera Alumbreira entre YMAD (20%) y Musto (80%) y en 1997 comienza la explotación del proyecto minero más importante del

4) *Salar del Hombre Muerto (Catamarca)*: el yacimiento de litio explorado por la DGFM, fue finalmente adjudicado en 1988 a la norteamericana FMC Corp., que en diciembre de 1990 formó en Buenos Aires la subsidiaria FMC Argentina SACIF³⁰ y el 21 de febrero de 1991 firmó un acuerdo con la DGFM y el gobierno de Catamarca para la exploración, cuantificación de reservas y eventual explotación del Salar del Hombre Muerto, reconociéndoles a cada entidad pública el 2,5% de la flamante Minera del Altiplano SA y un miembro en el directorio (Ley provincial 4.589 y Decreto Nacional 1.656).

Una causa “extraeconómica”, sin embargo, habría acelerado repentinamente la confirmación de los dos proyectos radicados en Catamarca. Según Vicente Méndez, jefe del Departamento de Geología y Minería de la DGFM entre 1978 y 1992, el famoso crimen de María Soledad ocurrido en septiembre de 1990, habría sido “el factor de desenlace de la expeditiva resolución de las autoridades provinciales, que apostaron a la hipótesis de que la aprobación de dos relevantes contratos como los que concretarían la exploración de litio en el Salar del Hombre Muerto y la explotación del cobre y oro del depósito Bajo La Alumbreira, descargarían las tensiones y llevarían el olvido a las multitudes que diariamente pugnaban con sus marchas contra la estabilidad del gobierno de Saadi pidiendo justicia. Sin duda que esta coyuntura marcó la fecha más relevante del desarrollo minero en la historia de los argentinos” (Méndez, 2004: 17).

En cuanto al proyecto del litio sobre el Salar del Hombre Muerto, no obstante, aún debía resolver una serie de conflictos locales antes de comenzar la fase de construcción. El 14 de marzo de 1991, la provincia de Salta inició una demanda a la DGFM reivindicando derechos jurisdiccionales y exigiendo su “participación en el contrato, sin que ello implique conflicto alguno con las empresas inversoras” (Méndez, 2004: 18). El conflicto sería finalmente resuelto por la empresa instalando una planta industrial en Gral. Güemes, provincia de Salta, donde en un primer momento anunciaron la producción de litio metálico, pro-

país. Entre 1998 y 2007 se modifica la composición del 80% privado de la UTE, finalmente en manos de la suiza Xstrata Plc. (%50) y las canadienses Goldcorp (37,5%) y Yamana Gold (12,5%).

³⁰ Sociedad Anónima Comercial Industrial y Financiera.

yecto que luego abandonaron optando por la más sencilla producción de cloruro de litio (LiCl)³¹.

El desarrollo de los nuevos proyectos que en la segunda mitad de los años noventa modificarían todos los indicadores del sector minero nacional, no fue entonces el resultado mecánico de un marco legal favorable para la atracción de capitales extranjeros (como insiste la prensa sectorial, oficial y empresarial) sino su causa. Inversión posible, por otra parte, no sólo por el escaso peso relativo del sector en la economía, sino sobre todo por la previa eliminación de gran parte de las organizaciones sociales, políticas y sindicales en todo el territorio nacional durante la última dictadura militar³². De esta forma, las corporaciones mineras lograron impulsar las reformas sin atravesar ningún tipo de debate ni conflicto social a nivel nacional. A diferencia de los demás países de la región, las empresas sólo debieron reconocer como interlocutor en las negociaciones a las oligarquías de las provincias mineras, económicamente relegadas.

A principios de 1992, “cuando casi todas las reformas económicas parecían estar bien encaminadas”, el gobierno argentino y el Banco Mundial acordaron que “un estudio en profundidad sobre el sector minero era necesario” (World Bank, 1993: 16). El estudio se llevó a cabo en agosto de ese mismo año con la colaboración de los servicios geológicos de Finlandia y Suecia, y comprendió una serie de reuniones con las comisiones de minería de ambas cámaras del congreso nacional y con las autoridades de las principales provincias mineras: Catamarca, Chubut, Jujuy, Mendoza, Salta y San Juan³³.

³¹ En esa ciudad salteña la empresa tiene además un hangar en el aeropuerto Martín Miguel Güemes, para transportar al personal en su avión privado de 8 plazas hacia su propia pista de aterrizajes ubicada dentro del Salar del Hombre Muerto (3 o 4 vuelos diarios).

³² Violencia de la que las empresas mineras no fueron ajenas. Ver el caso de Miñera Aguilar de Jujuy en www.pagina12.com.ar/diario/ultimas/20-199718-2012-07-27.html.

³³ “Ellas explican alrededor del 70% de la producción minera argentina” (World Bank, 1993: 17).

1993-2001: Nueva política minera (Acumulación por desposesión III)

En abril de 1993, mientras los resultados del estudio estaban siendo “discutidos con el gobierno”, tomó lugar una segunda misión del Banco Mundial y al mes siguiente se terminó la elaboración del documento final y las consiguientes “recomendaciones”. Según el informe, el gobierno debía desarrollar “un cuidadoso diseño de política y estrategia sectorial minera” acorde a las políticas de liberalización y desregulación macroeconómica (*Ídem*: 12). Para ello, según el Banco Mundial, se debía considerar una serie de condiciones exigidas por la nueva estrategia de las corporaciones mineras:

1) *Administración provincial*: Reconocer que “las provincias son las dueñas de los recursos naturales” y por lo tanto “considerar el movimiento hacia un sistema de total autonomía provincial por el que cada provincia desarrolle su propio Código de Minería así como las regulaciones”.

2) *Información minera*: Priorizar la formación de un Servicio Geológico independiente, recuperando previamente toda la información pública existente “antes que desaparezca durante la privatización de las empresas estatales como Fabricaciones Militares”.

3) *Regulación sectorial*: Diseñar “con urgencia” la reforma del marco regulatorio minero, incluyendo lo relativo a salud, seguridad y medioambiente³⁴.

4) *Promoción nacional*: Diseñar un régimen de inversiones unificado a nivel nacional sobre la base de acuerdos entre las provincias para que supriman sus propios esquemas de promoción y establezcan una regalía única y una larga garantía de estabilidad tributaria;

5) *Relación público-privado*: Crear para el mejor desarrollo de todas las reformas “una sociedad mutuamente beneficiosa entre los gobiernos locales y federales por un lado y los inversionistas mineros privados por el otro” (*Ídem*: 12-14).

³⁴ Dicho diseño uniforme debe a su vez considerar la “diversidad institucional” en los casos que sean convenientes. Por ejemplo, “el rol especial de los Juzgados de Minas de algunas provincias en la administración de las concesiones dadas podría ser mantenido” (*Ídem*: 48).

En síntesis —remata el informe del Banco Mundial de 1993— el gobierno “tiene dos opciones esenciales para efectuar la reforma sectorial: realizar un comienzo totalmente nuevo o continuar con el programa incrementando arreglos. Es recomendable que el gobierno adopte la primer opción” (*Ídem*: 14-15).

En función de estas “recomendaciones”, se dio comienzo al diseño de la Nueva Política Minera impulsada desde 1993, que combina en un intrincado y contradictorio conjunto de normas de forma y de fondo, la implementación de beneficios especiales a nivel nacional con la administración y control de las propiedades mineras a nivel provincial:

1) *Régimen de Inversiones para la Actividad Minera (Ley 24.196 de 1993)*: Sancionado en el marco de la reglamentación de la Ley de Inversiones Extranjeras de 1976 (Decreto 1853/93), concentra la reducida carga tributaria sobre las ganancias³⁵: en relación a los impuestos que deben ser pagados *independientemente de la rentabilidad*, expande las exenciones (sobre activos netos, derechos de importación e IVA) y limita las regalías provinciales al 3%. En relación al impuesto a las ganancias, reduce la exención a los gastos en exploración y factibilidad. Por último, el nuevo régimen minero establece para cada proyecto una estabilidad fiscal de 30 años respaldado con los fondos coparticipables (art. 11), garantizando así —según la CEPAL— “el plazo más amplio otorgado por los países de la región” (Prado, 2005: 10).

2) *Acuerdo Federal Minero (Ley N° 24.228 de 1993)*: Suscrito en La Rioja por los representantes de las provincias y del estado nacional, tuvo entre sus objetivos manifiestos consensuar la aplicación de políticas uniformes en todo el territorio nacional para coordinar la captación de inversiones extranjeras, armonizar los diferentes códigos mineros provinciales, organizar y mantener el catastro minero y propiciar la eliminación de los gravámenes y tasas municipales que afecten a la minería. El 23 de junio de 1993, por otra parte, se votó la Ley de Reordenamiento Minero (N° 24.224) que dispuso la ejecución

³⁵ “Los inversores prefieren los impuestos que gravan ganancias a los impuestos que gravan la producción” (World Bank, 1993: 43). Ver cuadro comparativo con el régimen de 1979 en World Bank (1993:41).

del Programa Nacional de Cartas Geológicas³⁶ e institucionalizó el Consejo Federal de Minería. Integrado por un representante de cada una de las provincias y del estado nacional, es la institución que en los años siguientes —junto a la Secretaría de Minería de la Nación, en el marco del Acuerdo Federal Minero y con el respaldo político y financiero del Banco Mundial— impulsará las reformas necesarias para el establecimiento de la nueva política minera nacional.

3) *Constitución Nacional de 1994*: Consagró en su artículo 124 la condición fundamental para la radicación de la gran minería en la Argentina: “Corresponde a las provincias el *dominio originario*³⁷ de los recursos naturales existentes en su territorio” (resaltado propio). Junto a las anteriores leyes *de forma*, la nueva Constitución expresa y a la vez consolida una doble tendencia. De un lado, la provincialización del dominio de los recursos naturales, de la renta que originan y de los controles públicos sobre los procesos implicados en su explotación. Del otro, el establecimiento de una política centralizada a nivel nacional para coordinar con cada provincia la atracción de las inversiones extranjeras mineras, uniformando todos los procedimientos administrativos y los beneficios fiscales.

En este contexto de profundas reformas normativas e institucionales, durante la segunda mitad de 1993, la empresa FMC Corp. decidió iniciar la fase de construcción del denominado *Proyecto Fénix* sobre el salar del Hombre Muerto³⁸. En primer lugar, porque en abril de ese mismo año la DGFM, completamente liquidada en el marco de la Reforma del Estado impulsada por el gobierno de Menem, cedía su participación en el proyecto de litio al gobierno de Catamarca, que si bien de esta forma debía elevar la suya al 5%, aceptó reducirla

³⁶ “fundamento necesario para realizar el inventario de los recursos naturales no renovables [y] estimular las inversiones” (Ley N° 24.224).

³⁷ El término “dominio originario” se encuentra únicamente en el Código de Minería y proviene del derecho minero: es lo que pertenece desde el origen o descubrimiento de la cosa (Catalano, 1999).

³⁸ “El término Fénix que reemplaza la toponimia local de salar del Hombre Muerto fue asignado por los nuevos propietarios del depósito por considerar que se debía anteponer una expresión fausta [feliz o afortunada] al emprendimiento” (Méndez, 2004: 18).

al 3%, anticipándose así al futuro esquema de regalías mineras³⁹. En segundo lugar, porque el lobby minero logró sancionar en mayo la Ley de Inversiones Mineras (N° 24.196) y en julio un régimen especial de reintegro del 5% para las exportaciones de productos mineros en las provincias de Catamarca, Jujuy y Salta (Res. del Ministerio de Economía N° 762/93). Y por último, aunque no menos importante, porque luego de tres años de negociaciones políticas para acceder a las reservas sobre el Salar de Uyuni de Bolivia, la FMC Corp. decidió renunciar al contrato de explotación adjudicado, debido a las mínimas condiciones de participación y fiscalización pública que las universidades y el parlamento boliviano pretendían imponerle a la empresa norteamericana en medio de extensas e intensas protestas sociales en todo el país⁴⁰.

El acuerdo definitivo entre el gobierno de Catamarca y la empresa norteamericana se anunciaría a nivel nacional durante la firma del convenio de explotación en la Casa Rosada, el 24 de Marzo de 1994. En aquel acto público, que contó con la presencia del entonces presidente Carlos Menem, el ministro de economía Domingo Cavallo, funcionarios de las provincias de Salta y Catamarca, y el entonces embajador de Estados Unidos, James Check, el representante de la FMC Corp., Robert Burt, sintetizó el largo proceso histórico que les permitió acceder a unos de los yacimientos de litio más importantes del mundo: “Hace varios años, FMC fue adjudicataria de una licitación

³⁹ Las nuevas condiciones fueron establecidas el 28/04/1993 y luego ratificadas en un nuevo contrato firmado entre FMC, la DGFm y el gobierno de Catamarca el 9/03/1994 (Ley provincial N° 4.780/94). “En función del contrato celebrado, la empresa obtuvo servidumbre de aguas y también la respectiva concesión de uso de las mismas, por las cuales no debe abonar canon alguno” (según el actual presidente de Minera del Altiplano SA, Daniel Chávez Frías, en declaraciones a *El Esquiú*, 2012).

⁴⁰ En mayo de 1990, grandes movilizaciones y huelgas de hambre convocadas por las organizaciones cívicas y sindicales de Potosí, el gobierno de Paz Zamora decidió anular el contrato directo con la FMC Corp. y convocar a una licitación pública internacional. El nuevo contrato fue firmado en febrero de 1992, e imponía la colaboración de la universidad potosina y del Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos (CIRESU) creado en 1985. Sin embargo, a los pocos días de firmado el contrato, el parlamento incrementó el IVA del 10 al 13% y la empresa norteamericana argumentó que se violaba la estabilidad fiscal. Luego de un año de inciertas negociaciones, bajo la flamante presidencia del empresario minero Gonzalo Sánchez de Lozada (MNR), el 5 de noviembre de 1993 la FMC Corp. decidió renunciar al contrato y migrar sus proyectos de litio al Salar del Hombre Muerto de Argentina (Nacif, 2012).

pública internacional para explorar las posibilidades de desarrollo de las reservas de litio del Salar del Hombre Muerto. [...] La modificación del contrato original que suscribió FMC en Catamarca el pasado [9] de marzo, en el marco de la Ley de Inversiones Mineras, [...] fue un significativo factor en hacer que el proyecto resultara atractivo frente a otras alternativas que FMC consideraba en Chile y Bolivia. [...] No hubiéramos podido estar hoy aquí sin el excelente trabajo desplegado por los gobiernos federal y provincial” (*Panorama Minero*, 1994).

Según la propia Subsecretaría de Minería, una vez garantizado el régimen de inversiones especial a nivel nacional y los reducidos controles públicos al nivel provincial, estaban dadas las condiciones para implementar en la Argentina el *plan de reordenamiento* necesario para hacer frente a la “transformación general del sector provocada por la fuerte inversión de empresas extranjeras”. Para ello, el Banco Mundial sugirió acelerar la desregulación del sector y recomendó “en forma imperiosa” implementar el Proyecto de Asistencia Técnica para el Desarrollo del Sector Minero Argentino (PASMA) (Subsecretaría de Minería, 2004)⁴¹.

Sancionada la nueva Ley de Actualización Minera en junio de 1995, que modificó el antiguo Código de Minería ampliando la superficie máxima para las exploraciones, eliminando la histórica prohibición de colindancia y suprimiendo los artículos relativos a las sustancias minerales estratégicas (Ley N° 24.498), los gobiernos de Catamarca, La Rioja, Mendoza, San Juan, San Luis y Salta suscribieron el Acuerdo para la Implementación del proyecto PASMA a partir de mayo de 1996.

Financiado por el Banco Mundial-BIRF⁴², el proyecto PASMA se propuso “Fortalecer las Instituciones Públicas del Sector Minero Argentino de nivel Nacional y Provincial mediante su reestructuración, reingeniería, modernización e interacción telemática de las áreas que

⁴¹ Para la preparación del proyecto PASMA fueron consultados el COFEMIN y el COFEMA (Consejo Federal de Minería y de Medio Ambiente, respectivamente), instituciones privadas como CAEM (Cámara Argentina de Empresarios Mineros) y GEMERA (Grupo de Empresas Mineras Exploradoras de la República Argentina); organismos internacionales como el BID, PNUMA y UNESCO, organismos oficiales y privados de Perú, Chile y Suecia, y hasta representantes de las empresas Bajo de la Alumbrera, MIM, CRA, BHP, Pegasus, Musto, Knight, Piesold y Barrick Gold (Subsecretaría de Minería, 2004).

⁴² Crédito 3927-AR. De los U\$S 40 millones presupuestados, U\$S 30 millones los toma el Estado Nacional a préstamo del Banco Mundial – BIRF.

las componen”, con el objetivo de conformar un “Servicio Público Minero moderno, eficiente y homogéneo en todo el país” (Córdoba y Saravia Frías, 2002)⁴³. En abril de 1999 se ingresó en una segunda fase con el objetivo de “globalizar el PASMA” para reestructurar las dependencias mineras de las diecisiete provincias argentinas restantes (World Bank, 2002)⁴⁴. Los resultados — directos e indirectos— de los proyectos PASMA I y II fueron trascendentales para el país:

1) *Códigos de Minería nacional y provinciales*: A fin de garantizar jurídicamente en todo el territorio “la permanencia y estabilidad de los derechos mineros concedidos” (Subsecretaría de Minería, 2004), el proyecto diseñó un marco legal “modernizado y reordenado, homogeneizando los procedimientos mineros de nivel provincial” (Córdoba y Saravia Frías, 2002). Por un lado, el Código Unificado de Procedimientos Mineros tratado durante los años 1998 y 1999 por representantes de las provincias y la nación, fue redactado por una comisión final “previa consulta con el empresariado minero” (Jordán *et al*, 2004). Por otro lado, el nuevo texto del viejo Código de Minería de Argentina ordenado en 1997 (Decreto 456), incluyó con nueva numeración los cambios registrados en esos años: la estipulación del canon minero, la ampliación del límite de las concesiones, las nuevas *declaraciones de impacto ambiental*, las exenciones impositivas y la eliminación de la categoría jurídica de *sustancias minerales estratégicas*. El tradicional sistema de concesiones legales se expandió sobre casi todo el territorio nacional, consagrando así la llamada “propiedad minera” (hipotecable, transferible y heredable) sin que la autoridad

⁴³ Dueño de un estudio jurídico especializado en derecho minero, Carlos Saravia Frías fue el director argentino de los proyectos PASMA I y II y luego Subsecretario de Minería de la Nación entre 2001 y 2002, además de representante para el Tratado Minero con Chile entre 2000 y 2002. Entre los clientes de su estudio figuran varias corporaciones mineras (entre ellas Orocobre, dueña del principal proyecto de litio en Jujuy). Desde 2013 coordina el equipo de abogados que busca frenar en Santa Cruz un impuesto al derecho real de propiedad inmobiliaria minera.

⁴⁴ Crédito 3927-AR. De los US\$ 46.500.000, US\$ 39.500.000 fueron financiados por el BM-BIRF.

pública pueda elegir el momento, el concesionario, la escala o el modo de ejercer la explotación⁴⁵.

2) *Sistema Unificado de Catastro y Registro Minero*: Tras un relevamiento catastral en las 23 provincias y el diseño del Sistema de Gestión Catastral informatizado, se llevó a cabo la redacción de los pliegos de licitación, los contratos y los planes de trabajo para disponer la información catastral sobre imágenes satelitales. A través de acuerdos firmados con las provincias, se las comprometió a incorporar “en forma inmediata” el Reglamento Operativo Unificado de Catastro Minero, inmodificable “sin el previo consentimiento de la Nación y de las provincias signatarias” (Ley de Santa Cruz 2499/98).

3) *Servicio Geológico Minero Argentino*: En junio de 1996 se creó el SEGEMAR (Decreto 660/96) fusionando el Instituto Nacional de Tecnología Minera, el Centro Regional de Aguas Subterráneas, el Instituto Nacional de Prevención Sísmica y la Dirección Nacional del Servicio Geológico. Bajo la dependencia y supervisión de la Subsecretaría de Minería⁴⁶, el SEGEMAR provee a las empresas de la información geológica de base: mapas y cartas geológicas, metalogenéticas, geoquímicas, de recursos naturales y ambientales y relevamientos geofísicos aéreos. En 1995 se creó el Banco Nacional de Información Geológica (Ley N° 24.466) con el objetivo de coordinar y procesar la información geológica producida por las distintas dependencias públicas nacionales y provinciales, universidades y entes autárquicos. Se propuso también un Banco Único de Datos y un Sistema Unificado de Información Minera “a los efectos de obtener, procesar y difundir en tiempo real información geológico-minera, mercadotecnia y estadística minera [...] necesaria para el desarrollo del sector” (Ley de Santa Cruz 2499/98).

4) *Tratado de Integración y Complementación Minera Argentina-Chile*: Suscrito en diciembre de 1997, se propuso establecer una zona fron-

⁴⁵ “Ahora, la autoridad no decide la oportunidad de la concesión, ni busca al concesionario, ni lo califica técnica ni económicamente ni establece orden de mérito alguno entre los candidatos a concesionarios, ni puede imponerles una determinada conducta, ni la ejecución de una determinada actividad o el modo de ejercerla” (Valls, 2006). “El verdadero concepto de la *concesión legal* [...], no es una gracia de la autoridad, sino un derecho del minero” (Catalano, 2000: 55).

⁴⁶ La nueva estructura es aprobada en diciembre mediante Decreto 1.663/96.

teriza especial de libre movilidad, contratación y acceso a los recursos naturales, que reconozca los beneficios adquiridos en el país donde la empresa minera esté registrada. Aprobado por el Congreso Nacional en marzo de 2000 (Ley 25.243), dio fin a la tradicional restricción fronteriza que, durante la ISI, hasta la legislación más liberal mantenía por principios de “seguridad nacional”⁴⁷.

5) *Sistema Ambiental Minero Preventivo*: El proyecto reconoce entre sus logros la legislación ambiental minera vigente, principalmente la Ley 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera que en 1995 incorporó dicha sección al Código de Minería. De esta manera, se logró que los informes de impacto ambiental tuvieran una aplicación administrativa y procedimental especial para la minería. Para ello el proyecto impulsó la creación de la Unidad de Gestión Ambiental Minera (UGAM) dependiente de la Secretaría de Minería de la Nación, para que funcione en coordinación con Unidades de Gestión Ambiental Minera Provinciales (UGAP). Durante el período 2000-2001, por otra parte, este subcomponente del proyecto PASMA llevó a cabo el “Estudio de Impactos Sociales, Económicos, Ambientales y Culturales de la actividad minera en regiones de la República Argentina”. A partir de allí se implementarían en el país, en colaboración con distintas entidades educativas nacionales y organismos internacionales, una serie de actividades académicas destinadas a la prevención de los conflictos *socio-ambientales*⁴⁸. El éxito de las reformas mineras en Argentina —concluye el informe final del proyecto PASMA— dependerá del “continuo soporte político hacia todos los *stakeholders*” (es decir, de los afectados por las consecuencias ambientales de la mega minería), integrando “los proyectos mineros al desarrollo socio-económico de las comunidades” (World Bank, 2002: 34).

⁴⁷ El mapa metalogenético de la frontera argentino-chilena fue desarrollado en 1988 por la Dirección Nacional del Servicio Geológico junto al Servicio Nacional de geología y Minería de Chile.

⁴⁸ Ver la estrecha relación de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) con el Organismo Latinoamericano de Minería y la red de “Prevención, Gestión y Manejo de Conflictos para el Desarrollo Industrial Sostenible de la Minería en Iberoamérica” (GECOMIN), en Antonelli (2008).

Tras las reformas impulsadas por el gobierno nacional y las provincias, dirigidas y financiadas por el Banco Mundial en representación de las principales empresas mineras transnacionales, los proyectos de oro, cobre y litio a gran escala ingresaron a la fase productiva, modificando todos los indicadores económicos sectoriales. Sólo la puesta en marcha del proyecto oro-cobre Bajo de la Alumbrera en 1997 (Cataramarca) duplicó la producción y las exportaciones mineras tradicionales, desplazando del primer lugar al histórico rubro *rocas de aplicación* y volviendo por primera vez superavitaria la balanza comercial sectorial (Moori Koenig y Bianco, 2003: 16)⁴⁹.

En cuanto al caso específico del litio, con una inversión de U\$S 150 millones, la empresa Minera del Altiplano SA (de FMC Corp.) inauguró en abril de 1998 el Proyecto Fénix sobre el Salar del Hombre Muerto, para la producción de carbonato y cloruro de litio. Con una capacidad productiva de 11.000 y 5.500 t en cada planta (30% de la demanda mundial de 1997) exporta el total de su producción en el Belgrano Cargas hasta Socompa y luego por la empresa chilena Ferronor SA hasta el puerto internacional de Antofagasta de Chile, sin control de aduanas ni de trasbordo. Ese mismo año, la FMC Corp. había cerrado su mina de litio de EEUU, pasando a abastecer sus plantas de químicos de litio y litio metálico con la materia prima de Argentina (Duhalde, 1999).

La nueva relación entre el Estado y el capital transnacional respecto de los bienes naturales comunes, se expresaría nítidamente en el estudio de Pre-Factibilidad de una Planta Productora de Litio Metálico para Minera del Altiplano SA, encargado y financiado en 1999 por la Subsecretaría de Minería de la Nación. Realizado en el marco de una serie de estudios sobre la posibilidad de avanzar en la cadena productiva minero-metalúrgica (cobre, oro, hierro), analizó las condiciones de instalación de una planta de 250 t/año de litio metálico a un costo de U\$S 20 millones. Y al igual que el resto de los estudios concluyó: “Debido al bajo costo de los insumos necesarios [...] y al alto precio del litio metálico, la Tasa Interna de Retorno de una planta productora de litio metálico ubicada en la Argentina [...] resulta ser del 25%. [...]

⁴⁹ Entre 1994 y 2000, las inversiones mineras pasaron de U\$S 70 millones a U\$S 370 millones, mientras que las exportaciones pasaron de U\$S 60 millones a U\$S 700 millones (World Bank, 2002: 6).

Sin embargo, su instalación depende exclusivamente de la empresa. Es improbable que decida hacerlo, debido a que tiene todas sus operaciones industriales centralizadas en EEUU” (Duhalde, 1999: 15).

El Banco Mundial, involucrado directamente en diversos proyectos mineros de la región a través de la Corporación Financiera Internacional (en inglés IFC) y de la Agencia de Garantía de la Inversión Multilateral (en inglés MIGA), fue el organismo internacional encargado de impulsar el conjunto de “evaluaciones sectoriales” y “recomendaciones políticas” tendientes a alcanzar lo que consideraba “Una estrategia minera para América Latina y el Caribe”⁵⁰. De esta forma, la nueva *estrategia* del gran capital minero *sobre* los países de América Latina, se proponía establecer las condiciones de apropiación y explotación de los yacimientos metalíferos, *realizando* en el plano normativo e institucional la violenta *desposesión* sobre los bienes comunes impulsada en la región desde mediados de los años setenta (Munarriz, 2008; Seoane *et al*, 2013). En el reporte final de 2002, el Banco Mundial caracterizó al proyecto PASMA aplicado sobre la Argentina “como uno de los más exitosos proyectos de reforma del sector minero que el Banco haya financiado” (World Bank, 2002: 5). El *éxito* del nuevo esquema legal e institucional del sector no se basó, por lo tanto, en los crecientes volúmenes de inversión extranjera minera (causa de las reformas más que resultado), sino principalmente en la *efectiva transformación de los recursos públicos en propiedades mineras concesionables* y las consiguientes tasas internas de retorno que —según la CEPAL— se encuentran desde 1999 entre las más altas del mundo (Prado, 2005: 41).

Desde el punto de vista del gran capital minero transnacional, puede considerarse a la política económica inaugurada por la última dictadura militar y consolidada durante la década de 1990, como una larga etapa de acumulación por desposesión basada en la provincialización y privatización de los yacimientos mineros y el diseño de un esquema normativo e institucional de concesiones legales a la medida de sus necesidades, capaz de proveer la información geológica y garan-

⁵⁰ Las llamadas reformas mineras de los años noventa se implementaron sobre un conjunto de países denominado *reforming countries*: Argentina, Bolivia, Ecuador, México y Perú. Los alcances de esta estrategia fueron evaluados en World Bank (1996) (original en inglés).

tizar la libre posesión a lo largo del tiempo. Tras la crisis del régimen de convertibilidad a comienzos del nuevo siglo XXI, esta larga etapa de reformas daría origen a un nuevo ciclo económico primario exportador.

3. El litio y las políticas del nuevo desarrollismo sostenible

2002-2012: Devaluación y simple commodity minero

La etapa de *acumulación por desposesión* —que en términos generales supuso el modelo de *valorización financiera* durante la década del noventa— llevó a principios del siglo XXI a la mayor crisis económica de la historia nacional. Fue sin embargo la fracción productiva/exportadora de los sectores dominantes (capital industrial y agropecuario, local y transnacional) la que logró imponer su salida *devaluacionista*⁵¹, presentándola ante la sociedad como la *recuperación de la producción nacional bajo los nuevos desafíos de la globalización*. La necesidad de conciliar los intereses particulares del nuevo bloque social dominante y de *armonizarlos* con las crecientes demandas de los sectores sociales subalternos, encontró su expresión política en el tradicional partido peronista, que debió para ello (y no sin conflictos) relegitimar la *autonomía relativa* de la política respecto de los intereses de los grupos económicos concentrados⁵².

La devaluación del peso en 2002, por su parte, hizo posible el surgimiento de un nuevo esquema económico productivo, en el marco de un largo ciclo de elevados precios internacionales de las materias primas exportadas. De esta forma, las nuevas condiciones macroeconómicas influyeron favorablemente sobre la naciente rama del gran capital productivo transnacional, basada en la explotación y exportación a gran escala de recursos minerales metalíferos. En términos genera-

⁵¹ Frente a la opción *dolarizadora* de la fracción financiera y de servicios (Schorr y Wainer, 2005).

⁵² Si bien “la resistencia de los sectores populares durante 2001 —que culmina con las movilizaciones del 19 y 20 de diciembre— fue decisiva para el derrumbe de la convertibilidad, careció del suficiente grado de organización, cohesión y autonomía para delinear e imponer una alternativa distinta a la planteada en la pugna entre devaluacionistas y dolarizadores.” (Arceo, 2004: 11).

les, la gran minería fue beneficiada por la reducción de los costos de producción que supuso la devaluación del peso para el conjunto del capital productivo exportador, y aún más si se toma en cuenta que no fue afectada por el tradicional esquema de retenciones a las exportaciones restituido por el gobierno interino del senador Duhalde (PJ) para resolver la profunda crisis fiscal en que se encontraba el estado⁵³. De esta forma, la única modificación que sufrió el régimen de inversiones mineras en el marco de la “Emergencia Pública” declarada en 2002 (Nº 25.561), fue la reducción del reintegro a las exportaciones mineras de la Puna argentina sancionada en 1993, que ahora pasó del 5 al 2,5 %, exceptuando a aquellas empresas que decidieran voluntariamente ingresar las divisas generadas en el sistema financiero nacional (Res. 56/02, Ministerio de Economía).

Con la asunción de la presidencia en 2003, Néstor Kirchner (FPV) elevó la política minera al rango de Secretaría e impulsó el denominado “Plan Minero Nacional 2004-2006”, ratificando el marco legal e institucional diseñado en la década pasada. Sin embargo, para el ex gobernador de Santa Cruz (una de las principales provincias mineras del país), la nueva etapa de consolidación de las inversiones requería “que la gente perciba que la minería trae progreso, trabajo, mejoramiento en la calidad de vida y que tiene que ver con el desarrollo económico y el crecimiento de la región donde se está desarrollando este tipo de inversiones” (Kirchner, 2004). En ese contexto, se absolvió a las empresas mineras de “la obligatoriedad del ingreso y negociación en el mercado de cambios de las divisas provenientes de la exportación de productos” (Decreto Nº 753/04)⁵⁴. Y aún cuando en 2007 buscó extender el limitado esquema de retenciones al sector minero (de 5% y 10%)⁵⁵, las empresas interpusieron medidas cautelares alegando la

⁵³ Aun siendo gran importadora de insumos y capital, la minería fue “uno de los sectores más beneficiados por la devaluación de comienzos de 2002” (Moori Koenig y Bianco, 2003: 55).

⁵⁴ Hasta octubre de 2011 se les aplicó excepcionalmente a las empresas mineras y petroleras el derogado Decreto Nº 530/91 que permitía la libre disponibilidad de las divisas provenientes de la exportación. El Decreto 1722/11 restableció la obligatoriedad de liquidarlas en el Banco Central.

⁵⁵ Notas 288/07 de las Secretarías de Comercio Interior y Minería y 130/07 de la Secretaría de Minería.

violación de la estabilidad fiscal garantizada por la ley de inversiones mineras, logrando en varios casos fallos judiciales favorables.

La productora de litio Minera del Altiplano S.A. (de FMC Corp.), por ejemplo, interpuso una acción de amparo contra el Estado Nacional, que si bien fue rechazada en 2008 por el Juzgado Federal de Salta N° 2, al año siguiente la Cámara Federal de Salta aceptó el recurso de apelación y declaró inaplicables las retenciones a las exportaciones. En julio de 2012, finalmente, la Corte Suprema de Justicia de la Nación declaró que la estabilidad fiscal no prohíbe al Estado Nacional el aumento de un tributo específico, sino que le permite a las empresas mineras solicitar la devolución cuando se le incremente la carga tributaria total. En otras palabras, la Ley de Inversiones Mineras 24.196 de 1993, no sólo garantiza la más extensa estabilidad fiscal de toda la región, sino que en caso de alterarse esa *estabilidad* las empresas tienen el derecho de reclamar “que se retengan de los fondos coparticipables [...] los montos pagados en exceso” (art. 11). La facultad del Estado Nacional de cobrar retenciones a las exportaciones mineras, por lo tanto, no sólo es de carácter limitado y transitorio, sino también extremadamente frágil: de 5 o 10 puntos según el material declarado, sólo se intenta aplicar a no más de 15 empresas sobre el valor declarado en boca de mina, mientras que su reducido alcance depende de la vigencia de la Ley de Emergencia Pública y queda, en última instancia, sujeto al Centro Internacional de Arreglo de Diferencias relativas a Inversiones (CIADI), al que la Argentina aún se mantiene adherida⁵⁶.

En el nuevo contexto macroeconómico de devaluación y elevados precios internacionales, y sobre la base de las reformas normativas e institucionales impulsadas por las principales corporaciones mineras durante la década de 1990, el denominado Plan Minero Nacional significó una activa promoción de inversiones extranjeras directas a partir de la oferta de todos los yacimientos provinciales, articulada por la se-

⁵⁶ Al amparo de la Ley de Inversiones Extranjeras 21.382 de 1976, la Argentina ratificó durante la última década 55 de los 58 tratados bilaterales de inversión (TBI) firmados en los años noventa. En este punto, “la Argentina está a contramano de ciertas tendencias prevalecientes en América Latina. Por ejemplo, Brasil no es miembro del CIADI y no tiene ningún TBI en vigencia. A su vez Bolivia (en 2007), Ecuador (en 2009) y Venezuela (en 2012) [...] establecieron su salida del organismo y comenzaron a liberarse del pesado lastre de los TBI” (Gaggero *et al*, 2014: 84-85).

cretaría de minería de la nación dirigida desde 2002 por el ex secretario de la cámara minera de la provincia de San Juan, Jorge Mayoral. De esta forma, emergieron a lo largo de todo el territorio nacional múltiples proyectos mineros de tipo inmobiliario-especulativo, configurando a nivel provincial un verdadero sustento socio-económico local del nuevo esquema de negocios mineros. Amparados por la vigencia del sistema provincial de concesiones directas, los más variados agentes económicos locales pueden obtener derechos sobre las propiedades mineras (sin mayor requisito que el pago de un canon de \$600 por pertenencia) que eventualmente pueden vender o alquilar a las empresas mineras verdaderamente interesadas en explorarlas y/o explotaras⁵⁷.

En lo que al litio respecta, según información provista por las propias autoridades mineras provinciales, durante las últimas dos décadas avanzaron las concesiones privadas en Catamarca, Salta y Jujuy, abarcando en la actualidad la totalidad de los salares de la Puna. Según recientes estimaciones de la consultora IMExbiz (2014), mientras que en la actualidad el precio promedio del carbonato de litio varía entre los US\$ 6.800 y los US\$ 7.700 por tonelada, en Argentina el “punto de equilibrio” de los proyectos extractivos estaría dado a partir de los USD 3.800 por tonelada. Sin embargo, con el actual sistema de concesiones directas, ese bajo punto de equilibrio promueve una gran cantidad de nuevas inversiones en proyectos de litio que, si llegaran a pasar a la fase productiva generarían un exceso de oferta que acabaría con el actual oligopolio, presionando sobre los precios internacionales. La efectiva posibilidad de que estos proyectos logren superar la etapa *especulativa-inmobiliaria* para ingresar a las fases de exploración y explotación, por lo tanto, dependen de las muy cambiantes condiciones del mercado mundial y de la decisión de empresas privadas que subordinan toda su racionalidad operativa a la obtención de importantes márgenes de ganancia extraordinaria. En este contexto, las provincias de Catamarca,

⁵⁷ El Código de Minería de la Nación concede “a los particulares la facultad de buscar minas, de aprovecharlas y disponer de ellas *como dueños*” (art. 8), es decir que “pueden venderse y transmitirse *como se venden y transmiten los bienes raíces*” (art. 323). Los cánones de exploración y explotación se fijaron en 1993 (ley 24.224) y sólo fueron actualizados cada 10 años (2003 y 2015). Por todo esto, “la posibilidad de hacer negocios inmobiliarios con las áreas mineras es sustancialmente más fácil que con las áreas petroleras, donde la concesión se vincula a una licitación pública con un complejo proceso” (MDZ, 2014).

Salta y Jujuy registran en sus salares más de cuarenta proyectos de litio, pero sólo unos pocos lograron avanzar hacia la fase de explotación, sumando su producción al histórico “proyecto Fénix” de la FMC Corp. sobre el Salar del Hombre Muerto. Instalados sobre los salares prospectados y explorados por la Dirección General de Fabricaciones Militares durante las décadas de 1960 y 1970, estos nuevos proyectos se suman al reciente aumento en las capacidades productivas de otros proyectos internacionales tradicionales, cubriendo totalmente la demanda promedio estimada para el año 2017 en 240.000 toneladas (Roskill, 2013):

1) *Proyecto Fénix, en Salar del Hombre Muerto (Catamarca y Salta)*: Inaugurado en 1997, la propietaria Minera del Altiplano SA (FMC Corp.) logró comenzar en marzo de 2005 el viejo proyecto del Gasoducto de la Puna de 1999 (suspendido desde la crisis económica de 2001) e inaugurarlo finalmente en 2007. En febrero de 2012, anunció la ampliación de la capacidad productiva de carbonato de litio a 17.000 t y la futura construcción de una planta de cloruro de potasio.

2) *Proyecto Salar del Rincón (Salta)*: Iniciado en 2002 por el fondo de inversiones inmobiliarias Equity One (EEUU), fue adquirido en 2004 por la minera australiana Admiralty Resources que en diciembre de 2008 lo vendió al fondo de inversión especializado en la industria global de recursos Sentient Group. A través de la minera australiana Ady Resources, subsidiaria de Rincón Lithium Ltd, inauguraron en marzo de 2011 la explotación piloto de la segunda reserva nacional de litio, sumando a la oferta local de carbonato de litio unas 1.200 t/año.

3) *Proyecto Sales de Olaroz (Jujuy)*: Iniciado en 2004 por la empresa local South American Salars, fue adquirido en 2006 por la *junior* australiana Orocobre, que a comienzos de 2010 pasó a la primera plana con la incorporación de la japonesa Toyota Tsusho⁵⁸. En octubre de 2012 la subsidiaria local Sales de Jujuy inició la construcción de la planta de

⁵⁸ Líder mundial en la fabricación de automóviles híbridos y socio estratégico de Panasonic en el desarrollo de baterías de litio, Toyota Tsusho destinará toda la producción de litio del salar de Olaroz a su propietaria Toyota Motor de Japón (REDAJ, 2011: 11). El proyecto fue financiado por el banco japonés Mizuho y la Corporación Pública de Petróleo, Gas y Metales de Japón (JOGMEC).

carbonato de litio con una capacidad de 16.000 t/año. En cuanto a la renta diferencial, generada por las características naturales y la infraestructura disponible⁵⁹, la propia empresa ofrece un cálculo: con costos operativos de U\$S 1.512/t y precios internacionales de U\$S 6.000/t, obtendrían un margen de U\$S 4.500/t (Orocobre, 2011). En agosto de 2012, por otra parte, Orocobre también adquirió Bórax Argentina S.A. por U\$D 8,5 millones, tradicional boratera propietaria de importantes yacimientos y plantas de concentración en la Puna argentina, y desde 2001 la mayor productora y exportadora de boratos del país (35mil toneladas anuales).

4) *Proyecto Cauchari-Olaroz (Jujuy)*: En 2009 fue adquirido por Minera Exar, subsidiaria de Lithium Americas Corp, empresa canadiense que cuenta entre sus accionistas a la productora de baterías canadiense Magna y a la automotriz japonesa Mitsubishi. Recién en enero de 2014 acordaron con la coreana POSCO el desarrollo de la planta piloto de carbonato de litio, finalmente importada e inaugurada en el mes de diciembre⁶⁰. Según declaraciones oficiales, las primeras seis toneladas de litio provenientes de Cauchari-Olaroz fueron enviadas “a Corea para realizar el procesamiento final y embalaje para ser remitidas posteriormente a usuarios y clientes potenciales para su evaluación” (*Portal Minero*, 2015).

5) *Proyecto Sal de Vida, en Salar del Hombre Muerto (Salta)*: Adquirido en julio de 2012 por la australiana Galaxy Resources, al fusionarse con la canadiense Lithium One que exploraba el yacimiento desde 2010. En búsqueda de financiamiento, la nueva propietaria creó la subsidiaria local Galaxy Lithium SA, participando en un 30% a Sal de Vida Korea Corp., formada por KORES, LG International y GS Caltex. Si bien en abril de 2014 la Secretaría de Minería provincial le otorgó la Declara-

⁵⁹ A la elevada concentración de recursos y las condiciones climáticas favorables, se suma una línea de transmisión a 4 km, gasoducto y ferrocarril a menos de 25 km y la Ruta Nacional 52 a pocos metros, que llega hasta el puerto chileno de Antofagasta a través del Paso internacional de Jama.

⁶⁰ Franco Mignacco, presidente de Minera Exar, sintetizó la relevancia del evento para el aparato productivo local: “estamos muy felices que la planta piloto haya arribado desde Corea, [...] fue una conjunción de esfuerzo y trabajo mancomunado con la gente de aduana, los despachantes y agente de transporte de Argentina y Chile (*El Libertario*, 2014).

ción de Impacto Ambiental (DIA), trámite previo al inicio de la obra de construcción, a los pocos meses la empresa declaró la suspensión del proyecto “por dificultades financieras” (*El Inversor*, 2014).

2002-2012: Expansión de proyectos y conflictos socio-ambientales

El acelerado avance de las grandes empresas mineras transnacionales sobre los yacimientos argentinos, impulsado internamente por un incipiente sector privado provincial asociado a las oportunidades de *derrame* de las inversiones extranjeras directas, no estuvo exento sin embargo de los usuales conflictos sociales generados en todo el mundo por las explotaciones de recursos naturales a gran escala. Conflictos sociales que, desde el punto de vista del gran capital transnacional, constituyen un nuevo factor económico de tipo estructural.

En términos generales, el modo de producción capitalista presupone la existencia de determinadas condiciones básicas de reproducción: mano de obra disponible (condiciones subjetivas), infraestructura (condiciones generales) y recursos naturales (condiciones naturales). En relación a estas últimas, emerge en la actualidad una nueva tendencia objetiva al surgimiento de *crisis de costos* originadas por dos situaciones posibles: a) cuando las empresas persiguen ganancias extraordinarias degradando las condiciones naturales de su propia reproducción, y b) cuando los movimientos sociales exigen al capital la preservación o restauración de esas condiciones naturales vitales (O’Connor, 2002)⁶¹. Según un reciente informe de la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU, en el cual se analizan 50 proyectos extractivos (17 de ellos localizados en América Latina) para comprender “cómo los conflictos con las poblaciones locales se traducen en mayores costos operacionales para las empresas”, entre 2001 y 2012 se observa en las poblaciones locales una “creciente tendencia a enfocar las estrategias de lucha en el empleo de la acción directa”. Ante cada escenario conflictivo —concluye el informe— “las empresas deberán contemplar la asignación de

⁶¹ Esta nueva tendencia a las *crisis de costos* es el resultado de lo que O’Connor (2002) llama “la segunda contradicción del capitalismo” dada entre el capital y la naturaleza, en relación a la contradicción principal dada entre el capital y el trabajo, que produce periódicas *crisis de demanda o realización*.

cuantiosos recursos financieros para [...] hacer frente a contingencias, como retardos de naturaleza logística y pérdida de productividad” (PNAS, 2014).

En este contexto, bajo el concepto de Responsabilidad Social Empresaria (RSE), las corporaciones dedicadas a la explotación en gran escala de recursos naturales, desarrollan múltiples mecanismos de *gestión socio-ambiental* con el objetivo de acceder a los bienes naturales comunes, atendiendo algunas de las demandas más inmediatas de las comunidades aledañas y evitando los costos (tanto económicos como políticos) de la abierta represión. De esta forma, la contracara de los regímenes de inversión minera de carácter *nacional* diseñados por el Banco Mundial durante la década de 1990, no sólo es una administración de concesiones y controles de carácter *provincial*, sino también una estrategia empresarial de atomización de la participación social reducida al nivel *municipal* o *comunal*. En la Argentina de escasa tradición minera, sin embargo, el éxito de esta estrategia empresarial ha sido geográficamente desigual: el 23 de marzo de 2003, la población de Esquel rechazó la mega minería por medio de un plebiscito en el que ocho de cada diez personas votaron contra la instalación del proyecto aurífero de la canadiense Meridian Gold. Desde entonces, cinco provincias argentinas prohibieron por ley diversas actividades vinculadas a la mega minería a cielo abierto (Río Negro en 2005, Tucumán, La Pampa y Mendoza en 2007, Córdoba en 2008), mientras que en las principales provincias mineras algunas localidades impulsaron nuevos plebiscitos que finalmente fueron suspendidos por los poderes judiciales locales (por ejemplo, Calingasta de San Juan y Andalgalá de Catamarca)⁶². En cuanto al caso específico del litio contenido en los salares de la Puna, por otra parte, si bien su extracción por bombeo no supone las consecuencias ambientales de la mega minería metalífera (no utiliza explosivos ni libera efluentes tóxicos), la incorporación en el Código de Minería en 1980 como “mineral concesionable” y por lo tanto en el régimen de inversiones mineras, generó en los territorios provinciales diversos tipos de conflictos sociales:

1) *Conflictos regionales*: En 2007 la concesión de derechos mineros por parte de un Juez de Minas de Salta sobre territorio que la provincia

⁶² Ver Colectivo Voces en Alerta (2012) y Aranda (2013).

de Catamarca considera propios, reeditó los viejos conflictos limítrofes entre ambas provincias⁶³. Las autoridades catamarqueñas instalaron puestos policiales en las zonas bajo disputa, y argumentaron que el avasallamiento “produce consecuencias nocivas tanto en el aspecto económico como en la afectación de su medio ambiente, por el uso indiscriminado de recursos hídricos y la consecuente y posible contaminación que dicho uso conllevaría”⁶⁴. Tras cuatro años de litigio, el estado provincial de Catamarca aún espera la resolución de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, que en 2011 declaró su competencia en el caso. Mientras tanto, el Juzgado de Minas de Salta resolvió que la empresa Minera del Altiplano SA (subsidiaria de FMC Lithium Corp.) debía tributar a esa provincia regalías del 3% por las minas Litio 1 y Litio 2 establecidas en áreas de su jurisdicción. En octubre de 2012, la Corte de Justicia de Salta rechazó todas las instancias recursivas con que la empresa buscó evitar por todos los medios legales el pago de esos aportes.

2) *Conflictos políticos por el agua*: Si bien el elevado consumo de agua es el impacto ambiental más significativo que tiene la extracción del litio contenido en los salares, recién en junio de 2006 la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca solicitó a la empresa Minera del Altiplano SA (FMC) que le informara el volumen de agua superficial utilizado en la explotación del Salar del Hombre Muerto. Al mes siguiente la empresa informó que utilizaba más de 7 millones de litros de agua por día (304 m³/h), pero sugirió a la Dirección de Riego provincial “que se abstuviera” de cobrarle el canon correspondiente⁶⁵. Cuatro años más tarde, no obstante, la Dirección de Riego

⁶³ “El viejo conflicto tiene sus raíces en el desmembramiento del Territorio Nacional de Los Andes. Esos suelos habían sido incorporados a la República en 1900, pero esa ley fue derogada en 1943 y los suelos terminaron divididos en tres fracciones, luego anexadas a los actuales departamentos Susques (Jujuy), Los Andes (Salta) y Antofagasta de la Sierra (Catamarca). Tras el desmembramiento, Salta presentó reclamos por antiguas posesiones acreditadas en la franja fronteriza con Catamarca y estas demandas fueron reafirmadas por la Corte Suprema en 1985 y 1987.” (*El Tribuno*, 2012).

⁶⁴ “Provincia de Catamarca c/Provincia de Salta s/ Ordinario”. Expte. C 02024/2011 del 15/11, CSJN.

⁶⁵ Carta firmada por el presidente de Minera del Altiplano SA, Cont. Oscar Lacher, recibida por la Dirección de Riego de la Provincia de Catamarca el 20 de julio de 2006.

decidió intentar cobrar el canon de agua en dos oportunidades: en marzo de 2010, enviando una factura por \$200.000, correspondientes al consumo declarado desde agosto de 1999, aplicando el cuadro tarifario más bajo (“agua para riego”, \$0,01 /m³); y en noviembre de 2011, enviando una nueva factura por el consumo anual de agua, pero esta vez por “uso industrial” (\$0,9/m³) lo que elevó la deuda a casi 1,8 millones de pesos. En ambos casos, la empresa concesionaria invocó el contrato firmado en 1994 con el gobierno de Catamarca (que entre otros beneficios la eximían del canon por consumo de agua), y a pesar de la participación de la provincia en el 3% de sus acciones, interpuso recursos jerárquicos para intimar al estado provincial a declarar nulo los trámites iniciados⁶⁶. El conflicto por el uso del agua continuó en los años posteriores, agravando los cuestionamientos sociales por la falta del *desarrollo económico* que el emprendimiento inaugurado en 1997 debía generar en la región de Antofagasta de la Sierra⁶⁷. En febrero de 2015, finalmente, las autoridades gubernamentales manifestaron haber llegado a un acuerdo político definitivo. Según las declaraciones públicas, la operadora minera asumiría a partir de ahora el pago del canon de agua (cuyo monto aún no fue definido) y realizaría una serie de acciones de *responsabilidad social empresarial* contempladas en la propia declaración de impacto ambiental (*El Inversor*, 2015).

3) *Conflictos eco-territoriales*: En noviembre de 2010, la Mesa para la Defensa y Gestión del Territorio, conformada por 33 Comunidades Originarias de la Cuenca de Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc, presentó una acción de amparo ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación. Exigiendo la suspensión de las concesiones mineras por la falta de Consulta Libre, Previa e Informada, invocaron menos el

⁶⁶ Matías Córdoba, representante por Catamarca en el directorio de Minera del Altiplano SA entre 2006 y 2012, explicó que ante la exigencia del pago por el uso del agua, las autoridades de FMC Corp le recordaron “que siempre ayudaron a Catamarca, a los comedores de Antofagasta, a los hospitales, y que por ahí tenían unas becas en la Universidad”. Córdoba declaró que también encontró “trabas con los entonces funcionarios que pasaron por la Secretaría de Minería” (*El Esquiú*, 2012).

⁶⁷ En medio de las polémicas generadas, el representante provincial en el directorio de Minera del Altiplano SA, Fernando Musella, sostuvo: “No fuimos nosotros quienes armamos estos contratos y establecimos estas reglas de juego desventajosas para la provincia” (*El Esquiú*, 2014).

derecho ambiental que los principios de soberanía territorial y comunitaria del *derecho indígena*, previstos tanto en la Constitución Nacional (art. 75 inc. 17) y la Ley General del Ambiente de 2002⁶⁸, como en el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo y la Declaración de los Derechos Indígenas de las Naciones Unidas. A mediados del año siguiente, mientras los comuneros cortaban la ruta nacional 52 rechazando los proyectos de litio, representantes de las 33 Comunidades exponían en Ginebra ante el Mecanismo de Expertos sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas de la Naciones Unidas, logrando que en diciembre el Relator Especial de la ONU visitara personalmente las Salinas Grandes. En marzo de 2012, finalmente, la Suprema Corte convocó al gobernador de Jujuy a una audiencia pública. Allí, el Consejo de Organizaciones Aborígenes de Jujuy aseguró que las perforaciones prospectivas de litio en las Salinas Grandes “están generando, de manera progresiva, la inundación del terreno en las inmediaciones” (*Tiempo Argentino*, 2012). Desde entonces, si bien las concesiones sobre las cuencas en conflicto continúan vigentes, los proyectos de prospección y exploración están totalmente suspendidos.

2012-2014: Nueva estrategia provincial del desarrollismo sostenible

En respuesta a las crecientes resistencias *eco-territoriales* contra la radicación de megaproyectos mineros —en particular el amplio rechazo social que en enero de 2012 impidió la radicación de la canadiense Osisko Mining en el cerro Famatina de la Rioja y expandió las protestas hacia Bajo de la Alumbrera en Catamarca—, el 15 de febrero de 2012, los gobernadores provinciales y el gobierno nacional decidieron fundar la Organización Federal de Estados Mineros (OFEMI). Aprobada con la participación de la Asociación Obrera Mineros Argentinos (AOMA), la Cámara Argentina de prestadores de Servicios Mineros (CASEMI) y la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM), la nueva

⁶⁸ La Ley General del Ambiente sancionada por el Congreso Nacional en el crítico año de 2002, establece sobre todo el territorio argentino los “presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente” (art. 1°), limitando la provincialización de los recursos del art. 124 de la Constitución Nacional.

organización busca reforzar con *políticas públicas* la estrategia del *desarrollismo sostenible*, basada en la visión dominante de la *globalización*.

Según esta visión, los capitales transnacionales, lejos de buscar el aprovisionamiento de materias primas en función de sus propias necesidades de reproducción ampliada, se trasladarían a los países de menores costos de producción transfiriendo paulatinamente su tecnología a los capitales locales asociados. En relación al *desarrollo sostenible* de la minería transnacional, la visión dominante de la *globalización* reconoce un rol activo a los estados locales y a las instituciones académicas en el diseño de las llamadas *políticas públicas*, cuya misión sería la de promover o facilitar el *derrame económico/tecnológico* que las inversiones extranjeras mineras de por sí no generan. De esta forma, y a diferencia de la etapa neoliberal, los beneficios de la llamada *nueva minería sustentable*⁶⁹ no pueden quedar librados a las fuerzas del libre mercado, sino que dependerán en cada caso de la eficiencia de las políticas públicas diseñadas.

En este marco ideológico, el acta fundacional de la OFEMI enumera entre sus principales objetivos: (iv) la sustitución de insumos o servicios mineros con proveedores locales, (v) la articulación con instituciones académicas, (vi) el empleo de mano de obra local, (ix) la mejora de la infraestructura necesaria para los proyectos mineros, (x) la armonización de los estándares legales con los criterios de “responsabilidad social empresaria” y (xi) la resolución de conflictos para facilitarle a las empresas la obtención de la *licencia social*. En otras palabras, con la refundación de la OFEMI, el estado nacional y las provincias pretenden reactivar y articular una serie de políticas sectoriales, que

⁶⁹ En el sector minero, el proceso de transfiguración del término *desarrollo sustentable* en *crecimiento sostenible*, fue llevado a cabo por el proyecto “Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable” (MMSD) encargado en 1999 por las principales empresas mineras del mundo. El informe final reconoce la necesidad de revertir la tradicional desconfianza social, a partir de una serie de dispositivos de intervención sobre la sociedad civil (comunidades, pueblos indígenas y productores locales), en base a una división del trabajo que asigna nuevos roles a las empresas, al estado y a las universidades. “Este proyecto no se pregunta por la sostenibilidad de la industria minera, sino por cómo esa industria puede contribuir al desarrollo sustentable de regiones y países mineros” (MMSD América del Sur, 2002: 12). Ver también Antonelli (2010). Debo a Miguel Lacabana la diferencia no neutral entre los términos sustentabilidad y sostenibilidad.

desde los años noventa se buscaban implementar sin éxito⁷⁰. De esta forma, la nueva política minera busca garantizar dos objetivos particulares: impulsar la creación de pequeñas burguesías locales a partir de la provisión de servicios mineros (*desarrollo*) y evitar que los eventuales conflictos socio-ambientales pongan en peligro la continuidad de los proyectos extractivos (*sostenibilidad*). Un objetivo general inspira su diseño e implementación: que esos conflictos socio-ambientales no se traduzcan nunca en conflictos políticos. De otra forma, y al igual que en otros países de la región, la legitimidad del régimen de concesiones vigente podría verse seriamente cuestionada.

El conjunto de políticas sectoriales orientadas por los axiomas ideológicos del nuevo *desarrollismo sostenible*, tuvo su mayor expresión y alcance en mayo de 2012. La Secretaría de Minería de la Nación requirió a todas las empresas inscritas en el Régimen de Inversiones Mineras el diseño de su “propio departamento de sustitución de importaciones” y la presentación periódica de un “cronograma de demandas” al que puedan acceder todas las empresas locales (Resolución ministerial N° 13/12)⁷¹. Según los considerandos, la norma se enmarca en la *nueva política minera* del Estado, consistente en “la conformación de Empresas Públicas Mineras Provinciales, la constitución de Fideicomisos y la creación de Agencias de Desarrollo locales, permitiendo alcanzar escenarios de convivencia entre los sectores productivos y la sociedad”. Escenarios que, de otra forma, podrían volver *insostenible* el *desarrollo* de los proyectos de extracción de recursos mineros y evaporíticos a gran escala destinados íntegramente a la exportación en forma de commodities. Lejos de significar una política contraria a los intereses de las corporaciones mineras extranjeras, la creación de estas empresas

⁷⁰ Según el informe sectorial de Moori Koenig y Bianco para el Ministerio de Economía en 2003, durante la convertibilidad “el elevado nivel del tipo de cambio real en el marco de importantes incentivos mineros, desalentó proyectos de sustitución de insumos y equipos, aún aquellos que fueron inicialmente consensuados con importantes proveedores locales” (Moori Koenig y Bianco, 2003: 19).

⁷¹ El yacimiento de hierro Sierra Grande de Río Negro (ex HIPASAM) es, una vez más, el caso más paradigmático de las transformaciones. Luego del cierre y la provincialización en 1993 comenzó a ser explotado turísticamente. En 2006 fue concesionado a la empresa china MCC que exporta 4.600 t/día de concentrados de hierro. En 2012 la Mesa de Homologación Minera convocó al gerente de la empresa china para acordar no la provisión sino la compra de insumos a la siderúrgica Acindar.

públicas mineras provinciales era una de las principales recomendaciones del Banco Mundial, que desde 1993 impulsaba la formación de sociedades “mutuamente beneficiosas entre los gobiernos locales y federales por un lado y los inversionistas mineros privados por el otro”. “Este tipo de sociedad —concluía aquel informe sectorial— nunca se ha conseguido en Argentina y quizá sea la razón principal por la que el desarrollo del sector se haya quedado atrás de la mayor parte de sus vecinos” (World Bank, 1993: 12-14).

De esta forma, la nueva rama extractiva-exportadora radicada durante la década del noventa consigue, bajo el esquema productivo inaugurado con la devaluación de 2002, una serie de políticas públicas que, a diferencia de la ISI del siglo pasado, buscan el desarrollo de pequeñas burguesías provinciales (nucleada en la Cámara Argentina de Servicios Mineros) a cambio de ceder a los inversores extranjeros la renta pública provincializada. La fragilidad de este *modelo de desarrollo minero* basado en el sistema de concesiones directas, sin embargo, no tardó en manifestarse en el seno de su propia base de sustentabilidad. En el marco de la política nacional de ampliación de los sistemas registrales fiscales, la AFIP creó en octubre de 2014 el Registro Fiscal de Proveedores de Empresas Mineras (Resolución 3692/14). A los pocos meses, la iniciativa provocó una reducción del universo de proveedores locales, que en su amplia mayoría no cuentan con la estructura administrativa necesaria para inscribirse en el sistema público⁷².

Estos magros indicadores de *desarrollo local* contrastan, sin embargo, con las elevadas tasas de ganancia que obtienen las corporaciones mineras en Argentina, que según el propio Banco Central son las más altas registradas por las empresas extranjeras en el país (si en 2010 la tasa de ganancia promedio nacional medida sobre patrimonio neto fue del 18,8 %, las empresas mineras habrían alcanzado una tasa del 40 %) ⁷³. En ausencia de debates políticos de carácter nacional que logren trascender los conflictos socio-ambientales locales, este rasgo central de la dependencia tecno-económica se cierra sobre sí misma reforzando circularmente la necesidad de *políticas públicas* para *sostener* el actual modelo de *desarrollo*.

⁷² Los proveedores mineros anotados en el registro “no superan el 20% del total” (*El Inversor*, 2015a).

⁷³ Informe citado por Javier Lewkowicz en *Página/12* (2013).

En el caso específico del litio contenido en los salares de la Puna, recién a principios de 2011 comenzó a ser considerado por el poder político en su carácter de *insumo clave para la industria energética transnacional*⁷⁴. La nueva *forma social* del litio que emerge como nuevo protagonista principal de las políticas sectoriales nacionales y provinciales del *desarrollismo sostenible*, dejó en el olvido la considerable trayectoria socio-técnica que el Estado Nacional había desarrollado hasta mediados de los años setenta desde la DGFM y la CNEA. Como si toda esa trayectoria socio-técnica desplegada en torno a los recursos contenidos en los salares de la Puna, con toda su complejidad y riqueza, con las capacidades y discusiones generadas, nunca hubiera existido.

Las formas sociales del litio en salmuera: Argentina, ayer y hoy

Litio en salmueras	1960-1975 ISI*	2003-2015 EPEDI**
Demanda industrial	Bélica/Energética Nacional	Electrónica/Automotriz Transnacional
Propiedad del subsuelo	Estado Nacional	Estados Provinciales
Usufructo legal	Reserva Pública (sistema dominal)	Concesión Privada (sistema regalista)
Actividades alcanzadas	Prospección / Exploración	Explotación / Comercialización
Capacidad productiva	Pequeña escala	Gran escala
Destino del producto	Investigación e Industria local	Exportación como commodity
Modelo tecnológico	Hacia adelante (integrado)	Hacia atrás (no integrado)
Valor estratégico	Valor de Uso	Valor de Cambio

* Industrialización por Sustitución de Importaciones (segunda etapa)

** Exportación Primaria y Estímulo a la Demanda Interna

⁷⁴ Según Rodolfo Tecchi, director de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Argentina “no tenía en su agenda el litio, pero lo incorporó desde el viaje en enero de la presidenta Cristina Kirchner a países árabes” (*Clarín*, 2011).

De esta manera, la nueva *forma social* del litio adoptada en Argentina con las reformas institucionales y normativas impulsadas por las corporaciones mineras durante la década del noventa, termina por consolidarse en los últimos años. Esto significó la implementación de un conjunto de *políticas públicas* provinciales, más o menos heterogéneas y desarticuladas, pero todas presentadas en nombre de la *nueva minería sostenible*, capaz de reunir —positivamente y sin contradicciones— todas las variables deseadas por el *desarrollismo*: inversiones extranjeras, crecimiento económico, empleo local, virtuosa asociación público-privada, valor agregado intensivo en tecnologías verdes y un impacto socio-ambiental responsablemente auto-regulado.

1) *Recurso estratégico concesionado*: Como una suerte de respuesta tardía a la emergencia del litio como *factor clave* de la revolución tecno-económica energética en marcha, tanto Jujuy como Catamarca declararon recientemente al litio “recurso natural estratégico”. Sin embargo, utilizando en la justificación legislativa los argumentos más divulgados por la prensa masiva relativos a los nuevos vehículos eléctricos, omitieron el artículo 354 del viejo Código de Minería de la Nación, que aún adjudica al Poder Ejecutivo Nacional la clasificación de sustancias minerales estratégicas: “a propuesta conjunta de los Ministerios de Defensa y de Economía y Obras y Servicios Públicos y en coordinación con las autoridades superiores de las Fuerzas Armadas, a los fines señalados en el presente Código”. Esos fines, por su parte, fueron quitados del texto por la reforma de 1995 (Ley N° 24.498), por lo que en la actualidad, “la categoría jurídica de sustancias minerales estratégicas virtualmente no existe” (Valls, 2006: 237).

1.1) En marzo de 2011, el gobierno de Jujuy decretó que el litio es un “recurso natural estratégico generador del desarrollo socio económico de la Provincia” y ordenó que en el procedimiento de aprobación de cada proyecto intervenga la Dirección de Minería, previa recomendación favorable de un “Comité de Expertos para el Análisis Integral de Proyectos de Litio” formado por seis profesionales en representación de distintas instituciones públicas y coordinado por el Ministro de Producción (DNU N° 7.529).

1.2) En noviembre de 2012, la Cámara de Senadores de Catamarca aprobó la declaración del “Litio como Mineral Estratégico de

la Provincia” por ser considerado el “petróleo blanco, ya que modifica sustancialmente el mercado energético al reemplazar al combustible” (sic) y solicitó la formulación de un Plan de Desarrollo Provincial del Litio que busque un manejo más racional y sostenible del mineral (Fundamentos del Proyecto de Ley “Catamarca Capital Nacional del Litio”, HCDN 14/03/2013).

En ambos casos, sin embargo, la declaración oficial del carácter estratégico del litio no significó la suspensión del sistema de concesiones directas sobre los salares ni modificó las condiciones generales de explotación. Según el abogado Ignacio Celorrio, del estudio Quevedo Abogados vinculado a las grandes corporaciones extractivas, el contenido del actual carácter estratégico del litio sería diametralmente opuesto al que utilizaba el geólogo Luciano Catalano en los años sesenta:

“hay una distinción entre lo que tradicionalmente se entendía por recurso estratégico, que es aquello que hace un control de producción o una aplicación para defensa, y lo que está en el artículo 354 del Código de Minería [...] que implica más tratar de *regular un concepto de licencia social* para el desarrollo de proyectos, o sea *darle un sentido más económico que de aplicación del mineral en sí*” (*El Tribuno*, 2013, el resaltado es nuestro).

En otras palabras, el carácter estratégico del elemento litio pasó de adjudicarse en función de su *valor de uso*, científico e industrial, dado por el desarrollo de la energía nuclear en el país, a estar relacionado únicamente con su *valor de cambio*, o más específicamente su elevado precio internacional actual, dado por la creciente demanda de la industria electrónica y automotriz transnacional. En este último caso, la *forma commodity* reduce todos los debates políticos al volumen de inversiones extranjeras recibidas, la cantidad del empleo local generado, el monto de las regalías percibidas por las provincias y —eventualmente— el impacto socio-ambiental. Mientras el carácter estratégico del recurso radique únicamente en su *valor de cambio*⁷⁵, toda la política estatal se limitará a garantizar la efectiva explotación y exportación de la mate-

⁷⁵ “En la base de la vida moderna actúa de manera incansablemente repetida un mecanismo que subordina sistemáticamente la «lógica del valor de uso», el sentido espontáneo de la vida concreta, del trabajo y el disfrute humanos, de la producción y el consumo de los «bienes terrenales», a la «lógica» abstracta del «valor» como sustancia

ria prima, buscando alcanzar la eterna promesa del equilibrio *óptimo* entre todas esas variables: para las inversiones extranjeras, *beneficios fiscales y seguridad jurídica*; para todo lo demás (empleo, regalías y medio ambiente), *responsabilidad social empresaria y políticas públicas provinciales*.

2) *Empresas estatales provinciales*: En sintonía con las recomendaciones sectoriales del Banco Mundial de los años noventa, renovadas luego por la flamante OFEMI presidida por el gobierno de Jujuy, las tres provincias de la Puna argentina crearon recientemente empresas mineras estatales, con el objetivo de implementar sus distintas estrategias políticas en relación a los principales proyectos de litio en cartera.

2.1) Recursos Energéticos y Mineros Salta SA (REMSA SA): Creada en marzo de 2008 por la provincia de Salta y la municipalidad de San Antonio de los Cobres⁷⁶ para adquirir derechos, contraer obligaciones y ejercer directa o indirectamente actividades relacionadas con la exploración y explotación de minerales (Decreto N° 2050/08), fue autorizada por Energas como sub-distribuidora y comercializadora del Gasoducto de La Puna, inaugurado en 2007 por Minera del Altiplano SA para su proyecto de litio sobre el Salar del Hombre Muerto. En mayo de 2014, por otra parte, la empresa provincial firmó un acuerdo con Eramine Sudamérica SA (del grupo francés Eramet) otorgándole títulos mineros sobre depósitos de litio en los salares Centenario y Ratonés, a cambio de un “plan de formación para los profesionales de Remsa y la continuación de las acciones emprendidas por la compañía con las comunidades vecinas” (*Salta.gov.ar*, 2014).

2.2) Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE): Por el grado de avance de los acuerdos alcanzados con las corporaciones mineras, Jujuy pasó a ser el mayor exponente nacional del desarrollismo sostenible aplicado a la producción de litio. Tanto con el proyecto Olaroz dirigido por Orocobre y Toyota, como con el proyecto Cauchari a cargo de Lithium Américas, la empresa provincial JEMSE creada en

ciega e indiferente a toda concreción, y sólo necesitada de validarse con un margen de ganancia en calidad de «valor de cambio» (Bolívar Echeverría, 1998: 63).

⁷⁶ Por medio de la modificación del objeto societario y la razón social de la empresa minera La Casualidad, creada en marzo de 1986 por Decreto N° 732/86 (Acta de Asamblea N° 31, 25/03/2008).

abril de 2011 acordó a fines de 2012 la participación de un 8,5%, por la que sin embargo deberá responder una vez que se obtengan ganancias y se liquiden dividendos. A cambio de esa participación, la empresa provincial deberá cumplir una doble función de *enlace*: con las autoridades aduaneras para facilitar la importación de todos los insumos y con el Banco Central para facilitar el ingreso y egreso de divisas.

Las empresas concesionarias, por su parte, sólo se comprometieron a considerar en sus contrataciones una lista oficial de proveedores locales y acordaron, tras largas negociaciones políticas y recomendación del Comité de Expertos, la venta eventual en el mercado interno (a precio internacional) de hasta un 5% de la futura producción de carbonato de litio. Si bien este *acuerdo empresarial* no se expresó en ninguna normativa de carácter público, ni alteró ningún aspecto del régimen de concesión y explotación, fue presentado como el resultado de una activa gestión estatal nacional y provincial, dada la sistemática negativa por parte de las empresas extranjeras a vender una ínfima parte de su producto en el mercado interno⁷⁷.

Desde el punto de vista de las grandes automotrices japonesas relacionadas con ambos proyectos (Toyota Motor Corp. en Olaroz y Mitsubishi Corp. en Cauchari), el carbonato de litio producido no es un simple commodity sino un *factor clave* para la producción en gran escala de baterías recargables para sus vehículos eléctricos en pleno desarrollo tecnológico. En esta carrera, las principales automotrices tienden a una fuerte integración vertical de las cadenas productivas y despliegan una estrategia global de provisión de litio, considerándolo por eso un *recurso energético* de carácter estratégico.

La verdadera importancia de los acuerdos alcanzado con el gobierno de la provincia de Jujuy y la empresa JEMSE, fue sintetizada por el presidente de Orocobre Limited, James Calaway, en la feria minera internacional de Toronto:

⁷⁷ Según un reciente y completo Informe Tecno-Productivo sobre las posibilidades de industrialización del litio en Argentina, entre 2013 y 2014 la industria local (lubricantes, cerámicos y medicamentos) importó alrededor de 350 toneladas de diversos compuestos químicos de litio, principalmente desde Chile y EEUU. Se registra así una notable “discontinuidad real en la cadena de valor del litio, en la que la gran producción primaria se exporta y la marginal demanda local se importa” (CIECTI, 2014: 70-72).

“Los inversores que no entiendan el aporte que las empresas provinciales pueden realizar a los proyectos mineros, seguramente no serán exitosos en la Argentina [...]. La presencia de las gobernaciones en los emprendimientos mineros puede contribuir a mejorar la relación con las comunidades locales, así como también a resolver problemas con la importación de insumos y a solucionar inconvenientes de índole política” (*El Inversor*, 2013).

2.3) Catamarca Minera Sociedad del Estado (CAMYEN SE): Creada en enero de 2012 para “promover el desarrollo sostenible de la minería catamarqueña” como administradora de derechos mineros (Ley N° 5.354), contempla la posibilidad de participar en el proyecto Sal de Vida a cargo de Galaxy Resources sobre el Salar del Hombre Muerto, siguiendo el modelo impulsado en Jujuy. Sin embargo, la política minera de Catamarca podría ser interpretada como una muestra histórica del fracaso de toda estrategia basada en empresas de alcance provincial. En este sentido, la creación de la flamante CAMYEN cubre también otras necesidades políticas. Por un lado, porque pretende cambiar la tradicional imagen de corrupción asociada a la empresa SOMICA-DEM (Sociedad Minera Catamarqueña de Economía Mixta, creada en 1986 e intervenida desde 2004). Pero sobre todo, porque le permite al gobierno local desviar la mirada pública sobre la total falta de injerencia real por parte de los dos directores provinciales que, por la participación accionaria del 3% acordada en 1993, deben integrar el directorio de Minera del Altiplano SA., concesionaria norteamericana a cargo del mayor proyecto de litio del país. La misma falta de decisión que, en definitiva, muestra la empresa pública YMAD en el mega proyecto de cobre Bajo de la Alumbrera, y que paradójicamente, sirve para *explicar* a la opinión pública de forma circular el nulo desarrollo socio-económico que las empresas concesionarias habían prometido en la región. Según el presidente de la Cámara Minera de Catamarca, Luis Manuel Álvarez, la empresa Minera del Altiplano SA (de FMC Lithium Corp.) nunca contrató suficiente mano de obra y proveedores de servicios catamarqueños, debido al “papel lamentable que tuvieron los distintos directores de la provincia” (*El Esquiú*, 2014). Fernando Mussella, entonces representante del gobierno en el directorio, respondió:

“No fuimos nosotros quienes armamos estos contratos y establecimos estas reglas de juego desventajosas para la provincia. Lamentablemente hoy nos toca cosechar lo que sembraron los gobiernos anteriores, y nuestra tarea como representantes del estado tiende a equilibrar la balanza entre Estado y empresa, sin perder de vista que la política que seguimos se basa en el desarrollo de una minería responsable” (*El Esquiú*, 2014).

3) *Proyectos CTI en obtención y usos de litio*: Desde fines del siglo pasado, las redes académicas globales registran un acelerado crecimiento de las actividades de investigación y desarrollo (I+D) relacionadas con la acumulación electroquímica de energía, principalmente en baterías de litio (Mercado y Córdova, 2014). Según un reciente informe de la Universidad Técnica de Múnich, de las 5.900 familias de patentes internacionales registradas en el sector de baterías en 2011, más del 80% se relacionan con tecnologías de litio (*PV Magazine*, 2014). Sin embargo, a pesar del lugar que ocupa la Argentina desde 1998 entre los principales exportadores mundiales de litio, y a pesar de los avances durante los años sesenta en investigaciones sobre yacimientos y usos industriales de este metal alcalino, recién a partir de 2011 comenzaron a emerger en el país una serie de proyectos, convenios y eventos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) relacionados con la obtención y aplicaciones del litio en las distintas fases de la acumulación electroquímica (compuestos básicos, electrolitos, electrodos, baterías).

Como una suerte de reacción periférica al acelerado crecimiento de la demanda mundial, la repentina emergencia de esta *red nacional de CTI en litio*, no fue ajena a la desarticulación y superposición que caracteriza a todo el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Lugones y Porta, 2011). Desvinculadas de la fase extractiva, que bajo el actual régimen de concesiones se destina exclusivamente a la exportación, esta *red* no puede orientarse a *convertir las ventajas naturales en ventajas competitivas*, contradiciendo los propios objetivos explícitos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT). En el Plan Nacional de CTI elaborado en 2011, figura por primera vez, entre los 35 Núcleos Socio Productivos Estratégicos (NSPE), el *desarrollo de baterías de litio* “que aprovechen los yacimientos

de litio localizados en el noroeste del país” (MinCyT, 2011)⁷⁸. Y si bien la vaguedad de esa definición no fue luego traducida en el diseño de una nueva política sectorial específica, sirvió como fundamento institucional para la emergencia de esta *red nacional de CTI* que, con todas sus limitaciones, constituye en la actualidad el único ámbito de verdadero debate público y federal sobre la propiedad, usos y destinos del litio argentino.

El nuevo abordaje del litio como *factor tecnológico clave* para el desarrollo de acumuladores electroquímicos de energía, fue protagonizado principalmente por grupos de investigación radicados en institutos CONICET asociados a las Universidades Nacionales públicas tradicionales. Por un lado, el grupo presidido por el Dr. Arnaldo Visintin en el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas, Teóricas y Aplicadas (INIFTA) de la Universidad Nacional de la Plata, que dirige diversas investigaciones sobre baterías de ion litio junto a especialistas del INFIQC y el FAMAF de la Universidad Nacional de Córdoba, el Centro Atómico Bariloche de la CNEA y la Facultad de Cs. Exactas de la Universidad Nacional de Catamarca. Por otro lado, el Instituto de Química y Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE) dirigido por el Dr. Ernesto Calvo, que en 2012 presentó un proyecto sobre baterías litio-aire para vehículos eléctricos y en 2013 patentó un nuevo método de recuperación electroquímica de litio en salmueras que reduciría drásticamente el tiempo y la energía empleados por los tradicionales métodos de evaporación solar. Mientras el primer grupo *orientado hacia la producción*, busca diversas alternativas de asociación con empresas privadas locales para obtener el financiamiento de proyectos de I+D en baterías ion-litio destinadas al mercado interno (inicialmente de computadoras portátiles), el segundo grupo *orientado hacia la innovación*, promueve la creación de un centro nacional de CyT que forme y reúna a nivel nacional (e internacional) académicos expertos en las distintas líneas de investigación vinculadas con la obtención y purificación de litio en salmueras y sus aplicaciones en acumulación electroquímica para la propulsión de vehículos eléctricos.

⁷⁸ Desde entonces el “litio” fue incluido como *tema de orientación estratégica*, en CONICET para las becas doctorales y el ingreso a Carrera del Investigador, y en la Agencia Nacional de Promoción CyT para los Proyectos de Investigación de CyT (PICT) y los Fondos Regionales FONARSEC.

En ausencia de una estrategia política nacional de carácter integral (industrial, científico-tecnológica y energética) en relación al litio contenido en los salares de la Puna, los diversos grupos de investigación buscan desde entonces impulsar sus respectivas estrategias particulares desvinculadas de la producción primaria, a través de distintos niveles gubernamentales, nacional y provinciales. Limitadas por la primacía de la Secretaría de Minería de la Nación (Ministerio de Planificación) y de las autoridades mineras provinciales⁷⁹, estas *estrategias tecnológicas particulares* se vieron finalmente estimuladas por la flamante YTEC creada por YPF y el CONICET en 2013. Inspirada en la tesis de la *transferencia tecnológica* hacia pequeñas y medianas empresa privadas locales (otro aspecto del *desarrollismo sostenible* que busca financiar el desarrollo de burguesías nacionales), la nueva compañía pública de I+D propuso reunir en su departamento de Energías Alternativas “todo el conocimiento básico” sobre baterías de litio disponible en el país, para que en los hechos funcione “como una unidad de *vinculación tecnológica más*” (*El Cable*, 2013, el resaltado es nuestro)⁸⁰.

3.1) *Grupo productivo de I+D*: Impulsados por el Dr. Daniel Barra-co (ex decano de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la UNC), en octubre de 2012 obtuvieron un crédito del Banco Nación asociados a la empresa Sol.ar⁸¹, para la instalación en Catamarca de una pequeña planta de ensamblaje de baterías ion litio destinadas a las netbooks del plan educativo Conectar Igualdad. Después de la primera tanda de baterías, el Estado Nacional no les renovó el contrato de compra y la asignación del crédito fue suspendida por el vencimiento de los

⁷⁹ Cabe recordar que el litio fue incorporado al Código de Minería como mineral concesionable de primera categoría en 1980 (Ley 22.259), y que si bien la investigación geológica y minera a cargo del Estado Nacional o Provincial “es libre y no requiere permiso de la autoridad minera”, desde 1995 se dispuso que las minas así descubiertas “deberán ser transferidas a la actividad privada dentro del año de operado el descubrimiento” (art. 346 del CM incorporado por Ley N° 24.498).

⁸⁰ Bajo el concepto de *vinculación tecnológica* surgido a fines de 1980, los organismos nacionales de CyT buscan orientar sus políticas hacia las demandas del sector privado y del estado (Llomovatte, 2006).

⁸¹ Si bien Sol.Ar es una empresa formalmente independiente, en los hechos constituye una suerte de departamento de I+D de la tradicional fábrica cordobesa de baterías plomo-ácido Pla-Ka SA, en respuesta al previsible desplazamiento en el mercado de esas baterías por parte de las de ion litio.

plazos, provocando la paralización de la planta. Con la incorporación a YTEC, el grupo de investigación busca relanzar el proyecto en otras provincias y acceder a financiamiento privado de mayor relevancia.

3.2) *Grupo innovativo de CyT*: En noviembre de 2014 YTEC anunció la firma de un convenio con la Universidad Nacional de Jujuy para la creación de un Centro Científico, Tecnológico y de Innovación Productiva sobre Litio y sus Aplicaciones en la localidad de Palpalá, Provincia de Jujuy. El nuevo centro se llamará “Gral. Savio” y ya recibió el aval técnico del Ministerio de Planificación para financiar su instalación en el viejo edificio administrativo de la empresa Altos Hornos Zapla, paradójicamente abandonado tras la privatización en 1992 y ahora cedido en comodato por su dueño Sergio Taselli. Además de radicar científicos en la provincia para que investiguen sobre diversos temas relacionados con el litio, tendrá la misión de “transferir tecnologías básicas” a los potenciales proveedores locales de servicios mineros.

3.3) *Otros proyectos CTI*: En abril de 2012, la empresa Telmet de arrancadores eléctricos inauguró en Salta una pequeña planta de ensamblaje de baterías de litio llamada Enerlitio, con la asistencia técnica del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (la planta emplea 16 personas e importa los insumos litiados desde Canadá y China). Más recientemente, en el marco del Fondo de Innovación Tecnológica Regional impulsado por la Agencia Nacional de CyT para “promover el desarrollo de nuevas tecnologías” en el interior del país, la Universidad Nacional de Jujuy impulsó la creación de Consorcios Asociativos Público-Privados (CAPP) relacionados con el litio. En abril de 2014, junto a YTEC, el CONICET y la empresa química Laring SA conformaron el CAPP “Litio Argentino”, con el objetivo de unificar estrategias para la obtención de financiamiento público. En el mes de mayo, presentaron un proyecto de “Recuperación de Boro en Salmuera de Litio” junto a Sales de Jujuy SA, la empresa concesionaria del proyecto Olaroz.

Todos estos proyectos fueron presentados por la prensa masiva (nacional y provincial, oficialista y opositora), como “emprendimientos estratégicos” donde los diversos “actores” (empresas transnacionales, estados nacional y provincial, instituciones del sistema nacional de CyT y comunidades locales) habrían logrado una *exitosa sinergia productiva orientada hacia el desarrollo sostenible*. La contracara de estos anuncios, sin

embargo, es la vigencia del sistema de concesiones y del régimen de inversión minera diseñados en los años noventa, que ceden al capital transnacional la renta pública de recursos estratégicos a cambio de reducidos beneficios para los gobiernos provinciales.

En Argentina, las universidades públicas y los organismos de CyT se constituyeron en un escenario principal de *disputa cognitiva* para el desarrollo de los conflictos sociales en torno a la radicación de las nuevas explotaciones mega-mineras (Antonelli, 2010; Vacarezza, 2011). Por otra parte, la crítica predominante hacia el Sistema Nacional de CyT encuentra recurrentemente la causa del *atraso tecnológico* en dos fenómenos supuestamente auto-evidentes: la no vinculación con el sector productivo (crítica *desarrollista*) y la concentración geográfica de capacidades y recursos en los grandes centros urbanos (crítica *federalista*)⁸². De esta forma, las investigaciones sobre los usos tecnológicos del litio en acumuladores energéticos ambientalmente sostenibles permiten al poder político resolver la disputa cognitiva, reemplazando el problema de la propiedad de los recursos por la ambigua necesidad de *agregar valor* (de cambio) a las exportaciones de *commodities*. En definitiva, legitimando los proyectos mineros extractivos, se determina el propio curso de la red de CTI en litio que se busca fortalecer.

Desvinculados de la fase primaria, todos los proyectos relacionados con el litio se ven obligados a adoptar un modelo de desarrollo tecnológico de tipo “downstream” (hacia atrás), olvidando que el *factor clave* que da sentido a la planificación en este área estratégica particular es justamente la propiedad pública del recurso natural. En otras palabras, se trata de convertir la “ventaja natural” que supone la propiedad pública de una de las reservas de litio más importantes del mundo, en “ventajas competitivas dinámicas” que permitan a largo plazo el desarrollo de CyT autónoma al servicio de las necesidades (energéticas y ambientales) de la sociedad.

Al no cuestionar la privatización de los yacimientos públicos, la política de CyT en torno al litio se ve limitada a financiar diversas investigaciones cuyos resultados —en el mejor de los casos— serían *transferidos* a un pequeño sector privado local que difícilmente podría

⁸² El primer fenómeno se reduciría financiando asociaciones público privadas de I+D y el segundo abriendo más universidades y centros de CTI por todo el país.

competir en el complejo mercado mundial de baterías recargables. Superar la actual visión del *desarrollismo sostenible*, significaría ver en la alta rentabilidad internacional de los componentes de litio (carbonato de litio, litio metálico, cátodos, baterías recargables) no un fin sino un medio para desarrollar, a largo plazo, tecnologías de almacenamiento energético al servicio de necesidades sociales internas, como la expansión del suministro eléctrico y del transporte público a partir de nuevos esquemas energéticos ambientalmente sostenibles. Para que esta alternativa de desarrollo autónomo intensivo en ciencia y tecnología a lo largo de toda la cadena productiva del litio sea posible, deberán asociarse las actividades de la valiosa red de CTI con la recuperación de la propiedad pública nacional sobre los bienes naturales comunes.

4. Reflexiones finales

La importancia estratégica asignada por las principales automotrices del mundo a los grandes yacimientos de litio ubicados en los salares del altiplano sudamericano, es interpretada por el estado argentino como el resultado de un exitoso modelo de gestión minera basado en la explotación de *ventajas competitivas*. En función de esta imagen —sólo verificada en los crecientes volúmenes de inversión extranjera en exploración— los escasos debates públicos quedan reducidos a evaluar, de manera más o menos superficial, las llamadas “externalidades” de los proyectos privados y de las políticas públicas asociadas, tanto *positivas* (regalías, insumos, empleo, tecnología) como *negativas* (consumo de agua, contaminación, conflictos sociales). El análisis del proceso histórico de transformación de estos yacimientos públicos en concesiones privadas, nos permite indagar las características principales del modelo productivo de litio vigente en el país, revelando las condiciones sociales que lo hicieron posible y las que, en la actualidad, lo sostienen configurando un aspecto particular de la dependencia económica y tecnológica nacional.

1. *En el origen, reserva pública nacional por su valor de uso estratégico.* Después de la segunda guerra mundial, el estado argentino asumió la función de regulador y promotor de la industria nacional, en el marco

de un proceso de sustitución de importaciones que hasta mediados de los años setenta tuvo al capital productivo transnacional como el más dinámico. El sector público consolidó así una minería estatal orientada al abastecimiento de la producción interna, aunque crecientemente inspirada por los objetivos de *seguridad* y *desarrollo* promovidos por EEUU durante la Guerra Fría. En aquel contexto, la producción de la bomba de hidrógeno y las nuevas investigaciones sobre fusión nuclear en los países centrales, elevaron al litio a la categoría de recurso estratégico, por su uso en la obtención de combustible nuclear (tritio). Influídos por estos avances, los equipos de la Comisión Nacional de Energía Atómica y de la Dirección General de Fabricaciones Militares comenzaron a investigar los yacimientos de litio disponibles en el país, tanto de minerales (en producción de baja escala desde la década del treinta), como de las salmueras contenidas en los salares de la puna. Estos últimos formaban parte originalmente del Territorio Nacional de los Andes, y si bien con la disolución de 1943 fueron cedidos a las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy, las disposiciones excepcionales del Código de Minería para los minerales estratégicos (al igual que la breve Constitución Nacional de 1949), permitían ubicar al litio allí contenido en la categoría de *reserva pública*, en función de su estratégico valor de uso en el área de la energía nuclear. Con esa concepción, la DGFM llevó a cabo el Plan Salares para la exploración de las principales cuencas salinas de la Puna y en 1975 registró a su nombre las manifestaciones descubiertas sobre el Salar del Hombre Muerto, en la provincia de Catamarca. Sobre estos descubrimientos, dos décadas más tarde, la norteamericana FMC Corp. inauguraría uno de los proyectos de litio más importantes del mundo.

2. *Proceso de desposesión minera: régimen nacional, concesiones provinciales.* A partir de la década de 1970, los capitales de los países centrales respondieron a la caída de la tasa de ganancia bajo la hegemonía del sector financiero, migrando a la periferia asiática los tramos productivos más intensivos en mano de obra y desplegando sobre todo el globo nuevas formas de acumulación por desposesión. En cuanto a los yacimientos de litio en particular, un nuevo interés industrial específico nació de la crisis, impulsando el desarrollo de una nueva generación de baterías basadas en su alto potencial electroquímico y su baja densidad. En este contexto, las principales corporaciones mineras relocalizaron gran parte

de sus inversiones hacia los países de América Latina, donde los sectores dominantes subordinados a las redes del capital transnacional, habían impuesto regímenes de acumulación predominantemente financieros. En la Argentina, la forma particular que adoptó este largo proceso de desposesión minera, puede ser caracterizada a través de tres períodos históricos fundamentales:

- *1980-1982*: En el marco de la violenta dictadura militar, la Ley de Minería a Gran Escala de 1980 (N° 22.259) cedió a los gobiernos provinciales buena parte de las reservas fiscales nacionales, e incorporó al litio entre las sustancias concesibles de primera categoría en el Código de Minería, abriendo así la posibilidad de entregar al sector privado los recursos descubiertos en los salares de la Puna. A comienzos de 1982, la DGFM elaboró un llamado a licitación para la explotación de su proyecto de litio sobre el Salar del Hombre Muerto, que si bien debió suspender por la derrota en la guerra de Malvinas, sirvió para establecer relaciones con la Lithco de EEUU (actual FMC), principal productora de compuestos de litio del mundo.

- *1988-1992*: Durante la crisis de deuda externa e hiperinflación que acabó con el primer gobierno democrático, se dieron una serie de cambios sectoriales que constituyen la antesala de la nueva política minera. En cuanto al litio, en marzo de 1988 la DGFM adjudicó su proyecto a la FMC Corp., tres años antes de que comience el paradigmático proceso de privatizaciones que liquidaría definitivamente el tradicional sector minero-siderúrgico estatal (incluyendo todos los derechos mineros y laboratorios de la propia DGFM). De esta forma, junto al resto de los proyectos mineros metalíferos que a fines de los noventa entrarían en producción modificando todos los indicadores sectoriales (Minera Alumbrera, Cerro Vanguardia, Minera Aguilar), no fueron una consecuencia del “marco legal favorable a la inversión”, sino su causa. Una vez relocalizadas en el país, las corporaciones mineras ejercieron todo su poder político (agentes de *lobby*, estados de origen y organismos internacionales), para diseñar los marcos normativos y regulatorios a la medida de sus propias necesidades, sin la necesidad de atravesar ningún tipo de debate público o conflicto social de carácter nacional.

- *1993-1999*: En mayo de 1993, mientras la FMC Corp. decidía iniciar la construcción del *Proyecto Fénix* sobre el salar del Hombre Muerto,

el Banco Mundial publicaba los resultados de su extenso estudio sobre el sector minero argentino, con las consiguientes “recomendaciones” para adaptarlo a las necesidades del nuevo ciclo de inversiones:

- administración provincial de todos los recursos mineros,
- régimen nacional de inversiones mineras (amplios y estables beneficios fiscales),
- sector público asociado a los nuevos proyectos mineros,
- servicio geológico reorientado hacia las empresas mineras (SEGEMAR),
- evaluaciones ambientales dependientes de las autoridades mineras (UGAM)
- asimilación de las concesiones mineras a la propiedad privada.

Sobre la base de estas recomendaciones, los gobiernos y las legislaturas nacionales y provinciales aprobaron, entre 1993 y 1995, las principales normas —de fondo y de forma— que constituyen la Nueva Política Minera: fundamentalmente la Ley de Inversiones Mineras, el Acuerdo Federal Minero, la actualización del viejo Código de Minería y el artículo 124 de la nueva Constitución Nacional sobre el dominio provincial de los recursos naturales. A partir de 1996, el Banco Mundial implementó el Proyecto de Asistencia Técnica para el Desarrollo del Sector Minero Argentino (PASMA), guía de acción para la implementación de todas las reformas institucionales restantes, tanto nacionales como provinciales. Desde el punto de vista del gran capital minero transnacional, puede considerarse a la política económica inaugurada por la última dictadura militar y consolidada durante la década de 1990, como una larga etapa de acumulación por desposesión, basada en la provincialización y privatización de los yacimientos mineros y el diseño de un esquema normativo e institucional de beneficios fiscales nacionales y concesiones legales provinciales (transferibles, hipotecables y hasta heredables), capaz de proveer a las empresas toda la información geológica necesaria y de garantizarle la libre posesión de los recursos a lo largo del tiempo. En abril de 1998, la norteamericana FMC Corp. inauguró sobre el Salar del Hombre Muerto la cuarta producción de litio más importante del mundo, destinada íntegramente a la exportación.

3. *Nuevo desarrollismo sostenible: minería como condición de desarrollo provincial.* El fin de la convertibilidad en 2002, permitió el surgimiento de un nuevo ciclo productivo en el marco de una importante recuperación en los términos de intercambio a favor de las materias primas exportadas. En este contexto, la oferta de todos los yacimientos mineros provinciales para la *atracción* de inversiones extranjeras directas, fue delineando una nueva política sectorial, articulada por la secretaría de minería de la nación y los gobiernos de las principales provincias mineras:

- marco legal e institucional diseñado en los noventa,
- promoción de proveedores mineros locales,
- empresas públicas mineras provinciales,
- licencia social municipal o comunal.

De esta forma, tanto el sistema de concesiones directas como las nuevas políticas de “sustitución de importaciones mineras”, definen en la actual etapa el sustento social interno del régimen de inversiones mineras, basado en la especulación inmobiliaria sobre las propiedades mineras y la repentina creación de cámaras provinciales de proveedores de servicios mineros. A diferencia del modelo neoliberal, la cesión de la renta minera al capital transnacional a cambio del *desarrollo* de pequeñas burguesías provinciales, requiere de una activa política pública para garantizar su *sostenibilidad* frente a los conflictos eco-territoriales que las nuevas explotaciones pudieran generar. Estas políticas públicas del *desarrollismo sostenible*, suman al esquema de beneficios nacionales y concesiones provinciales, la asociación minoritaria de nuevas empresas públicas provinciales en los principales proyectos mineros, fortaleciendo así las estrategias de *responsabilidad social empresarial* (RSE) sobre las comunidades locales.

4. *Modelo productivo del litio vigente en Argentina:* Los motivos que en 1993 llevaron a la FMC Corp. a iniciar la fase de construcción del *Proyecto Fénix* sobre el salar del Hombre Muerto, revelan los rasgos principales del modelo productivo de litio vigente en Argentina, recientemente adaptado a los nuevos postulados del desarrollismo sostenible:

- *Beneficios fiscales especiales:* Además del reducido, limitado y estable esquema impositivo garantizado por la Ley de Inversiones Mineras de 1993, las exportaciones mineras de la Región de la Puna (Catamarca, Salta y Jujuy), gozan de un régimen de reintegro adicional, originalmente del 5% y reducido a la mitad en enero de 2002, en el marco de la “emergencia pública”.
- *Empresas provinciales asociadas:* Tanto el viejo proyecto de la FMC Corp. como los más recientes de Lithium Américas y Orocobre-Toyota, acordaron desde el comienzo una participación minoritaria por parte de los respectivos gobiernos de Catamarca (3%) y de Jujuy (8,5%). Mientras el primer caso, con más de 15 años de elevadas exportaciones, es hoy cuestionado por la total falta de efectos sobre el “desarrollo local”, el segundo reduce toda la intervención pública a facilitar la importación de insumos y el movimiento de divisas de las empresas concesionarias, proponiendo a cambio una lista oficial de proveedores locales.
- *Usufructo absoluto sin fiscalización pública:* Si bien las empresas concesionarias exportan el carbonato de litio en forma de *commodity*, desde el punto de vista de la geopolítica mundial, constituye un *recurso energético estratégico* para la producción en gran escala de baterías recargables utilizadas por los nuevos vehículos eléctricos en pleno desarrollo tecnológico. Sobre la base del régimen que asimila las concesiones mineras a la *propiedad privada*, esta concepción geopolítica sobre los yacimientos de litio se revela en el sistemático rechazo por parte de las empresas concesionarias a cualquier medida que —potencialmente— pudiera apenas poner en duda el *derecho absoluto* sobre el destino de *sus* recursos. Esa actitud contraria a cualquier atisbo de fiscalización pública, llevó a la FMC Corp. a abandonar el contrato adquirido con el gobierno de Bolivia en 1993 para instalarse definitivamente en Catamarca, a desestimar sin mayor análisis un estudio de pre-factibilidad para la producción de litio metálico financiado por el estado argentino en 1999, e incluso a negarse a pagar el canon por consumo de agua reclamado desde 2010 por el gobierno de

Catamarca. Y más recientemente, llevó también a las empresas Orocobre y Minera Exar (asociadas en Jujuy con las automotrices japonesas Toyota y Mitsubishi, respectivamente) a negarse a vender en el mercado interno una ínfima parte de la producción piloto, y a aceptar luego como caso límite de intervención pública tolerable, un acuerdo con la empresa JEMSE para la venta eventual en el mercado interno (a precio internacional) de hasta un 5% de la futura producción de carbonato de litio.

- *Red CTI doblemente desvinculada:* El creciente interés de las principales automotrices del mundo en las baterías de ion-litio para abastecer los nuevos vehículos eléctricos, produjo recientemente en Argentina la emergencia de una serie de investigaciones relacionadas tanto con la producción primaria de litio químico, como con los dispositivos de almacenamiento y conversión electroquímica de energía. En la actualidad, se estaría gestando una suerte de red nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Litio, impulsada por la flamante Y-TEC (de YPF y CONICET), el Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Universidad Nacional de Jujuy y los institutos de investigación de CONICET que en los últimos años incorporaron al litio entre sus principales líneas de investigación. Sin embargo, desvinculados tanto de la trayectoria socio-técnica desarrollada por el estado hasta mediados de los años setenta, como de la producción primaria totalmente destinada a la exportación, los nuevos proyectos de CTI se ven obligados a adoptar un modelo de desarrollo tecnológico “hacia atrás”, olvidando que el verdadero *factor clave* que daría sentido a una planificación estratégica en esta área es la propiedad pública del recurso natural.
- *Carácter estratégico provincial por el valor de cambio:* La declaración oficial del carácter estratégico del litio en Jujuy y Catamarca, no significó la suspensión del sistema de concesiones directas sobre los salares, ni modificó las condiciones generales de explotación (según el Código de Minería, la determinación de sustancias minerales estratégicas pertenece al Poder Eje-

cutivo Nacional, aunque desde 1995 no aclara los fines por los que podría ejercer esa potestad). El carácter estratégico de los yacimientos nacionales de litio, pasó así de ser propuesto en los años sesenta en función de su *valor de uso*, científico e industrial, dado por el desarrollo de la energía nuclear en el país; a estar relacionado en la actualidad únicamente con su *valor de cambio*, o más específicamente con el elevado precio internacional del commodity dado por la creciente demanda de la industria electrónica y automotriz transnacional.

Podríamos sintetizar el problema analizado a lo largo del presente trabajo, de la siguiente manera: originalmente considerados como potenciales fuentes de insumos críticos para la industria y la defensa local, los yacimientos nacionales de litio en salmueras fueron transformados en concesiones mineras provinciales para la exportación de commodities, bloqueando en el presente la emergencia de una política nacional de desarrollo tecnológico autónomo, orientada por las necesidades energéticas y ambientales de la sociedad. Más allá del mercado mundial de vehículos eléctricos de alta gama, la tecnología de baterías ión-litio actualmente disponible (es decir, ya madura y compatible con las capacidades tecnológicas nacionales), permite la producción de acumuladores electroquímicos en un amplio rango de energías y el diseño de sistemas capaces de responder a las múltiples aplicaciones demandadas por la sociedad: desde dispositivos portátiles y vehículos de todo tipo, hasta el almacenamiento estático de energía generada por fuentes renovables (solar, eólica), tanto para consumo doméstico como industrial.

En el camino por la superación del modelo desarrollista dominante —que sólo ve a los bienes naturales comunes como potenciales concesiones privadas, asimilando el *desarrollo nacional* a la expansión de burguesías locales— la propiedad pública de las mayores reservas mundiales de litio y de los centros de investigación y desarrollo asociados (es decir, las *condiciones objetivas* del trabajo), emerge como una alternativa real sobre la base de sus potenciales valores de uso⁸³. Allí

⁸³ “James O’Connor define como ecosocialistas las teorías y los movimientos que aspiran a subordinar el valor de cambio al valor de uso, organizando la producción en función de las necesidades sociales y de las exigencias de la protección al

radica el verdadero carácter estratégico de este recurso, considerado un factor tecnológico clave para la emergencia de un nuevo paradigma de soberanía energética, basada en la combinación de sistemas integrados de generación y almacenamiento eficiente a partir de fuentes alternativas⁸⁴.

No se trata de restituir la vieja estrategia desarrollista de un estado autoritario decidido a garantizar la seguridad interna, ni tampoco de disolver mágicamente las relaciones productivas basadas en la primacía del valor de cambio. Superar la visión dominante del *desarrollismo sostenible*, significa poder aprovechar la alta rentabilidad internacional de los variados componentes de litio (carbonato de litio, materiales catódicos, baterías recargables), como un *medio* para financiar —a mediano y largo plazo— un plan integral de industrialización, orientado a satisfacer las propias necesidades —ambientales y energéticas— de la sociedad. Más concretamente, tanto la reserva fiscal sobre todos los yacimientos de litio en salmueras como la creación de una empresa pública de base tecnológica para la exploración, explotación, investigación e industrialización, emergen como una alternativa real a la dependencia-extractivista argentina.

medioambiente. Su objetivo común, un socialismo ecológico, se traduciría en una sociedad ecológicamente racional, fundada sobre el control democrático, la igualdad social y la predominancia del valor de uso. Yo agregaría que esta sociedad supone la propiedad colectiva de los medios de producción, una planificación democrática que permita a la sociedad definir los objetivos de la producción y las inversiones, y una nueva estructura tecnológica de las fuerzas productivas”. (Löwy, 2011: 30).

⁸⁴ Siguiendo la estrategia de UNASUR para el aprovechamiento de los recursos naturales, es posible “establecer criterios diferenciadores de minerales en función de su potencial como insumo para industria, y específicamente para los sectores industriales estratégicos que se pretenda promover con políticas de estado. Este criterio restringe el universo de minerales extraíbles [...] [y permite] priorizar aquellos que redunden en una menor demanda hídrica y energética.” (Saguier, 2013: 15).

Bibliografía

- Antonelli, Mirta (2010), “Minería transnacional y dispositivos de intervención en la cultura”, en Antonelli y Svampa (edit.), *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales*, Editorial Biblos, Buenos Aires.
- Aranda, Darío (2013), “Voto calificado”, *ComAmbiental*, 25 de Octubre. Disponible en <www.comambiental.com.ar/2013/10/voto-calificado.html>.
- Arceo, Enrique (2004), “La crisis del modelo neoliberal en Argentina I y II” en *Realidad Económica*, N° 207, Buenos Aires.
- Arceo, Enrique (2011), “El largo camino a la crisis. Centro, periferia y transformaciones de la economía mundial”, *Cara o Ceca*, Buenos Aires.
- Azpiazu, Daniel y Schorr, Martín (2001), “Privatizaciones, rentas de privilegio, subordinación estatal y acumulación de capital en la Argentina contemporánea”, IDEF de CTA, Buenos Aires.
- Basualdo, Eduardo (2010), “*Estudios de historia económica argentina*”, Siglo XXI, Buenos Aires.
- Bolívar Echeverría (1998), “Valor de uso y utopía”, Siglo XXI Editores, México.
- Bridge, Gavin (2004), “Mapping the Bonanza: Geographies of Mining Investment in an Era of Neoliberal Reform”, en *The Professional Geographer*, Association of American Geographers, Vol. 56, N° 3, Agosto, Oxford.
- Colectivo Voces de Alerta (2011), “15 mitos y realidades de la minería transnacional en la Argentina”, *El Colectivo/Herramienta*, Buenos Aires.
- Feenberg, Andrew (2012), “Transformar la tecnología. Una nueva visita a la teoría crítica”, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.
- Gaggero, Alejandro; Schorr, Martín y Wainer Andrés (2014), “Restricción eterna, el poder económico durante el kirchnerismo”, *Futuro Anterior Ediciones*, Buenos Aires.
- Gallardo, Susana (2011), “La fiebre comienza. Extracción de litio en el Norte argentino”, en *Revista Exactamente*, Año 18, N° 48, UBA, Septiembre.

- Gilly, Adolfo (1990), “La anomalía argentina (Estado, corporaciones y trabajadores)”, en Adolfo Gilly, *El Estado en América Latina: teoría y práctica*, Siglo XXI, México DF.
- Goonan, Thomas (2012), “Lithium use in batteries”, USGS, Virginia. Disponible en <pubs.usgs.gov/circ/1371/pdf/circ1371_508.pdf>.
- Gramsci, Antonio (2007), “Escritos Políticos (1917-1933)”, Siglo XXI, México DF.
- Grosjean Camille, Miranda Pamela, Perrin Marion, Poggi Philippe (2012), “Assessment of world lithium resources and consequences of their geographic distribution on the expected development of the electric vehicle industry”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* N° 16, p. 1735– 1744.
- Harvey, David (2004), “El nuevo imperialismo: acumulación por desposesión” en *Socialist Register*, CLACSO, Buenos Aires.
- Kesler Stephen, Gruber Paul, Medina Pablo, Keoleian Gregory, Everson Mark, Wallington Timothy (2012), “Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposit”, *Ore Geology Reviews* 48, p. 55–69.
- Lagos, Gustavo (2012), “El desarrollo del litio en Chile: 1984–2012”, Centro de Minería Pontificia Universidad Católica de Chile, 15 de agosto. Disponible en <www.gustavolagos.cl/uploads/1/2/4/2/12428079/el_desarrollo_del_litio_en_chile_g_lagos_21-8-12_a.pdf>.
- Llomovatte, Silvia. (2006), “Para una crítica del modelo de la triple hélice: Universidad, Empresa y Estado”, en Llomovatte (cord.), *La vinculación universidad-empresa: miradas críticas desde la Universidad pública*, Miño y Dávila, Buenos Aires.
- Löwy, Michael (2011), “Ecosocialismo. La alternativa radical a la catástrofe ecológica capitalista”, *El Colectivo - Herramienta*, Buenos Aires.
- Lugones Gustavo y Porta Fernando (2011), “Investigación científica e innovación tecnológica en Argentina: impacto de los fondos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica”, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.
- Marini, Ruy Mauro 2007 (1991), “Dialéctica de la dependencia” en Marini, Ruy Mauro *América Latina, dependencia y globalización*, CLACSO/Prometeo, Buenos Aires.
- Mattei, Ugo (2011), “Límite a las privatizaciones: ¿Cómo frenar el saqueo de los bienes comunes?”, *Le Monde Diplomatique*, Diciembre.

- Mercado, Alexis y Córdova, Karenia (2014), “Desarrollo tecnológico en baterías e impulsión eléctrica ¿Sistemas tecnológicos disruptivos promovidos por imperativos ambientales?”, Cuadernos del CENDES, vol. 31, núm. 85, enero-abril, pp. 1-21, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Munarriz, Gerardo (2008), “Rhetoric and Reality: The World Bank Development Policies, Mining Corporations, and Indigenous Communities in Latin America”, en *International Community Law Review*, Vol. 10, Issue 4, diciembre, Koninklijke Brill NV, Leiden.
- Nacif, Federico (2012), “Bolivia y el Plan de Industrialización del Litio. Un reclamo histórico”, en *Revista del CCC*, N° 14/15, enero/agosto, Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini, Buenos Aires. Disponible en <www.centrocultural.coop/revista/articulo/322/>.
- Nacif, Federico (2012), “Bolivia y el Plan de Industrialización del Litio 100% Estatal: desarrollo autónomo y soberanía energética”, *Revista La Migraña*, Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia, Año 1, N° 3, diciembre, p. 88-104. Disponible en <www.vicepresidencia.gob.bo/IMG/pdf/la-migrana-003.pdf>.
- Nacif, Federico (2014), “El litio en Argentina: de insumo estratégico a commodity”, en *Revista Herramienta* N° 54, Año XVII, Otoño, p. 101-117. Disponible en <www.herramienta.com.ar/revista-herramienta-n-54/el-liti-en-argentina-de-insumo-estrategico-commodity>.
- O’Connor, James (2002) “¿Es posible el capitalismo sostenible?”, en Alimonda, Héctor (comp.) (2002) *Ecología Política. Naturaleza, sociedad y utopía*, Buenos Aires: CLACSO. Disponible en <bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/ecologia/connor.pdf>.
- Rougier, Marcelo (2013), “Militares e industria. Las alternativas de la producción minero-metalúrgica en la Argentina”, en Marcelo Rougier (comp.), *Estudios sobre la industria argentina 3*, p. 267 – 310, Lenguaje Claro Editora, Buenos Aires.
- Schorr, Martín y Wainer Andrés (2005), “Argentina: ¿muerte y resurrección? Notas sobre la relación entre economía y política en la transición del ‘modelo de los noventa’ al del ‘dólar alto’”, en *Realidad Económica*, N° 211, Buenos Aires, abril/mayo.
- Seoane, José; Taddei, Emilio y Algranati, Clara (2013), “Extractivismo, despojo y crisis climática”, Herramienta y El Colectivo, Buenos Aires.
- Sommi, Luis (1956), “La minería argentina y la independencia económica”, Editorial Raigal, Buenos Aires.

- REDAJ (2012), “Litio, la paradoja de la abundancia”, Informe preliminar de la Red de Asistencia Jurídica contra la Megaminería, Diciembre. Disponible en <www.copenoa.com.ar/IMG/pdf/litio.pdf>.
- Svampa, Maristella y Viale, Enrique (2014), “Maldesarrollo. La Argentina del extractivismo y el despojo”, Katz Editores, Buenos Aires.
- Vaccarezza, Leonardo (2011), “Conflicto en torno a una intervención tecnológica: Percepción del riesgo ambiental, conocimiento y ambivalencia en la explotación minera de Bajo Alumbrera”, en Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, vol. 6, N° 17.

Fuentes periodísticas

- Clarín* (2011), “Dicen que Argentina, Bolivia y Chile podrían crear una “OPEP del litio””. Disponible en <www.ieco.clarin.com/economia/Dicen-Argentina-Bolivia-Chile-OPEP_0_508149441.html>.
- El Cable* (2013), “YTEC”, Nro. 820, 30 de Mayo. Disponible en <exactas.uba.ar>.
- El Esquiú*, (2012), “Minera del Altiplano no paga ni el agua”, 18 de septiembre. Disponible en <www.lesquiui.com/edicion/18-09-2012/>.
- El Esquiú*, (2014), “Defienden la gestión en Minera del Altiplano”, 28 de marzo. Disponible en <www.lesquiui.com/edicion/18-03-2014/>.
- El Inversor* (2013), “Los inversores que no entiendan el aporte de las mineras provinciales no tendrán éxito en la Argentina”, 17 de mayo. Disponible en <www.inversorenergetico.com.ar/tag/james-calaway/>.
- El Inversor* (2014), “Los países del Cono Sur compiten para posicionarse en el mercado del litio”, 6 de agosto. Disponible en <elinversoronline.com/2014/08/los-paises-del-cono-sur-compiten-para-posicionarse-en-el-mercado-del-litio/>.
- El Inversor* (2015a), “Por un registro de la Afip, mineras denuncian una burocratización de la actividad”, 10 de Febrero. Disponible en <elinversoronline.com/2015/02/por-un-nuevo-registro-fiscal-de-la-afip-mineras-denuncian-una-burocratizacion-de-la-actividad/>.
- El Inversor* (2015b), “Catamarca: Minera norteamericana aceptó pagar canon por el agua que consume”, 24 de febrero. Disponible en <elinversoronline.com/2015/02/catamarca-minera-norteamericana-acepto-pagar-canon-por-el-agua-que-consume/>.
- El Libertario* (2014), “Litio - Destacan el arribo de la planta piloto de la Minera Exar”, 05 de Noviembre, Jujuy. Disponible en <www.ellibertario.com>.

com/2014/11/05/litio-destacan-el-arribo-de-la-planta-piloto-de-la-minera-exar/>.

El Tribuno (2012), “La Corte reafirmó derechos de Salta en suelos de la Puna”, 25 de octubre. Disponible en <www.eltribuno.info/la-corte-reafirmo-derechos-salta-suelos-la-puna-n215968>.

El Tribuno (2013), “Aspectos legales y licencia social sobre la minería”, 25 de diciembre. Disponible en <www.eltribuno.info>.

MDZ (2014), “Minería: ¿desarrollo genuino o negocio inmobiliario?”, 12 de octubre. Disponible en <www.casemi.com.ar/?p=810>.

Página12 (2013), “Van por el subsuelo cordillerano”, 15 de enero. Disponible en <www.pagina12.com.ar/diario/economia/2-211847-2013-01-15.html>.

Panorama Minero (1994), Edición N° 180, Abril de 1994.

Portal Minero (2015), “Cauchari-Olaroz, Primera producción de litio para exportación con tecnología POSCO”, 21 de Enero de 2015. Disponible en <www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=96739101>.

PV Magazine (2014), “Auge de las baterías de litio”, 21 de agosto. Disponible en <www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/auge-de-las-bateras-de-litio_100016338/>.

Salta.gov.ar (2014), “Urtubey recibió un informe de los avances del proyecto de carbonato de litio y cloruro de potasio en la Puna salteña”, 3 de octubre. Disponible en <www.salta.gov.ar/prensa/noticias/34241>.

Tiempo Argentino (2012), “Ante la Corte, pueblos originarios se quejaron por la expansión minera”, 29 de Marzo. Disponible en <tiempo.infonews.com/nota/128234/ante-la-corte-pueblos-originarios-se-quejaron-por-la-expansion-minera>.

Documentos

Angelelli, Vittorio y Rinaldi, Carlos (1963), “Yacimientos de Minerales de Litio de las Provincias de San Luis y Córdoba”, CNEA, Informe N° 91, Buenos Aires.

Buitelaar, R. (comp.) (2002), “Aglomeraciones mineras y desarrollo local en América Latina”, Alfaomega/CEPAL/IDRC, Bogotá.

Catalano, Edmundo (1999), “Código de Minería comentado”, Editorial Zavalía, Buenos Aires.

- Catalano, Edmundo (2000), “La modernización del Código de Minería en el Proyecto PASMA. Conferencia pronunciada en la Universidad de Champagnat de Mendoza durante las jornadas mineras en el mes de Octubre de 1999”, en *Panorama Minero* N° 252, septiembre, Buenos Aires.
- Catalano, Luciano (1964), “Boro – Berilio – Litio (una nueva fuente natural de energía)”, Subsecretaría de Minería de la Nación, Estudios de Geología y Minería Económica, Serie Argentina N° 3, Buenos Aires.
- CIECTI (2014), “Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo”, Andrés Castello, Marcelo Kloster, Fernando Porta, Gustavo Baruj e Iván Zweig, Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación -CIECTI, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Diciembre, Buenos Aires.
- COCHILCO (2013), “Mercado Internacional del Litio”, Comisión Chilena del Cobre, Dirección de Estudios, Diciembre. Disponible en <www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/litio/Mercado_Internacional_del_Litio.pdf>
- Córdoba, Osvaldo y Saravia Frías, Carlos (2002), “Síntesis ejecutiva del avance técnico y financiero del PASMA”. Disponible en <mineria.sanjuan.gov.ar/pasma/pdf/PASMA-B.pdf>.
- Duhalde, Julio (1999), “Análisis económico de la posibilidad de surgimiento de industrias metalúrgicas a partir del desarrollo de la minería en la Argentina. Influencia del MERCOSUR y del Tratado de Integración Minera con Chile”, XXXIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, noviembre, Buenos Aires.
- Duhalde, Julio (2000), “Estudio de pre-factibilidad de una planta productora de litio metálico”, Secretaría de Industria, Comercio y Minería, marzo, Buenos Aires.
- IMExbiz (2014), “Análisis del Mercado de litio”, presentación de Fernando Villarroel, III Seminario Internacional del Litio, Panorama Minero, Catamarca, Abril. Disponible en <www.imexbiz.com/sites/default/files/LiMarket.pdf>.
- Kirchner, Néstor (2004), “Plan Minero Nacional”, Discurso del señor presidente de la Nación, doctor Néstor Kirchner, Salón Blanco de la Casa de Gobierno, 23 de enero. Disponible en Antonelli y Svampa (edit.), *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales*, Editorial Biblos, Buenos Aires.

- Jordán, Rita, Sarudiansky, Federico, Watanabe, Guillermo, Tassile, Liliana, Rodríguez, Inés, Daneri, Raúl (2004), “Actualización del informe de impacto económico del proyecto minero Bajo de la Alumbrera”, Universidad Nacional de San Martín. Disponible en <www.alumbrera.com.ar/art-003-a.asp>.
- Méndez, Vicente (2004), “Litio contenido en salmueras de salares de la Puna”, en Lavandaio, Eddy y Catalano, Edmundo (eds), *Historia de la minería argentina*, SEGEMAR, Buenos Aires, octubre, pp. 11-20.
- Méndez, Vicente (2010), “Evolución histórica del sector minero en la República Argentina”, Secretaría de Minería de la Nación, Buenos Aires. Disponible en <capacitacion-sicp.mecon.gov.ar/documentos/clase6_dr_mendez.pdf>.
- MinCyT (2011), “Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos estratégicos 2012-2015”. Disponible en <www.mincyt.gob.ar/publicaciones>.
- MMSD (2002), “Abriendo brechas”, IIED/WBCSD. En <www.iied.org/mmsd>.
- MMSD América del Sur (2002), “Minería, minerales y desarrollo sustentable en América del Sur”, CIPMA/IDRC-IIPM. En <www.iied.org/mmsd>.
- Moori Koenig, Virginia y Bianco, Carlos (2003), “Industria minera; Estudio 1 EG.33.6; Préstamo BID 925/OC-AR. Pre II”, CEPAL-ONU, Buenos Aires.
- Orocobre (2011), “The Next Low Cost Lithium Producer”, mayo, Brisbane. Disponible en <www.orocobre.com.au/PDF/4May2011_DFS%20Presentation.pdf>.
- Perón, Juan Domingo (1951), “Código de Minería. Proyecto del Poder Ejecutivo”, Dirección General de Publicaciones, Biblioteca y Archivo, Ministerio de Justicia de la Nación.
- PNAS (2014), “Conflict translates environmental and social risk into business costs”, Proceedings of the National Academy of Sciences, National Academy of Sciences, 12 May. Disponible en <http://www.pnas.org>.
- Prado, Oscar (2005), “Situación y perspectivas de la minería metálica en Argentina”, en *Serie recursos Naturales e Infraestructura* N° 91, CEPAL, Santiago de Chile.
- Roskill (2013), “Lithium: Market Outlook to 2017”, 12th edition. Disponible en <www.roskill.com/reports/minor-and-light-metals/lithium/leaflet>.

- Saguier, Marcelo (2013), "Minería para el Desarrollo Integral en la Estrategia de UNASUR", FLACSO, Documento de Trabajo N° 70, Octubre.
- SEGEMAR (2003), "Sales", Seminario de estudios sobre el ciclo minerales-materiales, Servicio Geológico Minero Argentino y Universidad Nacional de San Martín, Publicación Técnica N° 9, Diciembre.
- Subsecretaría de Minería de la Nación (1997), "Evaluación Ambiental Sectorial Minera para el PASMA II", Unidad de Gestión Ambiental Nacional (Buenos Aires) diciembre.
- Subsecretaría de Minería de la Nación (2004), "El PASMA (Proyecto de Asistencia al Sector Minero Argentino) como instrumento para el desarrollo sostenible de la actividad", Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Disponible en <www.mineria.sanjuan.gov.ar/pasma/pdf/PASMA-1.pdf>.
- USGS (2013), "Mineral Commodity Summaries", U.S. Geological Survey, Enero, p. 94-95. Disponible en <minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2013/mcs2013.pdf>.
- Valls, M. (2006), Código de Minería de la República Argentina, anotada, comentada y concordada, Lexis Nexis, Buenos Aires.
- World Bank (1993), "Argentina - Mining sector review", The World Bank, Washington DC. Disponible en <documentos.bancomundial.org/curated/es/1993/06/735189/argentina-mining-sector-review>.
- World Bank (1996), "A Mining Strategy for Latin America and the Caribbean", The World Bank, Technical Paper N° 345, Washington DC. Disponible en <www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1999/08/15/000009265_3970625091425/Rendered/PDF/multi0page.pdf>.
- World Bank (2002), "Argentina - Mining Sector Development Technical Assistance Project", The World Bank, Washington DC. Disponible en <documents.worldbank.org/curated/en/2002/11/2077725/argentina-mining-sector-development-technical-assistance-project>.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY: LITIO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

*Lizardo Gonzalez*¹

Antecedentes

La Universidad Nacional de Jujuy, fundada en el año 1973, es la única universidad pública nacional de la Provincia de Jujuy. La misma cuenta con cuatro Facultades (Ciencias Económicas, Ciencias Agrarias, Ingeniería y, Humanidades y Ciencias Sociales) y cinco institutos de investigación, de los cuales dos de ellos están vinculados directamente con la minería (Instituto de Tecnologías Mineras e Industriales e Instituto de Geología y Minería). Posee un plantel de docentes e investigadores que han estudiado, desde diferentes perspectivas, los recursos naturales de los que dispone la Provincia de Jujuy, entre ellos el litio. Cuentan con la experiencia de trabajar o haber trabajado en empresas privadas o como consultores en los distintos proyectos de litio del noroeste argentino (Olaroz, Cauchari, Salinas Grandes, Rincón, Salar del Hombre Muerto, Sal de Vida y otros). La relación entre la Universidad y el estudio del recurso litio comenzó desde el campo de la geología, mediante el aporte de profesionales de dicha especialidad abocados al estudio de las reservas de litio en los salares localizados en la provincia de Jujuy. El interés económico del litio fue incrementándose ya que resulta productivo para la acumulación de energía para dispositivos electrónicos portátiles y como alternativa “limpia” a los combustibles fósiles mediante su empleo en autos híbridos y eléctricos. Propor-

¹ Economista, director del Centro de Estudios en Comercio Internacional, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Jujuy.

cionalmente a ello, también fue creciendo la curiosidad de docentes e investigadores de otros campos del conocimiento que comenzaron proyectos de investigación vinculados al litio.

Sin embargo, a pesar de la visibilidad que toma el litio a partir del año 2010 y más aún desde el año 2011 con la sanción del Decreto Acuerdo N° 7592 del Poder Ejecutivo de la Provincia de Jujuy que declara al litio como **“recurso natural estratégico generador del desarrollo socio económico de la Provincia de Jujuy”**, la UNJu no tomó ninguna decisión orgánica referida a asignar recursos o motivar a docentes e investigadores a que se especialicen en los diferentes procesos productivos y sus problemáticas (sociales, ambientales, tributarias, energéticas, legales). El mencionado Decreto también creó un Comité de Expertos para evaluar la factibilidad de los proyectos de explotación de los salares localizados en Jujuy; entre sus integrantes, en el Art. 2, se designa un experto propuesto por la UNJu. El Ing. Oscar Huertas, miembro del Instituto de Tecnologías Mineras e Industriales (INTEMI) y de la Facultad de Ingeniería, tuvo a su cargo representar a la UNJu en dicho Comité.

Mientras el Comité de Expertos evaluó los proyectos presentados por las empresas Sales de Jujuy (Proyecto Olaroz) y Minera EXAR (Proyecto Cauchari), la Universidad contribuyó con profesionales, docentes e investigadores asesorando a dicho comité. Entre otros trabajos, se puede mencionar un informe realizado por el Centro de Estudios en Comercio Internacional de la Facultad de Ciencias Económicas en el año 2012 sobre el Impacto Económico del Proyecto Olaroz, en el cual se realiza un análisis de sensibilidad e impacto en la economía provincial de la ejecución del proyecto.

Situación Actual

La situación cambia en el año 2014 con la asunción de las nuevas autoridades de la UNJu. Con el nuevo rector, el Licenciado en Biología Rodolfo Tecchi² comienza la implementación de una serie

² Es importante destacar que Tecchi proviene de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y de desempeñarse como **Ministro de Educación de la Provincia de Jujuy** durante el período diciembre del 2011 hasta que asume su

de medidas tendientes a fortalecer la presencia de la Universidad en la temática del Litio.

Actualmente la política de la Universidad Nacional de Jujuy respecto al litio tiene un rol protagónico. La UNJu ocupa un lugar central como institución formadora de capital humano, y generadora de conocimiento para el desarrollo socio-económico de la provincia de Jujuy. El Consejo Superior aceptó la propuesta del Rector Lic. Rodolfo Tecchi y tomó la decisión de crear un grupo de trabajo llamado Comisión Asesora del Rectorado sobre Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico relativos al Litio. Si bien no existe aún una política formal escrita respecto del accionar de los diferentes estamentos de la UNJu pueden destacarse los siguientes ejes:

- Formación de Capital Humano a nivel pre-grado, grado y post-grado.
- Creación de un Centro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico relativo al Litio.

cargo en la UNJu en mayo del 2014, teniendo una activa participación en las políticas provinciales referentes al litio, e integrando el Comité de Expertos creado en el año 2012. Una de sus acciones de gobierno como Ministro de Educación fue la creación en febrero del año 2012 de la **Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva** dentro de la cartera educativa. Desde dicha Secretaría de Estado a partir del 2012 se realizaron diversas actividades vinculadas a la formación de recursos humanos, vinculación tecnológica con centros de investigación de Buenos Aires (INQUIMAE, UBA), Córdoba (FAMAF, UNC) y La Plata (INIFTA, UNLP) y acciones de difusión y promoción de la actividad de investigación en el ámbito universitario. Entre las actividades realizadas se encuentran la organización de una visita de expertos en electroquímica que participaron del Simposio Internacional sobre Baterías de Litio-Aire organizado por el INQUIMAE en septiembre del 2012, la visita del Dr. Doron Aurbach de la Universidad de Tel Aviv y uno de los expertos de mayor prestigio mundial en el tema baterías de litio, la conformación de un grupo de estudiantes de ingeniería química interesados en proyectos vinculados al litio y la firma de un convenio en el año 2013 con la empresa Aceros Zapla (AZ) por la cual dicha empresa privada realiza la concesión al Gobierno de la Provincia de Jujuy por 50 años de un edificio de 2.500 m² donde funcionaba la Administración de AZ para la creación de un Centro de Desarrollo Tecnológico del Litio, lo cual se ampliaría en el 2014 con la participación de la Universidad Nacional de Jujuy, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), y la empresa YPF Tecnología S.A. (Y-Tec).

- Vinculación con el Sector Privado en proyectos de Desarrollo Tecnológico.
- Observatorio de Vigilancia Tecnológica en temas relativos al Litio en temas científicos, tecnológicos, económicos, financieros, ambientales y sociales.
- Asesoramiento al Estado en Políticas Públicas relativos al Litio y otros Recursos Estratégicos.

A continuación se presenta una revisión de los Institutos de Investigación y de las acciones realizadas por la Universidad en torno a los mencionados ejes:

Instituto de Geología y Minería (IDGyM)

Este instituto -creado en el año 1974- es una entidad dedicada a la investigación, formación de recursos humanos y asistencia técnica en el campo de la Geología y Minería de la Provincia de Jujuy. Por el momento su participación en las actividades de la UNJu referidas al litio ha sido limitada, aunque cuenta con equipamiento para realizar estudios de minerales y un equipo de investigadores (geólogos e ingenieros de minas) con gran experiencia y conocimiento del territorio provincial. Es importante destacar asimismo las actividades de difusión y capacitación organizadas por el Instituto con el fin de informar a la comunidad y a los interesados las características geo-mineralógicas de las reservas de litio de Jujuy.

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre el Litio y sus Aplicaciones Gral. Manuel Savio

El 14 de noviembre de 2014 se firmó un convenio marco entre CONICET, Y-Tec, la UNJu y el Gobierno de la Provincia de Jujuy para la creación de un Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre el Litio y sus Aplicaciones, radicado en la ciudad de Palpalá, en el predio industrial de la empresa siderúrgica Aceros Zapla S.A. (ex Altos Hornos Zapla). Esta iniciativa cuenta además con el apoyo económico

del Ministerio de Infraestructura de la Nación. Dicho Centro -como continuación del convenio firmado en el año 2013 entre la empresa AZ y el gobierno de Jujuy- estará radicado en el edificio que perteneció a la administración de la empresa Altos Hornos Zapla. Posee un alto valor simbólico por lo que representó esta empresa en el contexto del desarrollo industrial provincial y nacional.³). Su nombre rinde homenaje al creador de la empresa Altos Hornos Zapla, General Manuel Savio.

Sus principales objetivos son: las investigaciones referidas a los procesos de extracción y purificación del litio proveniente de los salares de la Puna, el desarrollo de soluciones tecnológicas a los requerimientos ambientales, energéticos, de proceso o de calidad de producto, la vinculación con otros centros de investigación y desarrollo tecnológico nacionales e internacionales que trabajen temas vinculados al litio, el estudio socio-económico de la cadena de valor del litio, y la formación de capital humano especializado para lo cual se está gestionando la radicación de científicos por medio de becas CONICET.

Consortio Asociativo Público-Privado “Litio Argentino”

A fines del año 2013, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCyT), lanzó la convocatoria FITR 2013 para promover proyectos de desarrollo y transferencia tecnológica en el interior del país. El litio es incluido como núcleo socio productivos estratégicos (NSPE) a desarrollar dentro del eje “Industria” del Plan Argentina Innovadora 2020 impulsado por el MINCyT. La Universidad Nacional de Jujuy conformó en abril y mayo del 2014 dos consorcios asociativos público-privado (CAPP) para acceder al financiamiento de esta convocatoria.

El primer consorcio se realizó junto con la empresa Laring San Luis S.A. y con YPF Tecnología S.A. (Y-Tec). Se desarrolló una planta piloto para la obtención y purificación de litio mediante un proceso

³ Allí se llevó a cabo la primera colada de arrabio en Argentina en 1945, y que posteriormente junto a SOMISA por medio de la Ley 12.987 conocida como *Plan Savio* fue pilar de la política siderúrgica nacional del primer gobierno del general Perón.

electroquímico diferente al proceso evaporítico empleado actualmente. Este proyecto contempla el estudio geológico, social y ambiental del lugar en el que se ubican los proyectos Olaroz y Cauchari en la provincia de Jujuy. El otro consorcio se conformó junto a la empresa privada Sales de Jujuy S.A. y a la empresa estatal provincial JEMSE (Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado) para el desarrollo de un proceso de obtención de boratos por solventes. Luego de las evaluaciones realizadas por la Agencia, a fines de 2014 fue aprobado el financiamiento parcial del proyecto denominado “Litio Argentino: del Salar a la Batería” presentado por el primer CAPP con Y-TEc y Laring San Luis S.A. y con apoyo técnico de personal del INQUIMAE (UBA) y del FAMAF (UNC), el cual se ejecutará a partir del segundo semestre del año 2015 en las instalaciones del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre el Litio y sus Aplicaciones, con sede en la ciudad de Palpalá a 13 km de la ciudad capital San Salvador de Jujuy. El proyecto tiene una duración de tres años y recibirá un financiamiento total aproximado de 11 millones de pesos.

Comisión Asesora del Rectorado sobre Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico relativos al Litio

A fines del año 2014, el Rector UNJu creó dicha comisión mediante resolución RN° 2303/14. Entre sus considerandos, se indica que “La Universidad Nacional de Jujuy posee oportunidades significativas para desempeñarse como un centro de excelencia para el desarrollo de investigaciones científicas relacionadas con la exploración, explotación e industrialización en la cadena de valor del litio”, y que “para una mejor programación de acciones de formación e incorporación de recursos humanos especializados, y de formulación y ejecución de proyectos, es aconsejable integrar una comisión asesora del Rectorado para analizar las distintas iniciativas y la conveniencia de su puesta en marcha”.

La Comisión está presidida por el Dr. Daniel Galli (Dr. en Química) y está integrada por docentes e investigadores de las Facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas con antecedentes y experiencia en temas vinculados a los procesos productivos del litio. Entre las actividades de la Comisión, se hallan las referidas a la organización de la primera Escuela Provincial de Litio, el análisis de propuestas de

políticas públicas y de una carrera de posgrado vinculadas al litio y otros minerales estratégicos.

Formación de Capital Humano especializado en Litio: 1ª. Escuela provincial de litio

La principal función de la Universidad Nacional de Jujuy mantiene relación con la formación de capital humano bajo las premisas y demandas de la sociedad. Por otra parte, la Universidad constituye un espacio en el cual la comunidad universitaria debate la necesidad de contar con personal de pre-grado, grado y post-grado conocedor de las demandas de profesionales en las diferentes etapas de la cadena de valor del litio. Con este fin, la Comisión Asesora del Rectorado sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico relativo al Litio (“Comisión de Litio de la UNJu”) organizó en abril de 2015, una actividad destinada a estudiantes avanzados y jóvenes profesionales de las carreras de Geología, Ingeniería de minas, Ingeniería química e Ingeniería industrial. La misma contó con la presencia de disertantes destacados a nivel nacional e internacional, y con más de setenta participantes.

Facultad de Ciencias Económicas (FCE) Centro de Estudios en Comercio Internacional (CECI)

Creado inicialmente como Centro de Estudios del Este Asiático (CEEA, 2005), depende del Instituto de Investigaciones Económicas de la FCE de la UNJu, bajo la dirección del Lic. Lizardo González. Este Centro tiene como objetivo fomentar las investigaciones y las actividades de extensión vinculadas con temas económicos y con el comercio internacional de la Provincia de Jujuy y de la región del noroeste argentino. En el año 2011, se inicia un trabajo de investigación durante dos años financiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Estudios Regionales (SECTER) de la UNJu denominado “Oportunidades para la región del NOA a través de la explotación del Litio”. El mismo comienza una segunda parte durante el período 2013-2015. El objetivo principal es que Centro constituya un referente tanto a nivel nacional como regional en temas socio-económicos vinculados al litio.

A través de este proyecto se da curso a una serie de trabajos relacionados al estudio de la cadena de valor del litio y las reales posibilidades para que Jujuy, Salta y Catamarca puedan industrializar el litio y no exportarlo con un bajo valor agregado.

En el marco de este proyecto, se conforma un grupo de jóvenes profesionales de las Ciencias Económicas y otras Ciencias Sociales interesados en el estudio del litio. Entre las actividades de difusión, participa como expositor del Seminario Litio en Sudamérica 2013 realizado en Jujuy y se llevan a cabo seis seminarios que abordan, desde diferentes ángulos, la temática del desarrollo industrial y tecnológico de la cadena de valor del litio y su problemática en el NOA. Es importante destacar asimismo el rol de este equipo de investigación como promotor de políticas públicas que impulsa entre otros proyectos, una política de promoción industrial que favorezca la radicación de industrias vinculadas al litio en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. También es importante destacar el vínculo internacional que ha desarrollado con la Universidad de Antofagasta (Chile), a través del Centro de Investigación Avanzada del Litio y Minerales Industriales y de la Facultad de Ingeniería, proyectando trabajos de investigación conjuntos.

Facultad de Ingeniería

Las carreras que más se vincularon con los proyectos de explotación de los salares son la licenciatura en Ciencias Geológicas, Ingeniería de Minas, Ingeniería Química e Ingeniería Industrial. En menor medida, lo hicieron Ingeniería Informática y Licenciatura en Sistemas, ya sea por propuesta de sus docentes o por interés propio de alumnos motivados por las actividades de la UNJu y por la difusión en los medios de comunicación del alcance de los proyectos de producción de carbonato de litio.

Instituto de Tecnologías Mineras e Industriales (INTEMI)

Dependiente de la Facultad de Ingeniería, funciona el Instituto de Tecnologías Mineras e Industriales (INTEMI). Su misión es ofrecer

apoyo tecnológico a productores mineros con el propósito de conocer las características de sus minerales y la posibilidad de concentración, separación y purificación. Por otra parte, trabaja en la elaboración de Proyectos Mineros generales que van desde su formación geológica preliminar hasta el estudio de factibilidad de la puesta en marcha del emprendimiento minero global.

Proyectos de Investigación

Además de los estudios que se realizan en el IDGyM y del IN-TEMI, existen docentes designados en tareas de investigación y/o de extensión vinculados al litio. En este sentido, merece destacarse la dedicación de algunos docentes como el Dr. José Luis Zacur (miembro de la Comisión del Litio de la UNJu, Director Técnico del proyecto “Del Salar a la Batería”, docente e investigador). Zacur dirige trabajos de tesis final de alumnos que estudian los procesos productivos de productos derivados del litio como hidróxido de litio, litio metálico, y otros.

Conclusiones

La Universidad Nacional de Jujuy se ha convertido en protagonista central en la región respecto de su vinculación al litio. No sólo en Jujuy, sino también a nivel nacional, por su aporte a la formación de recursos humanos especializados, pero sobre todo debido a sus trabajos de investigación llevados a cabo en distintas facultades y centros de investigación –y los proyectos a largo plazo –, y las actividades de extensión mediante seminarios de divulgación abiertos a toda la comunidad. De esta manera, ocupa el lugar necesario dentro de una estrategia provincial y nacional de desarrollo local en el que, además del sector público y del sector privado representado por las empresas privadas que explotan los salares, también está presente el sector académico y de I+D+i, agregando mayor valor al recurso natural.

Se encuentra en un proceso de vinculación regional con otras universidades como la UNSA (Salta), la UNCa (Catamarca) y la Universidad de Antofagasta (Chile), además de los vínculos establecidos

con otros centros nacionales. Para la Universidad Nacional de Jujuy el estudio del litio resulta de importancia insoslayable, y se materializa con las acciones cometidas. Existe un consenso dentro de la Comisión Asesora sobre Litio para que la UNJu sea un referente nacional y regional tanto en políticas públicas como en estudios de base y proyectos de investigación científica y de desarrollo tecnológico. Esto constituye un espacio público de debate sobre cómo realizar un desarrollo sustentable de la cadena de valor del litio, su relación con las comunidades originarias y el medio ambiente, y las distintas alternativas que permita realizar un aprovechamiento racional del recurso natural, con el fin de industrializar el litio en la región del noroeste argentino.

Nota: el presente artículo no representa la opinión oficial de la Universidad Nacional de Jujuy, sino que describe las actividades que se realizaron en los últimos años y las que se proyectan realizar a corto plazo vinculadas al litio.

UN PROYECTO 100% ESTATAL.
INDUSTRIALIZANDO CARBONATO DE LITIO Y
CLORURO DE POTASIO CON DIGNIDAD
Y SOBERANÍA

Luis Alberto Echazú Alvarado

La industrialización de los recursos evaporíticos está planteada bajo el principio de soberanía sobre nuestros recursos naturales, de acuerdo a la constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, que en su Artículo 349 señala: “Los recursos naturales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, y corresponderá al Estado su administración en función del interés colectivo”.

La explotación de carbonato de litio y cloruro de potasio no está abierta a la participación de empresas extranjeras. Es administrada y operada por el Estado boliviano a través de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), dependiente de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL).

Bolivia asumió el reto de explotar e industrializar el Litio, un emprendimiento 100% estatal, que contribuirá significativamente al desarrollo del país con soberanía, además de garantizar al hemisferio el cambio de la matriz energética con energía limpia, a precio justo y sin monopolios.

En Bolivia se encuentra la principal reserva mundial de litio, en el Salar de Uyuni del departamento de Potosí, como se puede observar en un informe de 2013 del Servicio Geológico de EE.UU.

PAÍS	RECURSOS DE LITIO IDENTIFICADOS	
	En toneladas	En %
Bolivia	9.000.000	27,3
Chile	7.500.000	22,7
China	5.400.000	16,4
Argentina	2.600.000	7,9
Australia	630.000	1,9
EE.UU.	4.000.000	12,1
Brasil	1.000.000	3,0
Canadá	360.000	1,1
TOTAL	33.000.000	100,0

A partir del cambio del régimen político instaurado con la expulsión del último gobierno neoliberal (Gonzalo Sánchez de Lozada), el nuevo gobierno de Juan Evo Morales, el 2008 determina la industrialización soberana de los recursos evaporíticos, 100% estatal, que contempla a mediano plazo la producción de carbonato de litio y cloruro de potasio, además de otras sales y la producción de baterías de ion Litio.

Es un hecho histórico que llevó a Bolivia a ser el único país del continente en encarar una explotación soberana de los recursos evaporíticos en salmueras mediante una empresa estatal, la COMIBOL, por medio de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, como entidad que ejecuta la exploración, explotación e industrialización de los evaporíticos.

Mediante la industrialización de los recursos evaporíticos, a través de una iniciativa 100% estatal, Bolivia se encamina ingresar al mercado mundial del litio, potasio y sus derivados en condiciones competitivas, dejando en claro el derecho soberano sobre nuestros recursos naturales, como lo establece la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia que en su artículo 369, inciso III, señala, “Será responsabilidad del Estado la dirección de la política minera y metalúrgica, así como el fomento, promoción y control de la actividad minera”.

Una mirada retrospectiva

Hace muchos años (desde la fundación de la república hasta inicios de 1900), el Salar de Uyuni no era muy conocido, originalmente los aymaras de la zona lo denominaban “JayuKhota” que, traducido al español, significa Laguna de Sal. Por esos años, los gobiernos no prestaron la atención necesaria sobre la importancia de esta maravilla ubicada al Sur Oeste del territorio boliviano. Los habitantes originarios de la zona, antes del ingreso del transporte motorizado, lo veían como un gran obstáculo para atravesar el salar, por la inmensidad de su extensión. De Oeste a Este el Salar de Uyuni tiene una longitud promedio de aproximadamente 114 kilómetros y de Sur a Norte, un promedio de 80 kilómetros.

Además de la inmensidad del salar, atravesar este desierto salino tenía que hacerse en la noche. El reflejo de la planicie blanca de sal afectaba seriamente a los ojos de quienes se atrevían hacerlo durante el día. En algunos casos, se cuenta que muchos quedaron ciegos por esta imprudencia. Por ello, los pueblos del Sur lo consideraban un “castigo de dios”. Decían que “en el salar no produce nada, ni se puede pasar por él”.

Sin embargo, existía una práctica del trueque. Los originarios explotaban la sal en su estado natural en pequeña escala (familiar), para llevarlo a tierras bajas, transportando moldes pequeños de sal en sus animales de carga (camélidos) y lo intercambiaban por productos agrícolas como el maíz, frutas y otros.

Con el paso de los años y el ingreso del autotransporte mecanizado, algunos descubrieron el valor comercial de la sal. Inicialmente comenzaron a venderla por “camionada”, sal granulada que era recogida de la superficie de la costra salina. Posteriormente, se organizaron cooperativas comunitarias para una explotación de sal procesada con Yodo.

Al mismo tiempo del ingreso del autotransporte, llegaron los primeros turistas extranjeros que, por riesgo y cuenta propia, se animaban a ingresar al “desierto de sal”. Allí no había ningún puesto de hospedaje o de auxilio y menos, agua. Ante esta situación, los habitantes de la zona se organizaron y determinaron establecer un centro de atención al turista en el corazón mismo del Salar de Uyuni, en la isla denominada Incahuasi. A partir de ello, el flujo de turistas se incrementó progresivamente hasta superar los 600 visitantes por día en épocas altas.

La intervención del Estado en el Salar de Uyuni

Bolivia en los años previos a los '70 se desenvolvía en una serie de cambios políticos caracterizados por constantes golpes de Estado, consolidándose finalmente con el golpe militar del coronel Hugo Banzer Suarez en 1971 y con la supresión de todas las garantías y derechos constitucionales del Estado boliviano, que culminaría en 1982.

En este contexto, la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), tras regularizar sus actividades académicas después de la intervención militar, en 1973 planteó a la Recherche Scientifique Technique Outre Mer (ORSTOM) de Francia, la realización de investigaciones geológicas conjuntas sobre los recursos minerales de los salares del Sur de Bolivia, especialmente sobre el Salar de Uyuni, ubicado al Sur Oeste del departamento de Potosí. Tras gestiones e intercambio de información, en 1974 se firma el convenio de cooperación UMSA-ORSTOM para el estudio de la geología del altiplano boliviano, la caracterización de los lagos actuales (Titicaca y Poopó) y de las cuencas evaporíticas (salar).

El acuerdo entre la UMSA y ORSTOM, había despertado cierto interés en los recursos evaporíticos. En consecuencia, en julio de 1974, el gobierno de Banzer mediante Decreto Supremo N° 11614, dispuso la implementación del Proyecto de Prospección Minera en la Cordillera, proyecto financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) y el Servicio Geológico de Bolivia (SGB), con el objetivo explícito de delimitar y cuantificar las zonas de interés económico del departamento de Potosí. Si bien el Salar de Uyuni se encuentra en la provincia Daniel Campos, el DS 11614 incorporó al Salar de Uyuni al declararlo Reserva Fiscal sobre las zonas prospectadas.

Por su parte, la Corporación de las Fuerzas Armadas para el Desarrollo Nacional (COFADENA) creada por Decreto Supremo N° 10576, de 10 de noviembre de 1972, creó la empresa Química Básica Boliviana Sociedad Anónima Mixta -QUIMBABOL SA Men diciembre de 1975¹, con el objetivo de industrializar los no metálicos

¹ TESIS DE GRADO: "REACTIVACIÓN ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ EN BASE AL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI", de Eliana Thelma Alejandro Flores, UMSA - La Paz - Bolivia, 2008.

del Salar de Uyuni. En este propósito, en la localidad de Colchani, se construyó una infraestructura para el procesado de cloruro de sodio, proyecto que no llegó a concretarse por diverso factores.

Por esos años, ya se despertaba un inusitado interés por explotar los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni. Coherente con ello, los dirigentes provinciales del Sud Oeste habían conformado la Cooperativa, Central Regional de Cooperativas Industriales del Sud (CRECIS). Con este objetivo, sus habitantes aportaron económicamente, mediante la adquisición de sus respectivas acciones.

En febrero de 1976, se crea la sociedad del Complejo Industrial de la Química Básica bajo la dirección de QUIMBABOL, conformado por una composición accionaria de 49.3% para COFADENA, 26% para la gobernación de Potosí, 22.3% para COSSMIL y 2.4% para CRECIS², con el objetivo de implementar plantas de refinación de sal, azufre, bórax, trona, sulfatos y fábricas de carbonato de sodio, cloro e hidróxido de sodio.

El gobierno tras haber confirmado la realización del estudio de factibilidad, con recursos propios de la reciente sociedad, para la instalación de la primera planta de yodación de sal, con capacidad de producción de 18.144 toneladas anuales para consumo humano y 2.722 toneladas de sal mineralizada para consumo animal, a un costo estimado de US\$ 1.230.298, autoriza a QUIMBABOL la inmediata adquisición de la maquinaria necesaria para dicha industria.

Mientras tanto el proyecto UMSA-ORSTOM avanza en su organización e instalación de la infraestructura necesaria, iniciando sus investigaciones a mediados de 1976, con la ejecución de los programas de investigación en geología de evaporitas en diferentes áreas del extenso Salar de Uyuni, con el objetivo de confirmar la existencia de litio y otros elementos.

Hasta fines de 1976, se habían realizado investigaciones de análisis y reconocimiento en diferentes áreas del Salar de Uyuni. La obtención de cerca de un millar de muestras permitió conocer la existencia de litio en concentraciones máximas de 4.000 partes por millón (ppm) y fue la primera referencia sobre la existencia de este recurso en Bolivia.

² Fuente: www.aviacionboliviana.net

Mientras tanto en los siguientes años, las organizaciones sindicales, universitarias y sociales del país, comenzaban con sus movilizaciones, reivindicando el retorno al sistema democrático. Era el comienzo de la finalización del régimen dictatorial de Banzer. No obstante, las investigaciones sobre los recursos del Salar de Uyuni continuaron con informes y resultados parciales; en lo político, se acercaba un nuevo período de inestabilidad política con otros golpes de Estado.

En 1981, (durante el gobierno dictatorial del Gral. Luis García Mesa), la ORSTOM publicó en París los resultados finales de la investigación con el título, “Los salares del Altiplano Boliviano. Métodos de estudio y estimación económica”, bajo la autoría de Oscar Ballivián y François Risacher. El estudio establece un primer cálculo de los valores de reserva en Litio, Potasio y Boro en la salmuera del sector Sur Este del Salar de Uyuni (desembocadura Río Grande). Con esos resultados preliminares, Bolivia se posiciona como propietaria del mayor yacimiento de Litio del mundo (5.500.000 toneladas).

A fines de 1982, Bolivia ingresa en un nuevo período democrático, caracterizado por una profunda y estructural depresión económica, además de factores climáticos adversos (sequía). En septiembre de 1982, renuncia la junta militar dirigida por Luis García Mesa, habilitándose el Congreso para designar como presidente de la Nación al Dr. Hernán Siles Zuazo, con un partido formado por varias coaliciones de izquierda agrupados en la Unidad Democrática y Popular (UDP) y ganador de las elecciones de 1980, sin haber asumido la presidencia por el golpe de Estado de García Mesa.

En el breve período que le tocó administrar a Siles Suazo, se firma un convenio de cooperación técnica con el Banco Interamericano de Desarrollo (1983) y la Junta de Acuerdo de Cartagena, con el objeto de emprender un “Estudio de prospección minera de salares bolivianos”. El resultado fue la entrega de un informe sobre los requerimientos técnico económicos para la ejecución de un estudio de factibilidad sobre la explotación industrial del Salar de Uyuni.

Pese a los problemas económicos por la incontrolable inflación, el gobierno de Siles Suazo dispuso la creación de una Comisión Interinstitucional para la elaboración de los términos de referencia para la licitación pública del Salar de Uyuni, dirigida a empresas nacionales y extranjeras.

Por su parte, la Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF) de Potosí, también realiza investigaciones sobre los recursos del Salar de Uyuni, dirigidos por investigadores de la Universidad Técnica “Academia de Minas de Freiberg”, Alemania, que desde los años 60 desarrollaban trabajos sobre el origen, contenido y estructura de sales y salmueras del Salar de Uyuni.

El intento de entrega del Salar de Uyuni a transnacional Lithco Corporation

En febrero de 1985, mediante Ley N° 719, se crea el Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (CIRESU), constituida por un directorio de la que formaban parte los comités cívicos provinciales de la zona. Esta entidad dependía directamente del Ministerio de Minería y estaba autorizada para actuar en materia de licitaciones, asociaciones y suscripciones de contratos, en las fases de exploración, explotación, beneficio y comercialización de los recursos del Salar de Uyuni, gestionar financiamiento requerido y convocar a licitación pública internacional, precautelando una participación mayoritaria, a favor del Estado boliviano.

El Directorio de CIRESU estaba constituido de la siguiente manera:

- Presidente: Ministro de Minería o su representante.
- Vice-Presidente: Presidente de CORDEPO o su representante.
- Miembros: Delegado del Ministerio de Planeamiento y Coordinación.
- Delegado del Ministerio de Finanzas.
- Delegado del Ministerio de Defensa Nacional (COFADENA).
- Delegado de CORDEOR.
- Delegado del Comité Cívico Potosinista.
- Delegado de la Central Obrera Departamental de Potosí.
- Delegado de la Universidad Tomás Frías.
- Delegado del Comité Cívico de la Provincia Quijarro.
- Delegado del Comité Cívico de la Provincia Daniel Campos.
- Delegado del Comité Cívico de la Provincia Nor López.

El gobierno de Siles autoriza al CIRESU a lanzar los términos de referencia de la convocatoria internacional. Sin embargo, el gobierno de la UDP se encontraba en una situación muy difícil ante una crisis hiperinflacionaria. Por ello, el Presidente Siles renuncia ante la crisis económica insostenible.

A la renuncia de Siles, mediante elecciones adelantadas, asume la presidencia Víctor Paz Estenssoro, y comienza un nuevo período político económico, con la implementación del “famoso decreto 21060”. Así, se da inicio con el primer período de reformas neoliberales. El 16 de mayo de 1986, el Salar de Uyuni es declarado Reserva Fiscal mediante el Decreto Supremo N° 21260, en el que se determinan las coordenadas que contempla la reserva fiscal.

En diciembre de 1987, se aprueban los términos de referencia de la licitación internacional; sin embargo, a los pocos meses (julio de 1988), el nuevo ministro de Minería de ese entonces, Jaime Villalobos hace conocer una invitación directa a la norteamericana Lithco Corporation (actual FMC que opera en Argentina).

Por esos días, en el contexto de un seminario organizado por la UMSA, la ORSTOM daba a conocer los últimos resultados de su investigación sobre el Salar de Uyuni, en la que se demostraba que las reservas de litio, boro y potasio, casi duplicaban los primeros resultados.

Mientras que en los niveles de gobierno las discusiones sobre la adjudicación, la forma, su conveniencia o no, se habían intensificado, en agosto de 1989, tras la asunción de Jaime Paz Zamora con el partido, Movimiento de Izquierda Revolucionaria (MIR), se presenta un primer borrador del contrato. Durante este período, hasta enero de 1990, se lleva a cabo una serie de seminarios de análisis del contrato con el objetivo de convencer sobre la viabilidad y conveniencia de la firma del contrato en Potosí, La Paz y en las provincias involucradas (Daniel Campos, Antonio Quijarro y NorLópez), los representantes cívicos eran los que más observaban la firma con la transnacional norteamericana.

Revisada la documentación del contrato con la Lithco, principal productora de litio a nivel mundial, el Estado boliviano le otorgaba derechos exclusivos de exploración y explotación sobre toda el área de reserva fiscal por 40 años. Estos eran prorrogables de manera automática por otros 40 años, permitiéndole la **exportación** directa de **concentrados de salmueras**, además de una tasa impositiva del 10%, por concepto de IVA. El Estado a través del CIRESU, apenas tenía una

participación del 0.5% sobre ventas netas y una mínima generación de empleos en la zona³. Ante esta situación, en enero de 1990, el Comité Cívico de Potosí (COMCIPO), la Central Obrera Departamental y la Universidad Autónoma Tomás Frías, los comités cívicos provinciales (miembros del directorio de CIRESU), solicitan la postergación o suspensión del contrato.

Pero el gobierno de Paz Zamora ya había hecho “lobby” y compromisos con la transnacional. Debido a ello, la respuesta gubernamental no se hizo esperar. Se exigieron definiciones urgentes por parte de la Brigada Parlamentaria potosina y el 25 de febrero el ministro de Minería Walter Soriano manifestó que la ley debía cumplirse sin discusión y para marzo se fija la fecha tentativa para la firma del contrato. Sin embargo, en el mes fijado, COMCIPO inicia una campaña denunciando la no convocatoria a licitación pública, lo que invalidaba la consecución de dicho contrato, por la contravención a los procedimientos legales establecidos para este tipo de contratos.

Ante la presión del gobierno, la Brigada Parlamentaria potosina responde a los cuestionamientos, dando a conocer una serie de observaciones realizadas al contrato sobre la participación del Estado en la renta pública. Tras dos semanas de negociaciones con la Lithco se aprueba en un 95%. El 16 de abril de 1990 el Consejo Nacional de Economía y Planificación aprueba los términos del contrato, y sin pérdida de tiempo, al día siguiente, el Ministerio de Minería lo envía al Congreso Nacional para su aprobación.

A fines de abril de 1990, se desencadenan grandes movilizaciones y huelgas de hambre convocadas por el Comité Cívico Potosinista (COMCIPO), frente al aumento de las movilizaciones y presiones cívico-políticas. En mayo, el presidente Jaime Paz Zamora desiste del contrato, instruyendo cumplir con las formalidades de Ley con la realización de la convocatoria pública internacional.

A partir de ese momento, el CIRESU y las diversas organizaciones sociales involucradas, dan a conocer sus propuestas de explotación del salar y de estrategias de desarrollo regional departamental. Además de las universidades de La Paz (Universidad Mayor de San Andrés UMSA), de Potosí (Universidad Autónoma Tomás Frías UATF) y la Universidad

³ ANALISIS GENERAL DEL CASO UYUNI-LITIO, elaboración: Marco Octavio Ribera Arismendi LIDEMA, junio 2011.

Técnica de Oruro (UTO) organizan foros de debate públicos, considerando como punto central la elaboración de un proyecto a diseño final de una Planta Piloto de carbonato de litio para su producción a partir de las salmueras del Salar de Uyuni.

Por su parte el gobierno de Paz Zamora, se apresuraba en contratar los servicios de la consultora Crow Agents⁴ con el objetivo de preparar la licitación internacional. A inicios de noviembre de 1991, la consultora entrega el pliego de especificaciones. Esta vez, conforme a la Ley N° 719 de 1985, el documento de la licitación internacional pasa a la revisión y sugerencias del CIRESU, que finalmente aprueba en detalle los términos de referencia y en enero de 1992 se publica la licitación pública.

De once empresas inicialmente interesadas, sólo tres formalizaron sus propuestas: FMC Corporation (LITHCO), SOQUIMICH (Chile) y COPLA Ltda. (Bolivia). La consultora Crown Agents efectuó la calificación y, un mes más tarde, recomendó la adjudicación a favor de la norteamericana FMC.⁵

En febrero de 1992 se firma el contrato en el Salar de Uyuni, cuya única diferencia con el contrato directo anulado era el nivel de participación del estado boliviano que en el contrato aprobado aumentaba levemente. Sin embargo, y sorpresivamente, días después de firmado el contrato, el parlamento decidió realizar unas reformas incrementando el IVA del 10 al 13%. La Lithco se pronunció rechazando las modificaciones impositivas, alegando que el contrato firmado garantizaba las inversiones anunciadas.

Finalmente, casi a un año de inciertas negociaciones, y a tres meses de haber asumido la presidencia Gonzalo Sánchez de Lozada por el MNR, el 5 de Noviembre de 1993 la Lithco decide renunciar al contrato firmado con Bolivia y elige realizar sus inversiones de extracción de Litio en el Salar del Hombre Muerto de Catamarca, Argentina.

El fracaso del contrato con la norteamericana Lithco fue considerado por los sectores conservadores de Bolivia, como desconocimiento de la importancia del Litio, y como la pérdida de una “oportunidad histórica” para el anhelado desarrollo económico de Bolivia que, a partir

⁴ EL LITIO, Walter Orellana R. 1995.

⁵ Tesis, El Litio, Walter Orellana R, 1995..

del ingreso de inversiones extranjeras y transferencia de tecnología de punta, habría podido insertarse en un mercado mundial por el que debían competir con los países vecinos.

Sin embargo, la historia dio la razón a los pueblos del Sud Oeste boliviano, quienes resistieron mediante sus comités cívicos provinciales y COMCIPO, la entrega del Salar de Uyuni a la transnacional norteamericana Lithium Corporation por ochenta años (la concesión era por 40 años, renovables de manera automática por otros 40 años), cuyo plan de explotación establecía el monopolio exclusivo de la empresa en toda la cadena productiva, en contra de la constitución de ese entonces que no permitía monopolio alguno, y llevarse litio únicamente como materia prima.

Reducción del área de reserva fiscal del Salar de Uyuni

En marzo de 1997, último año del primer mandato de Sánchez de Lozada, en su afán de beneficiarse como empresario minero, promulga el nuevo Código de Minería de Bolivia (Ley N° 1777), que simplifica el esquema tributario minero y consideraba las concesiones mineras como bien inmueble (es decir, propiedad privada). Incluso, impedía a la COMIBOL que realizara actividades productivas; sin embargo, no mencionaba al litio entre los minerales a concesionar, y nada decía sobre la reserva fiscal del salar de Uyuni.

Tal vez por ello, el mismo mes de su sanción, senadores del departamento de Potosí pretendieron elevar a rango de ley el viejo Decreto 21260 de 1986 que declaraba la reserva fiscal sobre un amplio perímetro alrededor del Salar de Uyuni. No obstante, en la Cámara de Diputados, se modificó el contenido de la ley estableciendo, de manera confusa, que la reserva fiscal que buscaba elevarse a rango de ley sólo correspondía a la costra salina. En los hechos se reducía el perímetro original y abría la puerta para legalizar las posesiones privadas sobre el salar, fomentando a su vez el avance de las concesiones mineras reglamentadas por el nuevo Código Minero de 1997 (Ley N° 1777).

La ambición de algunas empresas interesadas en la explotación de recursos en el Salar de Uyuni, exigieron corregir la confusa redacción de la ley, logrando en abril de 2002 en el breve gobierno de Jorge “Tuto” Quiroga sancionara el Decreto N° 26574, precisando el término

“costra salina” en base a un mapa del SERGEOMIN⁶. Dicha norma tuvo como efecto inmediato la obtención por parte de la empresa Non Metallic Minerals S. A. concesiones mineras en las riveras del Salar.

Vientos de cambio

El ingreso de Bolivia al nuevo siglo se dio en medio de un proceso de profundas movilizaciones sociales que derivó en la irrupción de los campesinos e indígenas en la escena política nacional, por la emergencia de una nueva fuerza política de origen rural, y sectores populares de las ciudades que, recuperando históricas demandas nacionalistas, logró forjarse como una nueva fuerza política de izquierda, sobre un discurso cuestionador del modelo económico neoliberal vigente desde 1985.

El estallido de las frustraciones e inviabilidad política del neoliberalismo, se dio en abril de 2000 (Guerra del agua en Cochabamba), culminando en octubre de 2003 con la denominada “Guerra del gas”. A poco más de un año del segundo mandato del empresario minero Sánchez de Lozada (MNR), en Bolivia se registró una de las movilizaciones populares más intensas y sangrientas en un sistema democrático con la paralización de gran parte del territorio nacional. Culminó con la renuncia y huida de un gobierno autoritario que, a la vez puso fin al modelo neoliberal, un período muy oscuro en el que se arrasó con todas las empresas del Estado boliviano “vendidas” a las transnacionales a “precio de gallina muerta”.

El nefasto gobierno de Sánchez de Lozada terminó como lo que supo ser: escapó como un vulgar delincuente, robándose muchas maletas de dólares extraídos de las bóvedas del Banco Central de Bolivia⁷.

En Potosí, el departamento más pobre de Bolivia, castigado desde la época colonial con las grandes explotaciones mineras, y durante la era neoliberal con la privatización de centros mineros estatales, cierre de los ferrocarriles, y otros servicios, impulsó a las diversas organiza-

⁶ “Se convalida el perímetro de la costra salina del Gran Salar de Uyuni...”, www.lexivox.org

⁷ Sustracción de maletas de dinero de las bóvedas del Banco Central de Bolivia, videos de las cámaras de seguridad, difundidas por medios televisivos.

ciones sociales a movilizarse contra la reducción de la reserva fiscal y los avances de las concesiones privadas sobre el Salar de Uyuni.

Finalmente, en diciembre de 2003, el vicepresidente Carlos Mesa (en calidad de presidente transitorio tras la huida de Sánchez de Lozada) promulgó la Ley N° 2564 que restituyó el perímetro inicial del D.S. N° 21260 de 1986.

En los hechos, con la Ley N° 2564 de 2003 se recuperaba toda las concesiones otorgadas dentro el perímetro original de la reserva fiscal, con excepción de la mina San Cristóbal. No obstante, en junio de 2004, por medio del D.S. N° 27589, se anulan las concesiones que estaban dentro el área de reserva fiscal a nombre de la empresa Non Metallic Minerals SA, que terminaría en una demanda ante el Estado boliviano.

La iniciativa regional del Sud Oeste

En enero de 2006, asume el gobierno boliviano el dirigente sindical campesino y líder del Movimiento al Socialismo (MAS) Juan Evo Morales Ayma, oriundo de las pampas del altiplano orureño cercana a la etnia de los Chipayas. Los habitantes del Sud Oeste potosino, vieron la oportunidad que estaban esperando, contar con un gobierno favorable al interés de los sectores populares. Por ello, en el año 2007, mediante sus representantes parlamentarios y organizaciones sindicales campesinas del Sud Oeste boliviano, plantean al gobierno una propuesta de industrialización estatal de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.

El proyecto de industrialización presentado al ejecutivo fue planteado fundamentalmente para la producción de carbonato de litio y cloruro de potasio mediante la creación de una empresa pública, 100% estatal. El proyecto fue asumido por el gobierno de Morales como política de Estado, conforme al Plan Nacional de Desarrollo aprobado en 2006, además de asumir el control total de los yacimientos mediante la declaración de la reserva fiscal sobre todo el territorio nacional (D.S.N° 29117, mayo 2007).

El gobierno a través de la Ley N° 3720 devuelve a la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), todas sus atribuciones de una empresa productiva. La misma que, en el período neoliberal, había sido reducida como una entidad en liquidación, A un mes de recuperar las facultades productivas de la COMIBOL, el 1° de abril de 2008, el pre-

sidente Evo Morales promulgó el D.S. N° 29496, declarando prioridad nacional el Plan de Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni.

La COMIBOL, en cumplimiento al D.S. N° 29496, mediante Resolución de Directorio Nro. 3801 de 3 de abril de 2008, crea la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos, y concreta, de esa manera, un proyecto muy anhelado de los habitantes del Sud Oeste boliviano.

En mayo de 2008, con la presencia del primer mandatario, se inauguran las obras civiles al Sur Este del Salar de Uyuni. En una planicie inhóspita se da inicio a la construcción de la infraestructura básica del proyecto en Llipi. En la oportunidad se anuncia la producción de 40 toneladas métricas al mes de carbonato de litio, 80 toneladas métricas/mes de sulfato de potasio y 700 toneladas métricas al mes de cloruro de potasio.

Paralelo a las gestiones de gobierno, en marzo de 2008, la Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF) de Potosí firma un acuerdo con la Universidad Técnica “Academia de Minas de Freiberg” de Alemania, bajo el título de “Programa de Trabajo para el Proyecto Salar de Uyuni UATF-UT de Freiberg”⁸; mientras tanto en septiembre de ese mismo año, la COMIBOL firma un convenio con la administración del Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (CIRESU, entidad que por Ley de 1985 estaba a cargo de la administración del Salar de Uyuni). En él, acuerdan realizar diversos trabajos de investigación, capacitación entre otros, pero principalmente estaba dirigido a compartirlas oficinas de Uyuni, ya que la COMIBOL no tenía ningún ambiente en dicha población, como consecuencia del desmantelamiento de gobiernos neoliberales de los bienes del Estado.

En los hechos la nueva disposición legal (Decreto Supremo N° 29496), deja sin vigencia las atribuciones en materia de licitaciones, asociaciones y suscripciones de contratos en las fases de exploración, explotación, beneficio y comercialización de los recursos del Salar de Uyuni, con las que el CIRESU fue creado.

El 25 enero de 2009 mediante Referéndum Nacional, se aprueba la Nueva Constitución Política del Estado. El 7 de febrero del mismo año, en la ciudad de El Alto, el gobierno promulga la nueva Consti-

⁸ Nacif, Federico. “Bolivia y el plan de industrialización del litio: un reclamo histórico”, 2012. Disponible en www.centrocultural.coop

tución Política del Estado y entra en vigencia la nueva Carta Magna. De este modo, se inicia un nuevo periodo constitucional de Bolivia como Estado Plurinacional de Bolivia, un nuevo sistema político en el que sus recursos naturales, se los declara: “de carácter estratégico y de interés público para el desarrollo del país”, de propiedad y dominio “directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano”, y además delega al Estado “su administración en función del interés colectivo”, la potestad sobre todas las reservas fiscales, el control y la dirección sobre la exploración, explotación, industrialización, transporte y comercialización de los recursos naturales estratégicos.

En cuanto a los recursos evaporíticos existentes en las salmueras, declara específicamente su carácter estratégico (art. 369, inc. II), señala: “Los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos azufres y otros, son de carácter estratégico para el país.

El mismo día de promulgación de la nueva CPE (7 de febrero de 2009) se sanciona el Decreto Supremo de Organización del Órgano Ejecutivo, que entre otras disposiciones, otorga al Ministerio de Minería y Metalurgia la competencia de proponer planes, programas y proyectos de producción, financiamiento e innovación tecnológica para la cadena de recursos evaporíticos (D.S. N° 29894, Art. 77).

El Ministerio de Minería y Metalurgia y la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos, crean el Comité Científico de Investigación para la Industrialización de los Recursos Evaporíticos de Bolivia (CCII-REB), incorporando la integración de científicos bolivianos para el desarrollo de la planta piloto, y habilitando, por otro, la colaboración de los expertos de universidades, institutos de investigación y empresas, nacionales e internacionales, interesados en el desarrollo tecnológico del litio, pero bajo las premisas de un intercambio de conocimientos que no cuestione la propiedad pública del proyecto (Resolución Ministerial 089 del 31/07/2009 y Reglamento Interno).

Los trabajos exploratorios y de investigación, se iniciaron a mediados de 2009, el gobierno nacional mediante el Ministerio de Minería y Metalurgia, y ante el marcado interés de países y empresas extranjeras por acceder a los yacimientos de Litio y Potasio del Salar de Uyuni, da inicio a una política de “acuerdos amistosos y firma de memorándums de entendimiento”, como se resume en el siguiente cuadro:

LUGAR Y FECHA	EMPRESA/PAÍS	OBJETO
Villa Tunari Cochabamba, 22 de agosto de 2009	Ministerio de Minería y Metalurgia de Bolivia y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Federativa del Brasil.	Memorándum de Entendimiento con el objeto de fortalecer la cooperación entre las partes para programas de desarrollo de la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.
Firmado en La Paz el 24 de noviembre de 2009	Estado Plurinacional de Bolivia y la República Islámica de Irán.	Memorándum de Entendimiento con el objeto de fortalecer la cooperación entre las partes para programas de desarrollo de la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.
Firmado en La Paz el 9 de noviembre de 2010	Ministerio de Minería y Metalurgia de Bolivia, COMIBOL y la empresa estatal japonesa JOGMEC.	Memorándum de Entendimiento en materia de investigación y desarrollo de procesos para la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.
Firmado en La Paz el 29 de julio de 2011	Kores-Posco de Corea y GNRE-COMIBOL.	Memorándum de Entendimiento con el consorcio KORES y POSCO, con el propósito de llevar adelante el proyecto de desarrollo de baterías de iones de litio.
Firmado en La Paz el 1 de agosto de 2011	Estatal china CiticGouanGroup de China y GNRE-COMIBOL.	Memorándum de Entendimiento en Materia de Investigación y Desarrollo para la Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni.
firmado en Beijing, República Popular de China el 10 de agosto de 2011	Ministerio de Planificación del Desarrollo de Bolivia y CiticGouanGroup.	Acuerdo entre Citic Gouan Group y Bolivia con el objetivo de realizar investigaciones de prospección y de valoración de las reservas del Salar de Coipasa.
Firma de acuerdo en La Paz el 16 de marzo de 2012	Acuerdo firmado entre GNRE-COMIBOL de Bolivia y Kores-POSCO de Corea de Sur.	El acuerdo suscrito entre Bolivia y Corea, tiene por objeto determinar los términos básicos para el establecimiento de una empresa conjunta para impulsar un proyecto de producción de materiales catódicos, las condiciones del acuerdo aún se encuentra en discusión.
Acuerdo firmado en La Paz el 25 de mayo de 2013	Firma de acuerdo entre el gobierno de Venezuela y la GNRE-COMIBOL.	Se concretó entre el Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación de la República Bolivariana de Venezuela y la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia (GNRE) de la COMIBOL, para la implementación de acciones conjuntas de investigación, desarrollo y formación para impulsar la industrialización del litio.
Trabajo conjunto en Plan Maestro de 8 al 26 de abril de 2013	Cooperación de universidad holandesa a la GNRE.	Representantes de la Universidad Tecnológica de Delft y personal técnico de la Dirección de Electroquímica y Baterías de la GNRE, trabajaron juntos, sobre tres componentes del Plan Maestro: 1. La planta de baterías de ion litio 2. El laboratorio de investigación sobre baterías de ion litio 3. El programa de capacitación e investigación en baterías de ion litio.

Nueva Ley Minera N° 535

En Oruro, el 28 de mayo de 2014, después de tres años de discusión con los sectores involucrados como la Federación Minera de Cooperativas (FENCOMIN), la Federación de Trabajadores Mineros de Bolivia (FSTMB) y representantes privados de la minería chica, mediana y grande el Vicepresidente Álvaro García Linera promulga la nueva Ley Minera. La mencionada Ley respecto de los recursos evaporíticos, en el artículo 73 (Recursos Evaporíticos), señala: “La COMIBOL es responsable de realizar actividades de prospección, exploración, explotación, beneficio o contratación, instalación, implementación, puesta en marcha, operación y administración de recursos evaporíticos, complejos de química inorgánica, industrialización y comercialización. Asimismo, COMIBOL de acuerdo con la Ley N° 466 de la Empresa Pública, podrá crear una empresa filial como responsable de la ejecución de las actividades mineras señaladas en el presente Artículo”.

Referente a CIRESU en el párrafo III señala: “El patrimonio del Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni – CIRESU, los saldos presupuestarios asignados a la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de la COMIBOL, los recursos humanos, activos y pasivos asignados a dicha gerencia, serán transferidos a la empresa filial si fuera creada de acuerdo a disposición legal”.

La Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos

Bolivia, después de una década de régimen dictatorial (1971 a 1980), ingresa al período neoliberal de 1982, culminando en octubre de 2003 con la huida del presidente Gonzalo Sánchez de Lozada. En las líneas anteriores, se ha mencionado de qué modo en estos años los gobiernos trataron de entregar el Salar de Uyuni a la transnacional Lithco. Sin embargo, no llegó a concretarse por la intervención de las provincias del Sur Oeste potosino.

En enero de 2008 los diputados y las organizaciones sociales de la región, plantean al Presidente Evo Morales la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni. A partir de este momento un equipo de profesionales bolivianos elabora el diseño conceptual

de ingeniería para la implementación de la Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos.

Para llevar adelante esta iniciativa, se declaró como prioridad nacional la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni por medio del Decreto Supremo N°29496 del primero de abril de 2008, inmediatamente y como resolución de este documento, la Corporación Minera de Bolivia, instituyó la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos (DNRE) mediante Resolución de Directorio N° 3801/2008 el 3 de abril de esa gestión.

Un efímero decreto

La administración pública del Estado boliviano, se caracteriza por contar con un sistema de gestión administrativa muy burocrática. Por ello, para superar esta dificultad y con el propósito de dotar mayor autonomía de gestión al proyecto de industrialización de los recursos evaporíticos, el Ministerio de Minería y Metalurgia presenta un decreto de creación de la Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos.

El 10 de marzo de 2010, el Gobierno emite el Decreto Supremo 444, creando la Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos (EBRE), encargada de la exploración, explotación, comercialización e industrialización del Litio.

En su Artículo 6° decía: “(Creación) Créase la Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos - EBRE, como una Empresa Pública Nacional Estratégica, de derecho público, con autonomía de gestión administrativa, técnica, legal y económica; personalidad jurídica, patrimonio propio, duración indefinida y bajo la tuición del Ministerio de Minería y Metalurgia”.

La norma declaraba el litio como recurso “estratégico” para el desarrollo del país y al Estado como único administrador y operador de la totalidad de la cadena productiva y comercial, quedando prohibida la venta de salmueras en forma concentrada. Con un capital inicial de 7,28 millones de dólares, la EBRE sería la encargada exclusiva de operar y administrar todas las actividades relacionadas con el Litio en el Salar de Uyuni, estando además prohibida la adjudicación o subcontratación de otras empresas para la comercialización de sus productos.

Inmediatamente luego de su sanción, el Comité Cívico de Potosí (COMCIPO) expresó su rechazo y llamó a una huelga general hasta lograr la derogación del decreto que –alegaban– expresaba “intereses mezquinos de personas e instituciones de la capital con una corta visión de centralismo departamental”, al ubicar la administración de la empresa en La Paz, quienes reclamaban que la administración central del proyecto debía estar en Potosí. Una vez derogada la norma, el proyecto siguió con sus labores como Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos dependiente de la COMIBOL.

Por su parte, la Federación Regional Única de Trabajadores Campesinos del Sur (FRUTCAS), se declaró “en estado de emergencia en rechazo a la posición del Comité Cívico de Potosí (COMCIPO)”, y si bien exigían que la sede central de la empresa se radicara en la ciudad de Uyuni, consideraban que la derogación del decreto 0444 provocaría graves retrasos en el proyecto global de industrialización. A los diez días de su sanción, la norma que creaba la empresa pública EBRE fue derogada por el D.S. N° 454 de 2010.

Nuevo impulso al proyecto con la creación de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos

A los pocos meses de derogado el decreto de creación de la empresa autónoma EBRE, se da un nuevo impulso al proyecto de industrialización, dando mayor autonomía de gestión al proyecto, por lo que la COMIBOL, el 29 de junio de 2010, por resolución de Directorio de COMIBOL N° 4366/2010, eleva a rango de Gerencia. Esta nueva determinación incorpora a la administración de la Gerencia la dirección Jurídica, Dirección Administrativa Dirección de Operaciones, Dirección de Investigación y otras asesorías, que le otorgan a la nueva estructura administrativa del proyecto mayor dinamismo, ya que anteriormente todo trámite tenía que pasar por el visto bueno de la administración central de COMIBOL.

A partir de esta “descentralización” administrativa, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), desarrolla con mayor autonomía el avance de las obras y trabajos de investigación. Tras un año y cuatro meses de la inauguración de las obras civiles en Llupi, el 29 de agosto de 2009, el Presidente Evo Morales inaugura la infraes-

estructura administrativa en allí, construida en un área de 6.500 metros cuadrados, con todas sus dependencias como oficinas, laboratorios, dormitorios, cocina, comedor, panadería, sala de reuniones, talleres, almacenes; además de los servicios de electricidad, telefonía, Internet, fax, agua potable, alcantarillado y otras construcciones.

La Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos

La Estrategia para la Industrialización de los Recursos Evaporíticos, está concebida bajo los principios de soberanía sobre nuestros recursos naturales, como lo establece la Constitución Política del Estado y así lo afirma el Presidente Morales, "... en cuanto al Litio no se debe repetir el saqueo de la riqueza de Potosí (mina de plata), donde los explotadores se llevaron todo y no dejaron nada para Bolivia, quedando para los pueblos mineros sólo pobreza y contaminación, por ello el Estado jamás va a perder la soberanía del litio".

La COMIBOL mediante la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, diseñó la Estrategia Nacional de exploración, explotación e industrialización de los evaporíticos desde fines del año 2009, logrando importantes avances hasta la fecha.

La Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos, fue concebida y hecha pública por el Presidente Evo Morales Ayma, consta de tres fases:

- La Fase I, destinada a la producción piloto de Carbonato de Litio (Li_2CO_3) y de Cloruro de Potasio (KCl), en etapa de operación (investigación y optimización).
- En la Fase II, se implementa un plan de producción industrial de Li_2CO_3 , KCl y Sulfato de Potasio.
- En la Fase III, se fabricarán materiales de cátodo, electrolitos y baterías de ión Litio.

DETALLE	AÑO DE PRODUCCIÓN	FINANCIAMIENTO	TECNOLOGÍA	OBS.
FASE I PILOTO	2012 (KCl) 2013 (Li ₂ CO ₃)	COMIBOL	boliviana	Concluida
FASE II INDUSTRIAL	2018	BCB	boliviana	En desarrollo
FASE III BATERIAS LITIO	2014 (Piloto)	BCB	Compra Planta Piloto bajo modalidad "llave en mano", tecnología china	En producción experimental

Mediante la industrialización de los recursos evaporíticos, a través de una iniciativa 100 % estatal, Bolivia ingresará al mercado mundial del litio, potasio y sus derivados en condiciones competitivas, dejando en claro el derecho soberano sobre nuestros recursos naturales.

La producción del carbonato de litio y cloruro de potasio, no está abierta a la participación de las empresas transnacionales. Ésta será administrada y operada por el Estado boliviano a través de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL); sin embargo, la Fase III está abierta a la posibilidad de la participación extranjera, con tecnología desarrollada y participación accionaria mayoritaria para el Estado boliviano.

Fase I, Piloto

Se inicia con la edificación de la infraestructura civil y de las plantas piloto de Li₂CO₃ y KCl, construcción de piscinas de evaporación, habilitación de vías de acceso al salar (terraplén), instalación de la red de energía eléctrica de media tensión, sistemas de comunicación (Internet, telefonía celular y fax), implementación de los servicios básicos (agua, alcantarillado), campamento en el salar, implementación de equipos, maquinarias, transporte y otros.

La instalación de las plantas correspondiente a la fase piloto ha concluido, con la puesta en marcha de la Planta semi-industrial de

cloruro de potasio (9 de agosto de 2012), y la Planta Piloto de carbonato de litio inaugurada el 3 de enero de 2013.

En esta misma Fase, la GNRE concluyó con el montaje e instalación de la Planta Piloto de Li_2CO_3 , (15 diciembre 2012), su capacidad de producción está proyectada para 40 toneladas por mes.

Con satisfacción podemos decir que los profesionales bolivianos superamos aquel estigma de país carente de conocimientos científicos, logramos desarrollar un proceso tecnológico que se aplica específicamente para el Salar de Uyuni de acuerdo a su composición química, hasta la puesta en marcha de las plantas piloto para la obtención de carbonato de litio y cloruro de potasio.

Fase II, Industrial

Una vez concluida la instalación y montaje de las plantas de KCl y Li_2CO_3 , se comenzó con la producción piloto. En esta etapa, se realizan los ajustes necesarios para la optimización del proceso de producción. Con estos parámetros confirmados, se ingresará al diseño de las plantas industriales correspondiente a la Fase II, industrial.

- Conclusión de la construcción del primer módulo de piscinas industriales. Para la Fase Industrial, se ha construido 516 hectáreas de área basal, correspondiente al primer módulo del circuito de piscinas para la producción de materia prima a escala industrial.
- Construcción de 3 módulos de galpones de almacenamiento, bajo las normas de medio ambiente y parámetros industriales, en total son 9 galpones de los cuales, 6 tienen una dimensión de 50 por 20 metros y tres galpones son de 22 por 57 m^2 c/u, haciendo un área total de aproximadamente 9.762 m^2 , con la finalidad de mantener en condiciones adecuadas los insumos y materiales, además de almacenar la producción de KCl y Li_2CO_3 ,
- Proyecto a diseño final de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio, la consultora alemana ERCOSPLAN, entregó a la GNRE, 50 carpetas del proyecto de ingeniería a diseño final de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio a instalarse en el salar de Uyuni, además de anexos, apéndices y más de 500

planos. A partir de ello, se confecciona la publicación de la licitación pública para la contratación de una empresa constructora para el montaje e instalación de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio.

Fase III, Baterías de ión Litio

De acuerdo a la definición estratégica del proyecto de industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, la Fase III comprende la producción de baterías de ión litio, material de cátodos y electrolitos a través de una asociación y/o compra llave en mano de tecnología desarrollada.

En este contexto, la GNRE firmó un contrato con la empresa China LinYi Dake Ltda. para la compra de un laboratorio y una Planta Piloto de Baterías de ion Litio, bajo la modalidad llave en mano, instalada en el complejo industrial La Palca - Potosí.

En febrero de 2014, el Presidente Evo Morales, inauguró la Planta Piloto de Baterías de Ion Litio. Fue instalada por 10 técnicos de la empresa china LinYi, en la que también participó personal técnico de la GNRE. Una vez capacitado en el manejo de esta tecnología, se hace cargo de su operación.

El contrato contempla la capacitación del personal boliviano en esta industria de última tecnología para el ensamblado de las baterías de ion Litio, a la fecha, se ensambla baterías de ion Litio de manera experimental, para celulares y bicicletas eléctricas.

La fabricación de baterías de ión Litio es una de las etapas finales de la producción del carbonato de litio. De esa forma, el Estado boliviano se hace cargo de toda la cadena productiva, que comprende desde la exploración, explotación, industrialización, ensamblado de baterías y comercialización.

La inversión para la provisión, instalación y puesta en marcha de la Planta Piloto, así como la capacitación de técnicos bolivianos asciende a US\$ 2.995.000,00.

Por otra parte, la refacción, reacondicionamiento y construcción de la infraestructura de La Palca para la Planta Piloto, fue realizada por la Empresa Potosina VBC Alianza, por un monto de US\$ 715.444. La inversión total fue de US\$ 3.710.444,00.

FASES	ACTIVIDAD	INICIO	CONCLUSIÓN
FASE I - PILOTO	Infraestructura obras civiles y servicios	Mayo 2008	Agosto 2009
	Plantas Piloto de cloruro de potasio	Diciembre 2010	Agosto 2012
	Planta Piloto carbonato de litio	Marzo 2011	Enero 2013
FASE II - INDUSTRIAL	Construcción piscinas industriales	Agosto 2012	2018 (estimado)
	Proyecto a diseño final de planta industrial de KCl	Octubre 2012	Diciembre 2013
	Construcción y montaje de Planta Industrial de cloruro de potasio	2015	2018
	Proyecto a diseño final Planta Industrial de carbonato de litio	2014	2015
	Construcción y montaje de planta industrial de carbonato de litio	2016	2018
FASE III – BATERÍAS	Instalación de Planta Piloto de baterías de ion Litio	Mayo 2012	Febrero 2014

Tecnología boliviana en la obtención de Carbonato de Litio del Salar de Uyuni

De acuerdo a las características y composición química del Salar de Uyuni, profesionales de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), han logrado desarrollar tecnología propia para la obtención del Carbonato de Litio.

Cada salar es diferente en su composición química y la tecnología que se aplica en la obtención de carbonato de litio, es también específica. En un principio, la GNRE trató de aplicar procesos tradicionales, pero los primeros ensayos mostraron su imposibilidad técnica, por lo que inmediatamente se encaró el desarrollo de tecnología propia de acuerdo a las características del Salar de Uyuni.

Profesionales de distintas universidades que trabajan en los laboratorios de la GNRE, desarrollaron un proceso tecnológico con éxito, con esta tecnología, actualmente se procesa carbonato de litio en la Planta Piloto de Llipi. La obtención del carbonato de litio comienza desde la prospección del salar de Uyuni, con la perforación de pozos de exploración determinada por personal del área de investigación y geología, una vez establecida la profundidad y la concentración de litio, se procede con la respectiva instalación de los ductos y bombeo de las salmueras a las piscinas de evaporación.

La separación de los diferentes elementos constituyentes de la salmuera extraída, se realiza mediante un proceso de evaporación, logrando obtener en primera instancia cloruro de sodio (sal común), luego la silvinita para su procesamiento y obtención de cloruro de potasio. El proceso de separación de otros elementos continúa hasta la obtención de litio concentrado (sulfato de litio), materia prima que se procesa en la Planta Piloto para la obtención de carbonato de litio.

La evaporación produce saturación en solutos y permite que se eleven las concentraciones de las sales; por efecto de las oscilaciones de temperatura, se produce la nucleación y crecimiento de los cristales. En un sistema de cristalización discontinua, como consecuencia de la diferencia de solubilidades de cada uno de los cristales, tiene lugar la cristalización fraccionada. Se ha optado por el sistema de evaporación solar, por las ventajas que presenta. No se consume otro tipo de energía ni se utilizan reactivos químicos, aunque con desventaja por el tiempo requerido para la evaporación (promedio 8 meses para alcanzar la etapa de precipitación de sulfato de litio) y la dependencia de las condiciones meteorológicas del lugar (velocidad de evaporación y régimen de lluvias).

Composición del cristal de Li_2SO_4 para la producción de Li_2CO_3

	Li	Mg	K	Na	Ca	SO ₄	Cl	B	H ₂ O
[%]	6.19	3.68	2.27	3.27	0.32	47.1	13.3	0.13	23.2

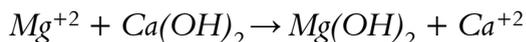
En función a la composición y la cantidad de magnesio presente en el cristal, se establecen las siguientes etapas:

Dilución

Este proceso se realiza para que la actividad de los iones de la salmuera aumente (debido a la dilución), mediante la adición de agua o agua madre.

Encalado

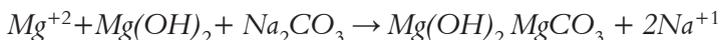
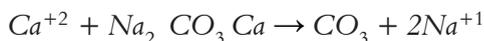
Es la etapa en la cual la salmuera diluida reacciona con cal de una pureza aproximada de 70 a 75%, el magnesio reacciona con el hidróxido de calcio, precipitando el hidróxido de magnesio, según la siguiente reacción:



Después de esta reacción, se realiza una primera separación del hidróxido de magnesio formado ($Mg(OH)_2$), ayudando en el proceso de separación el sulfato de calcio ($CaSO_4$) mediante un filtrado, disminuyendo la cantidad de magnesio. La cantidad de cal añadida está en función a la cantidad de magnesio presente en la salmuera.

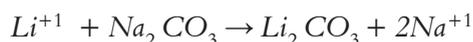
Carbonatación

La solución de carbonato de sodio, se prepara disolviendo el carbonato de sodio aproximadamente entre el 20% a 25%, a una temperatura de 20°C a 30°C. Se realiza el agregado de carbonato de sodio (Na_2CO_3), y luego se calienta el sistema hasta una temperatura que esté entre 40°C y 60°C, hasta que el precipitado tenga una composición más estable según las siguientes reacciones:



Una vez que el precipitado tenga una composición más estable, este es separado mediante un filtrado, dejando a la solución remanente con pequeñas cantidades de magnesio y calcio, que no influirán en la segunda carbonatación.

La segunda etapa de carbonatación, se realiza agregando la cantidad suficiente de carbonato de sodio, en función a la cantidad de litio que está presente en la solución remanente y se somete a un calentamiento hasta aproximadamente 90°C, temperatura en la que se forma el carbonato de litio.



Obtenido el carbonato de litio, se realiza un lavado y una separación del precipitado mediante un filtrado.

La Planta Piloto de carbonato de litio, ha ingresado a una producción regular en menor escala. A la fecha (julio 2014), se logrado producir más de 15 toneladas de Li_2CO_3 grado técnico. Este producto será purificado para su utilización como precursor en la Planta Piloto de Baterías de Litio instalada en el complejo industrial de La Palca-Potosí, para el ensamblado de baterías de ion Litio.

Producción de cloruro de potasio

La Planta semi-industrial de cloruro de potasio fue inaugurada por el Presidente Evo Morales en agosto de 2012. Superada la etapa de ajustes, la Planta de KCl en su fase de piloto, se consolida con la producción regular de este fertilizante.

Con la puesta en marcha de esta Planta, nuestro país comienza la industrialización de los recursos evaporíticos, logrando producir por primera vez en el país, un fertilizante de alta calidad que ya es comercializado en el mercado nacional. La Planta semi-industrial de potasio, hasta fines de noviembre de 2013, ha producido un total de 900 toneladas y concretado la venta de 500 toneladas.

El trabajo que desarrolla la GNRE para la obtención del cloruro de potasio, se inicia desde la prospección y perforación de pozos en el salar de Uyuni, el bombeo de las salmueras a las piscinas de evaporación para la liberación del agua y otros elementos, con el objetivo de

obtener, en primera instancia, la materia prima (silvinita NaCl y KCl), que es procesada en la Planta semi-industrial de cloruro de potasio.

Cosecha y almacenamiento de materia prima

La “cosecha” de la silvinita se realiza después de haber liberado el agua y otros elementos mediante procesos de evaporación en diferentes piscinas, en esta etapa se logra la separación de la materia prima depositada en las piscinas, cuya composición libre de salmuera varía según los reportes de análisis que observamos en la siguiente tabla, que muestra la composición del cloruro de potasio entre 20% y 30%.

Análisis de los cristales de silvinita

CONCENTRACIÓN DE CRISTAL [% peso]							% TOTAL
Li	Mg	K	Na	Ca	SO4	Cl	
0.02	0.33	12.23	29.82	0.05	0.78	55.98	100

Módulo de molienda

Después del almacenamiento en un “stock pile”, se realiza la trituration correspondiente reduciendo el tamaño de la partícula en una primera etapa, utilizando la trituradora de rodillos hasta 1”, para luego ingresar al molino de jaula donde se reduce el tamaño, hasta el rango de número de malla Tyler 48 a 60, liberando de esta manera los cristales de cloruro de potasio.

Acondicionamiento

El acondicionamiento se realiza en dos etapas en un tiempo de residencia de 30 minutos por tanque, los cristales de silvinita son tratados con una solución de salmuera saturada en potasio, proveniente de las piscinas de evaporación con las que trabaja la Planta de cloruro de potasio, hasta que la concentración de sólidos alcance un rango entre 30% y 40%, en esta etapa se agrega:

- Armeen (colector), en un rango entre 90 a 100 g/t de pulpa, como promedio en función a las pruebas realizadas por la Dirección de Investigación y Desarrollo (I&D) de la GNRE.
- MIBC (espumante), en un rango entre 10 a 25 g/t de pulpa, como promedio en función a las pruebas realizadas por el departamento de I&D dependiente de la GNRE.

Módulo de flotación

Las celdas de flotación están asociadas en 3 bancos de 4 celdas, haciendo un total de 12, número 24 Denver (de 50 pies cúbicos). En esta etapa se realiza la separación del cloruro de potasio, concentrando en la etapa *rougher* hasta un 50% de KCl aproximadamente. Luego en la etapa *cleaner* se concentra hasta un 70% promedio, las colas de ambos son tratadas en las celdas *scavenger*, para recuperar el cloruro de potasio remanente.

En primera instancia, se trabaja con una celda *rougher*, para optimizar el proceso de flotación y dos celdas *cleaner*, la distribución de trabajo es en contra corriente para optimizar la recuperación en cuatro celdas *scavenger*.

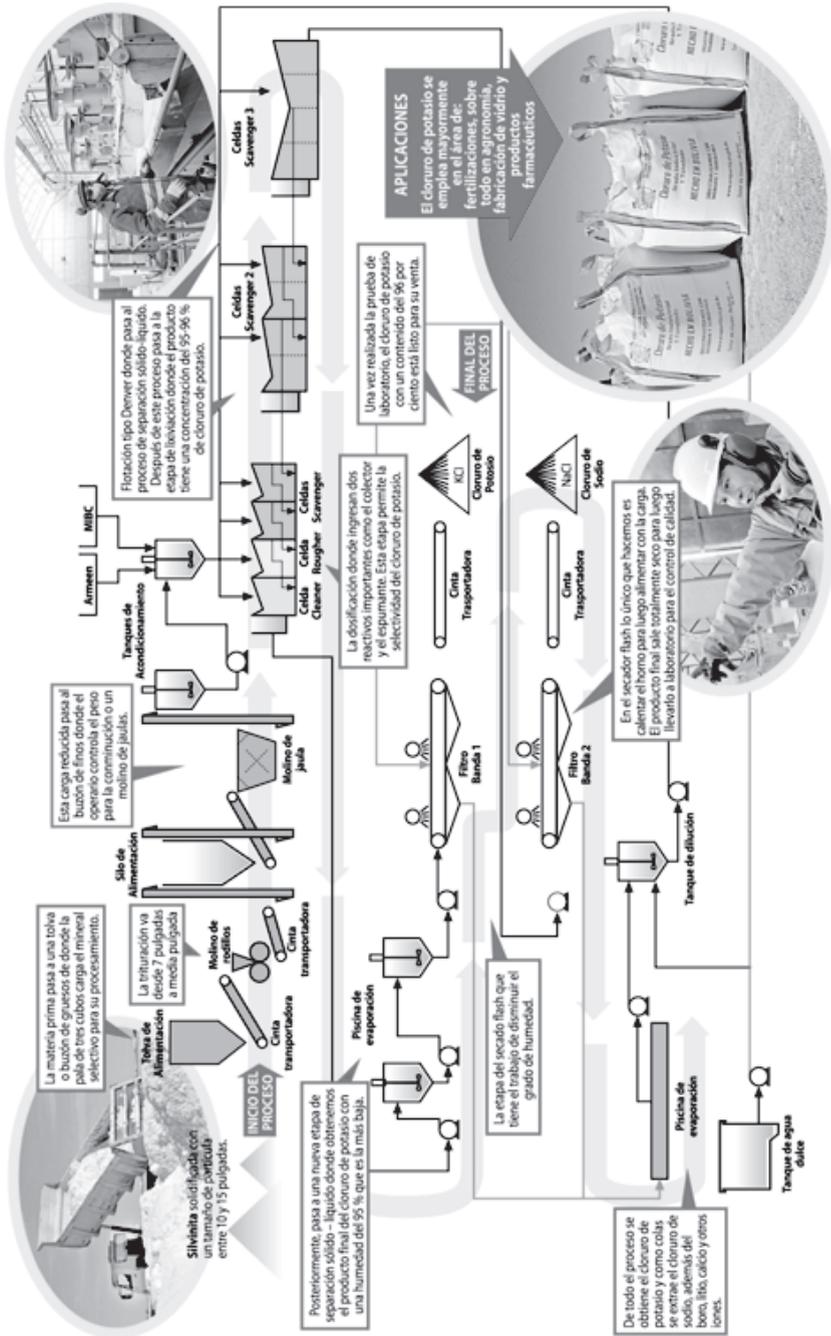
Lixiviación

La lixiviación es la etapa en la que se realiza la eliminación de cloruro de sodio, utilizando una solución en agua dulce, para disolver la mayor cantidad de cloruro de sodio remanente, que no fue separada en las celdas de flotación en un tiempo de residencia de aproximadamente 30 minutos.

Filtrado

El filtrado es un sistema de flujo continuo de solución de cloruro de sodio. En esta etapa, la pulpa contiene un mayor porcentaje de cloruro de potasio. La solución de lixiviado es separada mediante un filtro banda con la finalidad de obtener cloruro de potasio que contenga entre un 10% y 15% de humedad.

Infograma del proceso de obtención de cloruro de potasio



Calidad de producto

El cloruro de potasio obtenido del salar de Uyuni es un producto de alta calidad por la ausencia de componentes químicos en el proceso de industrialización de este producto, debido que la materia prima (silvinita) se obtiene como se explica en párrafos anteriores por separación de este elemento mediante evaporación en una serie de piscinas. Luego es procesado en la Planta mediante concentración, flotación, lixiviación y secado.

La recuperación de cloruro de potasio a lo largo de toda la trayectoria diseñada permite obtener un producto de calidad comercial, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Análisis de la composición del producto

PRODUCTO: CLORURO DE POTASIO	
ELEMENTO	%
KCl	95,2 min
K	49,87
Cl	47,90
Na	0,6
K ₂ O	60 min
Humedad	2,0 max.
Índice de salinidad	116.3+/- 10%
pH en solución al 10% (20°C)	Límite inferior: 5.4 Límite superior: 10

La GNRE abastece Cloruro de Potasio al mercado nacional

La Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos ha comenzado con la provisión de cloruro de potasio al mercado interno, con la venta de 500 toneladas. Nuestro país se encamina a la producción sostenible de este fertilizante, para dejar de depender de la importación de KCl. Con este objetivo, la GNRE ha empezado la producción regular de 10 a 12 toneladas por día en su fase piloto.

Actualmente la Planta semi-industrial de cloruro de potasio está en producción regular, y se tiene previsto licitar una cantidad mayor de este fertilizante, con el fin de atender la creciente demanda en el mercado nacional. Según los estudios de la GNRE, el Salar de Uyuni posee una reserva de 2.000 millones de toneladas de potasio que representan más de 3.700 millones de toneladas de cloruro de potasio. Bolivia se ubica en el segundo país con mayores reservas en el mundo, después de Canadá.

Planta Piloto de baterías de ion Litio

En el complejo industrial de La Palca, del departamento de Potosí, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE) implementa un laboratorio y una Planta Piloto de baterías de ion Litio, como culminación de la cadena productiva en la industrialización del carbonato de litio. Con este objetivo la GNRE firmó un contrato, bajo la modalidad de llave en mano, con la empresa china LinYi Dake Trade Co. Ltda, que además contempla la capacitación de los profesionales bolivianos en el manejo de tecnología (ensamblado) de la Planta Piloto de baterías de Litio. La Planta Piloto es una unidad funcional de carácter integral y comienza desde la capacitación, experimentación y producción de las baterías de Litio a cargo de profesionales bolivianos, que tienen como objetivo validar el proceso tecnológico para la producción industrial. El contrato con la empresa LinYi Dake estipula la instalación, calibración de equipos, la producción experimental de baterías de Litio y electroquímica así como la puesta en marcha de la Planta Piloto. Además proporciona la formación técnica de ingenieros y técnicos bolivianos para, de esa manera, usar y operar de forma apropiada todos y cada uno de los equipos, instrumentos, materiales, insumos y la transferencia de la tecnología para fabricar diferentes tipos de baterías de ion Litio.

Entre las tareas complementarias definidas entre la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos y la empresa LinYi, se contempla:

- a) Instalación de todos los equipos para el laboratorio y de la Planta Piloto de baterías de litio.
- b) Diseño de la infraestructura de un laboratorio y una Planta Piloto necesarios para la instalación de los equipos especializados.

- c) Instalación y calibración de los equipos de Laboratorio y de la Planta Piloto de baterías de litio.
- d) Puesta en marcha y operación del laboratorio y Planta Piloto de baterías de litio.
- e) Entrenamiento del personal técnico boliviano.
- f) LinYi proporcionará manuales de operación estándar (SOP) de los equipos principales.
- g) LinYi proporcionará una guía básica para las experimentaciones y producción iniciales.
- h) Asegurar la calidad de los electrodos y celdas.

De esta forma, el Estado boliviano asume la industrialización del carbonato de litio, que comienza desde la investigación, explotación, industrialización y la obtención de productos finales como la producción de baterías de ion Litio. Si bien el carbonato de litio como materia prima tiene un precio expectable a nivel internacional, su precio varía de acuerdo al grado de pureza y su aplicación, sin embargo, si es transformado en cátodos y baterías de Litio, su precio final se multiplica considerablemente.

Obras civiles en La Palca

En el complejo industrial de la Palca, la GNRE reacondicionó la infraestructura a las condiciones específicas de esta industria de última tecnología, con este propósito se han concluido las obras civiles, que comprenden varios módulos como el área administrativa, laboratorio, ambientes para las máquinas, almacenes y otros, en la planta piloto de baterías se pueden distinguir las siguientes áreas:

- Área de elaboración de celdas de baja capacidad
- Área de elaboración de celdas de alta capacidad
- Laboratorio de baterías
- Sala de máquinas
- Almacenes de materia prima y producto terminado
- Oficinas.

La infraestructura además cuenta con características especiales como paredes antihumedad, antifuego y antipolvo. Los pisos también son resistentes al agua y no retienen polvo. Toda la planta se encuentra regulada de acuerdo a especificaciones y recomendaciones propias de esta industria, de modo que las condiciones de trabajo son entre 15-25°C y humedad menor al 50%.

Descripción y organización de equipos en la planta

Los equipos que se emplean para la elaboración de celdas tanto de alta como de baja capacidad tienen funciones similares, y de acuerdo a la línea de fabricación de una celda se tienen los siguientes subprocesos:

- Mezclado
- Recubrimiento
- Prensado y corte
- Línea de ensamblado de celdas
- Sala de Alta temperatura
- Llenado de electrolito
- Línea de ensamblado de baterías
- Formación y ciclado
- Almacenaje de celdas y baterías.

Dentro de cada uno de estos subprocesos, se cuenta con equipos que son operados de modo manual y semiautomático. La sala de máquinas es un espacio donde se encuentran los equipos destinados a crear las condiciones para operar los equipos, por ejemplo: bombas de vacío, para crear la línea de vacío, compresores, para crear la línea de aire comprimido; bombas hidráulicas, para la línea de recirculación de agua y deshumidificadores, para crear la línea de aire seco.

El proceso de producción de baterías es prácticamente el estandarizado a nivel internacional, las partes que deben fabricarse para que una celda funcione son: ánodo, cátodo y carcasa, además del electrolito y el separador.

En primer lugar se fabrican los electrodos, ánodo y cátodo, el ánodo está elaborado a partir de carbono grafito, solvente, aglomerantes y lámina colectora de cobre.

El cátodo se fabrica empleando un óxido metálico de litio, solvente, aglomerantes y lámina colectora de aluminio.

Los electrodos son unidos mediante la membrana separadora entre ellos. Posteriormente, se colocan las pestañas que son las encargadas de hacer el contacto con el medio externo. Los electrodos, ya juntos, son cuidadosamente enrollados de acuerdo a la celda que se quiera elaborar. Un vez que los electrodos se encuentran enrollados son colocados dentro de una carcasa de aluminio. A esta carcasa ahora se le adiciona el electrolito. Con esto la celda se encuentra físicamente terminada; pero aún falta la activación electroquímica, para que pueda ser empleada como acumulador de energía. La activación se la realiza por un proceso electroquímico muy bien controlado. Durante esta primera carga se produce un fenómeno particular que es la formación de una capa de pasivación en el ánodo, que previene que el material activo se destruya en futuras cargas.

Inversión

La inversión para la provisión, instalación y puesta en marcha de la Planta Piloto de baterías de ion Litio, como la capacitación de técnicos bolivianos asciende a US\$ 2.995.000,00.

Por otra parte, la refacción, reacondicionamiento y construcción de la infraestructura de La Palca para la Planta Piloto fue realizada por la Empresa Potosina VBC Alianza, por un monto de US\$ 715.444, siendo la inversión total de US\$ 3.710.444,00.

Avances

El período de instalación y calibración se realizó en un tiempo aproximado de dos meses, con participación de 10 técnicos chinos de LinYi Dake Trade y técnicos bolivianos de la GNRE, los resultados alcanzados en esta etapa son:

- Instalación y calibración de todos los equipos de la Planta Piloto y Laboratorio.
- Verificación del correcto funcionamiento de todos los equipos.
- Pruebas preliminares de baterías de teléfonos móviles y baterías de alta potencia.
- Período de Capacitación y Puesta a Punto.

Tecnología

Los materiales catódicos y anódicos empleados son:

- Material catódico: LCO (Oxido de Cobalto Litio) y LFP (Fosfato de hierro litio)
- Material Anódico: Grafito.

Con esta química, la Planta Piloto tiene una capacidad de producción de 1200 Ah/día (100% de capacidad). Esta capacidad puede ser distribuida en dos líneas de producción:

- Celdas pequeñas de 0.8 Ah (para celulares), funcionamiento manual
- Celdas grandes de 10 Ah (para bicicletas eléctricas), de funcionamiento semiautomático.

Y dos líneas de ensamblado de baterías, que contempla:

- Línea de ensamblado de baterías pequeñas para celulares.
- Línea de ensamblado de alto poder, de hasta 2kwh.

Distribución de Planta, la Planta tiene una superficie aproximada de 1.600 m², los principales módulos de producción son:

- Sección de mezclado de materiales
- Recubrimiento de materiales
- Cortado de electrodos
- Ensamblado de celdas

- Llenado de electrolito
- Ensamblado de baterías
- Hornos y la sección de laboratorio.

El personal con el que se cuenta actualmente está constituida por 30 profesionales, cuyos grados de formación académica son: ingenieros eléctricos, industriales, químicos, ambientales, informáticos, electromecánicos, electrónicos, licenciados en física y química además de técnicos superiores en mecánica entre otros.

Perspectivas

- Instalación de una Planta Industrial de Carbonato de Litio grado batería.
- Instalación de una Planta Industrial de Material Catódico.
- Instalación de una Planta Industrial de Baterías de Ion Litio.
- Dar valor agregado a los insumos producidos en Bolivia para la fabricación de baterías de ion Litio.
- Investigación y Desarrollo en:
 - Síntesis de materiales anódicos en base estaño
 - Síntesis de electrolitos
 - Obtención de litio metálico
 - Manufactura de colectores de corriente de cobre.

Impacto económico y social

El inicio de la industrialización de los recursos evaporíticos, significó un importante impulso en la generación de fuentes de trabajo en el Sud Oeste boliviano, beneficiando de manera directa con la contratación de trabajadores del entorno del Salar de Uyuni, a la fecha se ha generado un promedio de 360 empleos directos y más de mil empleos indirectos mediante empresas sub contratistas, servicios, proveedores de insumos y otros.

Junto con la generación de empleo, nuestro proyecto ha desarrollado, al Sur del Salar de Uyuni, proyectos de agua para las comunidades circundantes, red de electricidad de baja tensión, señal de telefonía celular y televisión por cable y satelital, además de la construcción y mejoramiento de vías de acceso y circulación a las comunidades.

Nuestro proyecto ha privilegiado la contratación de empresas comunitarias, conformada por los habitantes de la zona y que actualmente prestan servicios de transporte, construcción y provisión de alimentos como ejemplo de una gestión comprometida con el desarrollo de la región.

ESPECULACIONES EN TORNO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LITIO EN BOLIVIA

Juan Carlos Montenegro Bravo

Docente Investigador del Instituto de Investigaciones
en Metalurgia y Materiales de la UMSA.

Recientemente el Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA) realizó la publicación del libro “Un presente sin futuro - El proyecto de industrialización del litio en Bolivia” y un video del mismo nombre, en torno a lo cual es necesario realizar algunas aclaraciones. De inicio, el título que antecede es conclusivo y conlleva el preconcepción equivocado de desahuciar anticipadamente el futuro del proyecto de industrialización del litio en Bolivia y contradice con al menos una buena parte del contenido de la obra. Es pues necesario efectuar algunas consideraciones al respecto.

Quien escribe el presente artículo ha sido parte del equipo de investigación que por encargo del CEDLA realizó el estudio destinado a analizar la naturaleza y desarrollo del proyecto de industrialización de los recursos evaporíticos del salar de Uyuni a cargo de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE) de la COMIBOL. A partir de ello, se tuvo por finalidad establecer una aproximación a los posibles impactos de este proyecto en los ámbitos social, económico

y ambiental en la región, cuyos resultados se encuentran en la publicación mencionada. El trabajo se realizó en el periodo comprendido entre los meses de marzo a agosto de 2013. El responsable del capítulo “El Proyecto Estatal de Industrialización del Litio y Potasio en Bolivia. Impactos previstos” ha sido el autor de esta nota.

En primer lugar debe aclararse que el título de la publicación, cuyo significado pretende desahuciar los esfuerzos de industrializar el litio del salar de Uyuni, ha sido adoptado por el CEDLA de manera unilateral y sin la consulta de conformidad de los autores. Este hecho linda con una falta de honestidad intelectual por parte del CEDLA y no sólo afecta su credibilidad institucional, sino que se traduce en un agravio a la integridad profesional de los autores del trabajo, o al menos a parte de ellos que no comparten con ese preconcepto. Ello se agrava por el hecho de que habiendo solicitado al CEDLA por escrito una explicación al respecto (23/09/2014), no se obtuvo respuesta.

El trasfondo de esa actitud reprochable y de algunas declaraciones públicas y actividades de difusión realizadas, parten de una premisa especulativa y falsa. Pretende sustentarse en el supuesto de que la GNRE habría optado definitivamente por una determinada vía de procesamiento de salmuera (proceso en el campo de cloruros) que generaría grandes cantidades de lodos residuales como producto del encalado de la salmuera de pozo y que se habría desechado una alternativa de procesamiento más amigable con el medio ambiente (proceso en el campo de sulfato de litio). Es en torno a ese supuesto que se vienen realizando especulaciones indebidas e irresponsables, lo que explicaría la idea de que el futuro del proyecto de industrialización del litio en Bolivia quedaría desahuciado.

La realidad del desarrollo del proyecto de industrialización del litio del salar de Uyuni demuestra todo lo contrario. El proceso de concentración de la salmuera desarrollado, adoptado y aplicado por la GNRE para la obtención del carbonato de litio es precisamente el proceso en el campo de sulfatos, un proceso que es efectivamente mucho más limpio desde el punto de vista medio ambiental, pues el encalado se realiza después de la cristalización fraccionada y la generación de lodos residuales se reduce a aproximadamente un 5% respecto a los que se generaría por un encalado inicial de la salmuera de pozo.

Más aún, en el Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales (IIMETMAT) de la UMSA y en coordinación con la GNRE, se ha desarrollado un proceso de tratamiento de estos lodos de enclado para su conversión en un subproducto de utilidad como es el yeso fraguable de distintas calidades, apto para ser utilizado como materiales de construcción.

La adopción definitiva del proceso de obtención de sulfato de litio se constata en la Memoria 2013 de la GNRE y otras publicaciones de esta entidad. Es más, en los términos de referencia de la convocatoria pública efectuada recientemente por la GNRE para la Identificación de Potenciales Proponentes para la Ingeniería a Diseño Final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio, se establece categóricamente que la sal a ser procesada en esa planta será el sulfato de litio.

Logros tan importantes como el haber generado un importante grupo de investigadores nacionales al interior de la GNRE y logrado coordinación con investigadores de varias universidades nacionales; el haber concluido el pilotaje de los procesos de obtención de carbonato de litio y cloruro de potasio con una pureza del 99,5% y 95% respectivamente e iniciar la construcción de la fase industrial; el contar con una planta piloto de baterías de ión litio y avanzar la instalación de una planta piloto de materiales catódicos, son algunos de los avances exitosos que aseguran un futuro promisorio a la industrialización del litio en nuestro país.

Por lo tanto, quienes pretendan basarse en especulaciones e insistir en premisas falsas para ajustar sus opiniones a determinado discurso político u otro tipo de intereses, sólo socavan su credibilidad y seriedad.

RECICLAJE DE RESIDUOS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CARBONATO DE LITIO DEL SALAR DE UYUNI

Juan Carlos Montenegro y Edwin Limbert Bustillos

Se ha estudiado y desarrollado una alternativa que permite reciclar uno de los residuos insolubles del proceso de obtención de carbonato de litio de la Planta Piloto a cargo de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE).

Estos residuos corresponden a la etapa de encalado y están constituidos principalmente por sulfato de calcio e hidróxido de magnesio, los cuales a partir de su tratamiento pueden ser convertidos en subproductos. De esta manera es posible reciclarlos para diversos usos y se convierte en una alternativa que permita aminorar y, en su caso, anular los impactos ambientales que podrían generar estos residuos industriales.

El estudio plantea aprovechar uno de los componentes principales de estos residuos, como es el sulfato de calcio dihidratado, para convertirlo en un subproducto de utilidad (yeso fraguable), con potencialidad comercial para su empleo como material de construcción, enlucido de paredes interiores, prefabricados, moldes para cerámica y otras aplicaciones.

Introducción

El procesamiento de la salmuera del salar de Uyuni se basa en la cristalización fraccionada por evaporación solar, hasta concentrar la salmuera al punto de lograr la precipitación del sulfato de litio. A

partir de la cosecha de esta sal es transportada hasta la Planta Piloto para su procesamiento y transformación en carbonato de litio. En el transcurso de la cristalización fraccionada de la salmuera, se obtiene previamente cloruro de potasio y sulfato de potasio, como derivados del proceso.

El proceso de obtención de carbonato de litio en la Planta Piloto del salar de Uyuni a partir de sulfato de litio requiere una primera etapa de encalado para posteriormente pasar al carbonatado a diferentes temperaturas.

El encalado en la primera etapa tiene por objeto reducir aún más la concentración de magnesio con la consiguiente formación de precipitados de hidróxido de magnesio y sulfato de calcio principalmente. La principal reacción química que se produce durante el encalado es la siguiente:



Por su naturaleza química, los precipitados generados en el encalado tienen la potencialidad de ser aprovechados en lugar de que se conviertan en pasivos ambientales indeseables.

Durante la precipitación, los lodos generados ocluyen o atrapan aproximadamente el 30% de la dilución de sulfato de litio, la cual es separada del sólido precipitado mediante filtros prensa para su posterior carbonatado.

Los lodos precipitados contienen sulfato de calcio dihidratado e hidróxido de magnesio, pero además de estos elementos, se encuentran otros como el carbonato de calcio, sílice y óxidos, que provienen como impurezas de la cal empleada. Por ello, el tratamiento de conversión de los lodos implica procesos de lavado, concentración y separación del sulfato de calcio dihidratado ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para su posterior conversión en sulfato de calcio hemihidratado ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) fraguable.

La disposición y manejo de los residuos producidos por el encalado podrían representar un problema de connotaciones ambientales y económicas, lo cual planteó la necesidad de ser encarado y plantear una alternativa de tratamiento que permita sea resuelto.

El yeso sin calcinar

En función de sus aplicaciones, el yeso se agrupa en dos grandes grupos: el yeso sin calcinar y el yeso calcinado.

El yeso crudo o yeso sin calcinar, es un compuesto constituido principalmente por sulfato de calcio dihidratado, ya sea como yeso natural o yeso artificial.

El yeso sin calcinar tiene principalmente dos grandes sectores de consumo:

- La industria cementera lo utiliza como uno de los aditivos en la fabricación del cemento Portland.
- La industria agrícola lo utiliza para neutralizar suelos alcalinos o salinos y mejorar su calidad a objeto de incrementar la productividad de los cultivos. Este es el denominado Yeso Agrícola.

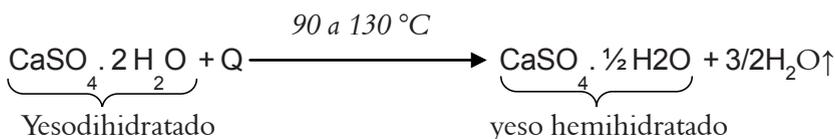
Cuando el yeso natural o sintético posee cantidades importantes de cloruros, magnesio, u otras sales solubles no es posible su empleo en la fabricación del cemento Portland, pues son impurezas que afectan negativamente a la durabilidad del concreto. Esta es una de las limitaciones de la aplicación de los lodos de encalado de salmuera en este campo, debido a la presencia del magnesio.

Otros sectores donde se utiliza el yeso sin calcinar son en el tratamiento de aguas, en la fabricación de pinturas y en la regeneración-fertilización de suelos cultivables. Esta última alternativa de aplicación es una nueva línea de investigación que se desarrolla en el IIMETMAT.

El yeso calcinado o fraguable

El yeso en su estado natural se encuentra como sulfato cálcico dihidratado, es decir, tiene dos moléculas de agua de hidratación. Durante el proceso de calcinación pierde parte de esa agua, dependiendo de la temperatura a que se someta.

Deshidratación por calcinación:

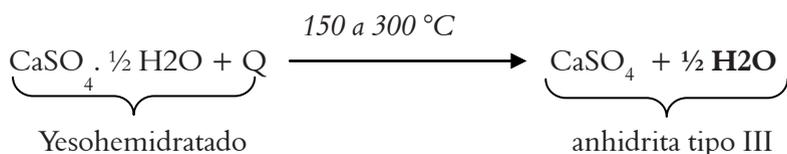


El yeso hemihidratado recupera su estructura cristalina cuando se hidrata y se produce el fenómeno del fraguado y endurecimiento.

La rehidratación del yeso calcinado es representada por la reacción:



Cuando el yeso es calcinado a temperaturas mayores de 130° C, continúa perdiendo agua, hasta llegar al estado de anhidrita.



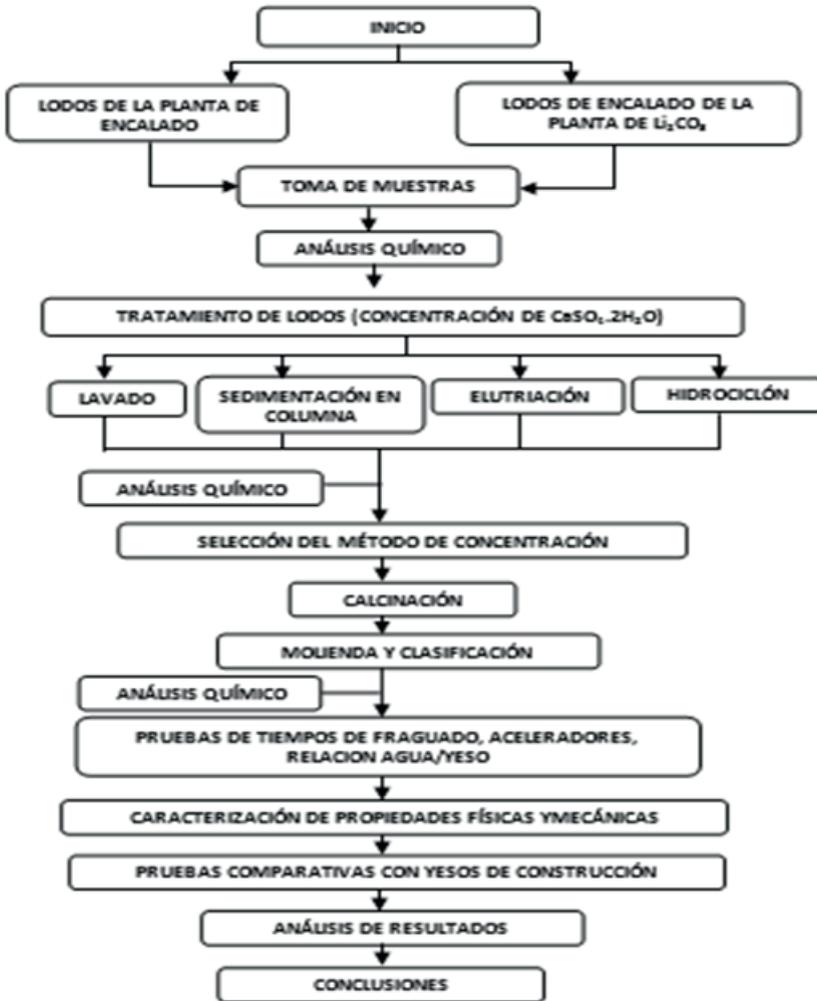
Del mismo modo, la anhidrita se hidrata al contacto con el agua.

Dependiendo de las temperaturas de calcinación, el yeso fraguable puede presentar distintas proporciones de hemihidrato y anhidrita, dando lugar también a distintas calidades de aplicación.

Los principales sectores en los que se aplica o demanda yeso calcinado son la industria de la construcción, la industria de materiales cerámicos y en aplicaciones del campo de la medicina, ortopedia y mecánica dental.

Procedimiento experimental

El procedimiento experimental a nivel laboratorio se describe en el siguiente flujograma de trabajo.



Resultados

Tabla 1. Análisis químico de lodos de encalado de la Planta Piloto de Carbonato de Litio

% PESO								
Li	Mg	K	Na	Ca	SO4	Cl	B	%Humedad
0.54	10.62	0.93	1.67	11.608	28.13	9.96	0.26	26.19

La humedad de 26.19 % corresponde al agua evaporada de la salmuera ocluida.

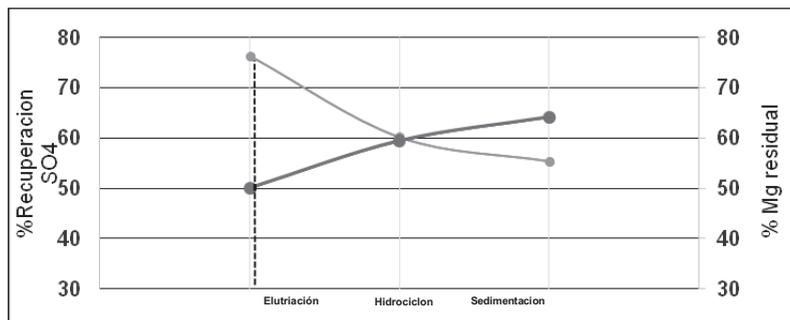
Tabla 2. Resultados según tipo de concentración empleada

TRATAMIENTO	% en peso						
	sulfatos	Mg	Ca	Na	Cloruros	Li	K
Lavado	34.49	13.45	16.85	0.17	0.73	0.003	0.08
Sedimentación	37.72	11.89	17.79	0.12	0.46	0.003	0.06
Elutriación	41.32	7.31	22.56	0.08	0.15	0.002	0.04
Hidrociclón	38.79	10.32	19.93	0.160	0.72	0.064	0.064

De los métodos empleados se observa que la elutriación concentra mejor los sulfatos y calcio y es más eficiente en la disminución de la concentración de los demás elementos.

Por tanto, el método de concentración por elutriación permite una mayor recuperación como se observa en la figura 1.

Figura 1. Recuperación del método de concentración empleado



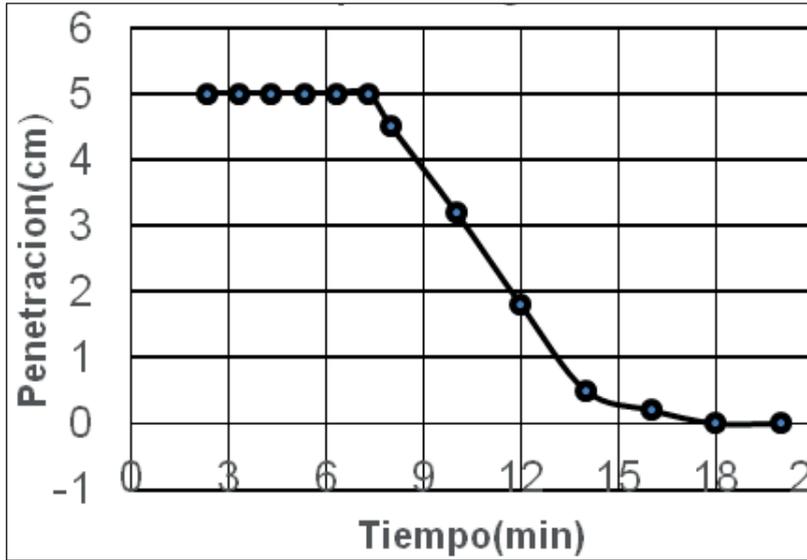
A partir de estos resultados, se seleccionaron los productos obtenidos por elutriación para su tratamiento y conversión en yeso fraguable.

Tabla 3. Resultados de calcinación (130°C) de yeso de elutriación

% PESO)							
Li	Mg	K	Na	Ca	SO ₄	Cl	B
0.002	8.35	0.06	0.10	22.56	45.06	0.18	0.1

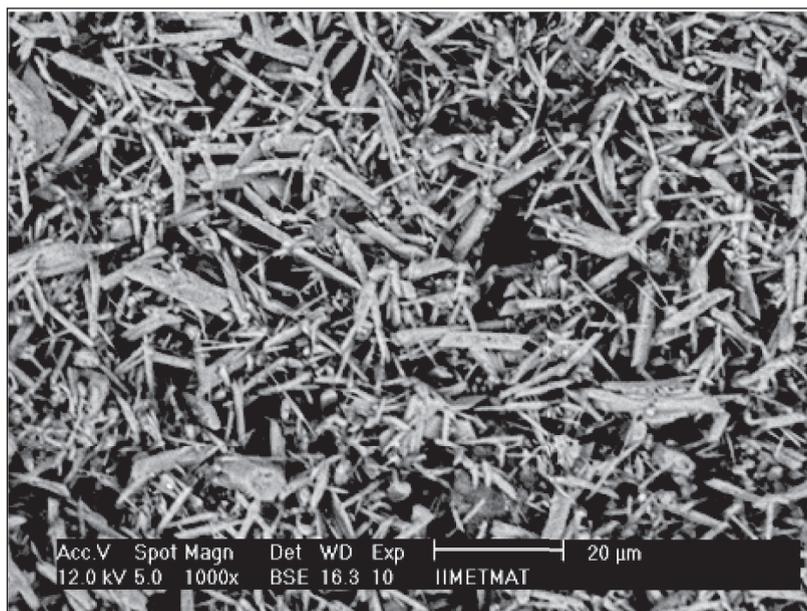
Tabla 4. Otras características físico-químicas del yeso obtenido

SUSTANCIA	% (o propiedad)
Humedad	2
Agua combinada	9.18
Densidad	2.533
Sulfato de calcio hemihidratado	69.57
Sulfato de calcio anhidro	0
Óxido de calcio	31.58
Óxido de magnesio	13.84
Cloruro de sodio	0.26
Cloruro de potasio	0.002
Borato de calcio	1.81
Otros	6.63
Agua combinada	9.18
Absorción de agua	69,35
Índice de pureza	74.59
Color	blanquecino

Figura 2. Tiempo de fraguado**Tabla 5. Relación A/Y y tiempo de fraguado**

Relación A/Y (agua/yeso)	Tiempo de fraguado (min)	
	Inicio	Fin
0,872	7.3	14

**Figura 3. Cristales de sulfato de calcio del yeso fraguado obtenido.
SEM. 1000x**



Conclusiones

1. A partir del procesamiento de los residuos del encalado se ha podido establecer la viabilidad técnica de su reciclaje y conversión en yeso fraguable.
2. Las propiedades físicas y mecánicas del yeso fraguable obtenido a partir del tratamiento de lodos de encalado, habilitan a este producto ser competitivo en el mercado nacional de los materiales de construcción al cumplir con los requerimientos de la norma boliviana en cuanto a índice de pureza y tiempo de fraguado.
3. Está abierta la posibilidad de industrializar estos residuos a partir de emprendimientos comunitarios, regionales o estatales. El presente estudio demuestra y desbarata las especulaciones en

torno a que los residuos de encalado de la industrialización de la salmuera del salar de Uyuni se convertirían en la principal fuente de contaminación e impacto ambiental en la región.

4. La presencia de magnesio en contenidos inferiores a 9% se constituye en una ventaja del yeso fraguado obtenido por brindarle un menor peso específico y mayor capacidad de absorción de agua, lo que facilita su aplicación en enlucido de paredes interiores y su posterior pintado de impermeabilización.
5. Al tener un mayor tiempo de fraguado natural, el yeso obtenido ofrece un mayor tiempo de trabajabilidad sin la adición de aditivos retardadores.
6. El yeso obtenido presenta un mejor acabado y coloración blanca a diferencia de los yesos convencionales del mercado nacional.
7. El presente estudio solo abarca la utilización del yeso obtenido en la construcción, Es necesario realizar estudios complementarios para su aplicación en otras áreas como la agricultura.

Bibliografía

- Arzabe, José. (1993). Preparación y caracterización de materiales de yeso aditivados con alumbre, carboximetilcelulosa, arena silicea y talco. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
- Concha, Fernando Arcil. (1997). Manual de filtración y separación.
- Livia, Walter Pardave. (2007). Beneficio de minerales de yeso provenientes de la mina la Nacuma "Municipio de los Santos". Universidad Tecnológica de Pereira.
- Memoria Anual (2012- 2013). GNRE.
- Valverde, María R. (2000). Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride.

MODELO PRODUCTIVO DEL LITIO EN CHILE: ANTECEDENTES, PROCESOS PRODUCTIVOS, MARCO LEGAL, AVANCES Y PROYECCIONES Y EVALUACIÓN CRÍTICA

*Mario Grágeda, Pedro Vargas y Svetlana Ushak*¹

1. Antecedentes del Litio

Los recursos mundiales de litio se encuentran en diversas fuentes, entre ellas: los minerales de litio en rocas, las salmueras en salares, campos de petróleo y geotermales y en el agua de mar. La mayor cantidad de litio en la naturaleza se encuentra en las salmueras naturales y no en minerales pegmatíticos (espodumeno, petalita). El espodumeno fue la principal fuente de obtención de carbonato de litio hasta la explotación del litio contenido en las salmueras naturales. El mineral de espodumeno se concentra por flotación diferencial para obtener un concentrado con un contenido de 2,5 a 3,2 % de litio, lo que equivale a 85 a 95% de espodumeno.

Para la producción de litio del espodumeno, el concentrado del mismo debe ser calcinado previamente con caliza. Para posteriormente y mediante procesos de molienda, lixiviación, precipitaciones sucesivas, entre otros, se pueda extraer un alto porcentaje de litio, produciendo hidróxido de litio, carbonato de litio o cloruro de litio.

¹ Centro de Investigación Avanzada del Litio y Minerales Industriales, Universidad de Antofagasta, Av. Universidad de Antofagasta 02800, Antofagasta, Chile. Departamento de Ingeniería Química y Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Av. Universidad de Antofagasta 02800, Antofagasta, Chile

Las arcillas también pueden representar una fuente potencial de litio. Ello fue descubierto en la localidad de Héctor en California durante los años 1970. También se descubrieron otros yacimientos similares en el oeste de los Estados Unidos. El yacimiento de Héctor era explotado ya en el 2002 en pequeña escala y sus productos de litio eran utilizados directamente en pinturas y lodos de perforación.

El costo de fabricar carbonato u otras sales de litio a partir de hectoritas era alto, por cuanto había que romper la firme estructura cristalina de las arcillas. Por esa razón, no se creía que estos yacimientos pudieran ser explotados en gran escala para extraer litio con la tecnología disponible en 2002. Sin embargo, en los últimos años, la empresa Western Lithium USA Corp. (WLC) ha investigado un proceso de extracción de litio a partir de su depósito de hectorita de Kings Valley, Nevada (Lagos G., 2012). El proceso fue desarrollado inicialmente por el US Bureau of Mines en los años 80. Luego, fue mejorado por WLC y permitió recuperar sulfato de potasio y sulfato de sodio como subproductos, lo que haría rentable la extracción del litio. La investigación básica a nivel de laboratorio del proceso de recuperación del sulfato de potasio y sulfato de sodio, junto al litio, fue realizada en 2009 y 2010 en la Universidad de Antofagasta (Vargas P. y Pavlovic P., 2010).

El desarrollo del proceso de recuperación del litio a partir de salmueras tuvo un fuerte impacto en la industria del litio a fines de los sesenta, al constituir este proceso una fuente de litio con costos mucho más bajos en comparación a la obtención del mismo a partir de los minerales pegmatíticos.

Cabe señalar que la mayor cantidad de los recursos de litio se encuentra en las salmueras continentales de los salares, principalmente en Sudamérica. Entre los depósitos más importantes figuran los salares de Uyuni (Bolivia), Atacama (Chile) y Hombre Muerto (Argentina).

La composición de las salmueras en cuanto a niveles de contenidos de litio varía considerablemente. También varía la presencia de otros elementos como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo cual requiere que cada salmuera sea tratada en forma particular, de acuerdo a su composición.

Los recursos de litio están presentes en Chile en las salmueras de salares entre las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama. Sin embargo, su explotación se realiza actualmente sólo en el Salar de Atacama (Región de Antofagasta) que contiene el reservorio de salmueras de mejor calidad mundial por su alta concentración de litio y

de otras sales de interés económico (potásicas y boratos), baja relación magnesio/litio y una condición climática óptima para la evaporación solar, energía necesaria para concentrar las salmueras. Estos factores inciden en que la explotación de salmueras en el Salar de Atacama sea actualmente la de menor costo en la industria del litio. Para el caso del Salar de Atacama, la salmuera se bombea desde debajo de la corteza salina, las que son depositadas en pozas de baja profundidad y grandes dimensiones, en las cuales y a partir del proceso de evaporación solar, comienza a precipitar secuencialmente un conjunto de sales. De este modo, se extra en sales tales como cloruro de potasio, sulfato de potasio, cloruro de sodio, schoenita de potasio, schoenita de litio, carnalita de potasio, carnalita de litio, entre otras sales.

COCHILCO (2013) ha hecho una aproximación sobre la cuantía de los recursos de litio, estimando que los recursos mundiales conocidos alcanzarían a 36,7 millones de toneladas de litio, de los cuales Chile dispondría de 8 millones de toneladas de litio, un 22% del total mundial.

1.2. Salar de Atacama

Las reservas de litio más importantes de Chile se encuentran en el Salar de Atacama. Es el depósito salino más grande, con una superficie de aproximadamente 3.000 km². Este salar se encuentra ubicado en la parte centro-oriental de la II Región, a 2.300 metros sobre el nivel del mar. Debido a la recarga de soluciones ricas en sales y a la continua evaporación por las condiciones climáticas de extrema aridez, se ha formado un cuerpo central o núcleo de aproximadamente 1.400 km² compuesto casi exclusivamente por cloruro de sodio. Esta masa salina es porosa y en ella, se encuentran ocluidas salmueras saturadas en cloruro de sodio que contienen también altas concentraciones de otros elementos tales como: potasio, litio, magnesio, boro, calcio, sulfato, etc., que han determinado la importancia económica de este salar.

La humedad relativa del aire en el Salar de Atacama es baja. Se han registrado valores inferiores a 5 %. La precipitación media anual varía entre 30 a 50 mm. Los vientos son discontinuos, observándose su máximo en las tardes. La radiación solar es fuerte (6,3.10⁶cal/m².día) y la temperatura del aire puede alcanzar en verano valores superiores a los 35 °C. Todas estas características climáticas determinan que la tasa de evaporación en el salar sea alta, del orden de 10 l/m².día como promedio anual para agua (medida en bateas metálicas).

El desierto de Atacama posee condiciones climáticas únicas y se caracteriza como el lugar más seco de la tierra con alto índice de evaporación y escasa precipitación. Permite una alta concentración de energía solar. Ello implica procesos de evaporación mucho más eficientes y competitivos para extracción de litio del Salar de Atacama respecto de otros salares.

En la tabla 1 se muestra la composición de las salmueras del Salar de Atacama y se compara con salares alrededor del mundo.

Tabla 1 Composición de salmueras comerciales en el mundo (% peso)

	Na	K	B	Li	Mg	Ca	Cl	SO ₄
Clayton Valley, USA	4.69	0.4	0.005	0.0163	0.019	0.045	7.26	0.34
Salton Sea, USA	5.00 -7.00	1.30 -2.40	0.039	0.01 -0.04	0.07- 0.57	2.26-3.9	14.20- 20.90	42-50
Salar de Atacama, Chile	9.1	2.36	0.04	0.157	0.965	0.045	18.95	1.59
Hombre Muerto, Argentina	9.9-10.30	0.24- 0.97		0.068- 0.121	0.018- 0.14	0.019- 0.09	15.80- 16.80	0.53- 1.14
Salar de Uyuni, Bolivia	7.06	1.17	0.071	0.0321	0.65	0.0306	5	0.85
Scarlles Lake, USA	11.08	2.53		0.0054		0.0016	12.3	4.61
Great Salt Lake, USA	3.70-8.70	0.26- 0.72	0.007	0.0018	0.5-0.97	0.026 -0.036	7.00- 15.60	0.94- 2.00
Dead Sea, Israel	3.01	0.56	0.003	0.0012	3.09	1.29	16.1	0.061
Sua Pan, India	6	0.2		0.002			7.09	0.83
Bonneville, USA	8.3	0.5	0.007	0.0057	0.4	0.0057	14	
Zabuyc, China	7.29	1.66		0.0489	0.0026	0.0106	9.53	
Tajjinaier, China	5.63	0.44		0.031	2.02	0.02	13.42	3.41

Fuente: Boryta, 2011; Evans, 2008; Roskill, 2009.

Como se observa de esta tabla, las salmueras del Salar de Atacama tienen una relación magnesio/litio debajo del rango 9:1. Por lo tanto, el costo por eliminar el magnesio por precipitación con cal apagada, si fuese necesario, resulta económico. A mayor relación de estos iones se requiere mayor superficie de pozas de evaporación para cristalizar el máximo de sales de magnesio posible. La alta razón magnesio/litio (16-22:1), y la elevada altitud por sobre los 3600 metros del Salar de Uyuni, sumado a su bajo contenido de litio, presentan dificultades para el procesamiento de la salmuera, los que pueden elevar el costo de la recuperación de litio.

1.2.1 Química de fases de las salmueras del Salar de Atacama.

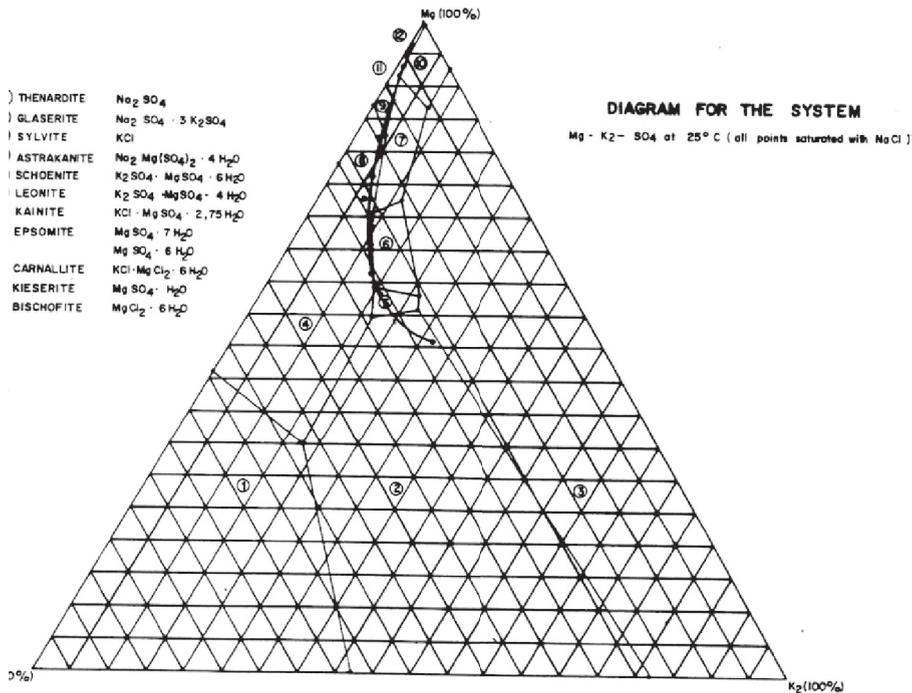
Las salmueras del Salar de Atacama son soluciones saturadas en cloruro de sodio con un contenido total de sólidos disueltos de aproximadamente 28 % y una densidad de 1.224 g/l. Los otros elementos presentes en estas salmueras son potasio, magnesio, litio, calcio, boro, sulfato y como elementos trazas rubidio, cesio y bromo.

En la década de 1970 y a mediados de 1980, el gobierno de Chile a través de su agencia de desarrollo, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y su contraparte, Saline Process de los EE.UU. llevó a cabo exhaustivas pruebas en el Salar de Atacama para explorar sus reservas y desarrollar procesos para la recuperación de sus minerales. Los estudios de laboratorio y de evaporación en pozas solares permitieron a CORFO establecer los procesos más económicos para la producción de cada uno de los potenciales productos de las salmueras del Salar: carbonato de litio, cloruro de litio, sulfato de litio, cloruro de potasio, sulfato de potasio, ácido bórico, cloruro de magnesio y sulfato de magnesio. Pavlovic- Zuvic et al, (1983) ha analizado el desarrollo de procesos para recuperar estas sales de las salmueras.

Se ha estudiado la química de fases de estas salmueras al ser concentradas por evaporación con el propósito de definir la trayectoria de cristalización de las salmueras y determinar la composición de las sales de potasio, litio y magnesio que cristalizan durante el proceso de evaporación solar. Estos estudios se hicieron tanto en terreno, usando bateas metálicas, como en laboratorio y permitieron definir las etapas de concentración de las salmueras en pozas solares (Vergara-Edwards et al, 1983).

La composición química de la salmuera corresponde a un sistema acuoso complejo multicomponente. Dada la mayor proporción en que se encuentran presentes los iones de Na, K, Mg, Cl y SO_4 , respecto del resto de los componentes de la salmuera, se puede usar la representación de los equilibrios de fases, que se dan para el sistema acuoso quinario del agua de mar, formado por los iones Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, saturado en cloruro de sodio.

Figura 1. Trayectoria de la evaporación solar de salmuera en verano



En la figura 1, se representa la trayectoria de evaporación de las salmueras en condiciones de verano, en una proyección triangular de Janecke, a la temperatura de 25 °C.

De acuerdo a este diagrama de fase las sales que cristalizarían serían: glaserita, schoenita, kainita, carnallita, y bischofita, junto con

halita y silvita. En la práctica, los análisis de difracción rayos X no han revelado la presencia de glaserita ni de bischofita. Por otra parte, en verano no cristaliza schoenita, precipitando en su lugar schoenita de litio, KLiSO_4 . Se observa además que en el campo de la carnalita, tanto en verano como en invierno, cristaliza sulfato de litio monohidratado (L. Vergara, N. Parada, 1983).

En verano cristaliza schoenita de litio, KLiSO_4 , en lugar de schoenita, $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y sobre 52 (mol $\text{MgCl}_2/1000$ mol H_2O) cristaliza sulfato de litio monohidratado, $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. También se ha observado que la concentración de litio en la salmuera llega a valores más altos en invierno (14 g/l) que en verano (10 g/l).

2. Procesos productivos en Chile

Sólo dos compañías explotan salmueras del Salar de Atacama, en coproducción con sales potásicas, **SQM** y **Sociedad Chilena del Litio SCL**

En el año 1996, **SQM** inició la producción de carbonato de litio como subproducto de la recuperación del cloruro de potasio de las salmueras del Salar de Atacama, luego de arrendar a CORFO un área del Salar de Atacama. Este derecho vence una vez producido 180.100 toneladas de litio equivalente o como máximo en el año 2030.

La primera etapa del proceso corresponde a la extracción de la salmuera y su disposición en extensas pozas de evaporación solar para su concentración. Sucesivamente van cristalizando las sales de sodio, magnesio y potasio, hasta alcanzar en la poza final una solución de cloruro de litio al 6%. Esta solución es transportada a una planta en Antofagasta para convertirla en carbonato de litio. A su vez, parte del carbonato producido es convertido en hidróxido de litio. Luego de sucesivas expansiones a la capacidad productiva de SQM en el Salar de Atacama y de sus plantas químicas en Antofagasta (La Negra), ella alcanza en la actualidad a 48.000 ton/año de carbonato de litio y a 6.000 ton/año de hidróxido de litio.

En 1984, la **Sociedad Chilena del Litio SCL** comenzó sus operaciones en el Salar de Atacama para extraer litio contenido en las salmueras y producir carbonato de litio, con un interés secundario en la obtención de cloruro de potasio, en virtud de una sociedad formada

por Cyprus Foote y CORFO, propietario de las pertenencias asignadas a la sociedad. Aunque CORFO vendió su parte de la sociedad, el acuerdo para la explotación de las pertenencias se mantiene hasta que SCL acumule una producción de 200 mil toneladas de litio equivalente, sin límite de fecha. En 1998, una planta de cloruro de litio en funcionamiento fue traída desde EEUU e instalada en La Negra. La capacidad de producción se ha ampliado para satisfacer las necesidades del mercado en crecimiento. Actualmente esta compañía pertenece a Rockwood Lithium, subsidiaria de Rockwood Specialities Group, compañía química de EE.UU.

2.1. Descripción del proceso carbonato de litio

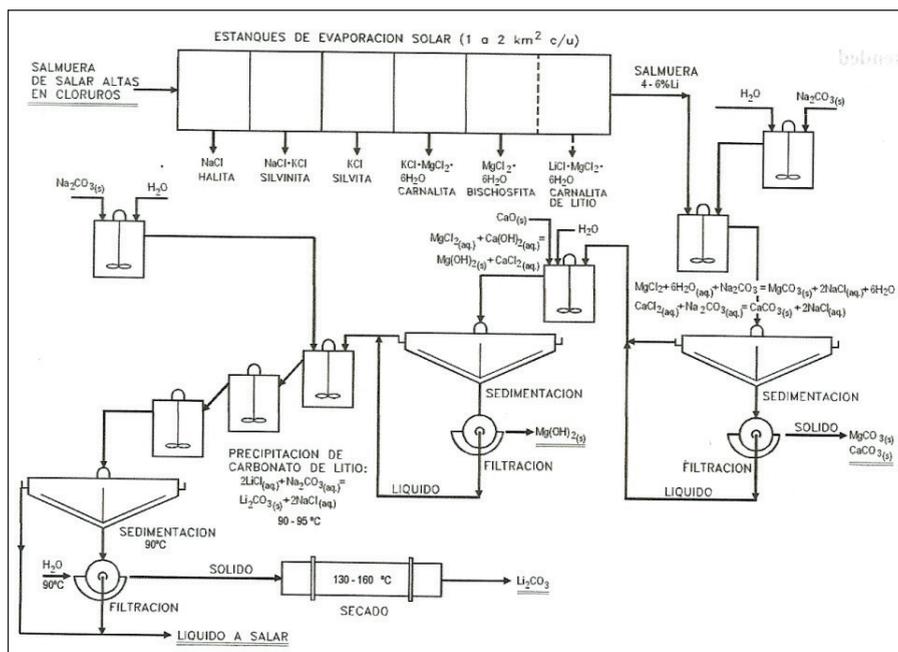
SCL inició su producción en 1984 a través de una planta de carbonato de litio de 6.350 ton/año. Al año 2009, la capacidad instalada de carbonato de litio es de 27.200 ton/año y de 170.000 ton/año de cloruro de potasio como subproducto. Cabe mencionar que produce, además cloruro de litio y sales remanentes de cloruro de magnesio.

Foote Mineral Co. diseñó para SCL un proceso de recuperación de litio en forma de carbonato de litio a partir de las salmueras del Salar de Atacama, basándose en un proceso de una planta de Silver Peak (EE.UU), pero adecuándolo a las características propias de estas salmueras.

En la figura 2, se muestra el diagrama de procesos para la recuperación de litio en la forma de carbonato de litio, a partir de las salmueras altas en cloruros (Wilkomirsky, 2008).

El proceso de obtención de carbonato de litio consiste básicamente en bombear la salmuera desde el salar a pozas de evaporación, en donde se concentra el litio y luego esta misma concentrada es tratada en una planta química para precipitar el litio en la forma de carbonato. La extracción de salmuera del salar se hace mediante bombas de pozo profundo instaladas en cavidades de 30 a 40 metros de profundidad. Luego, es enviada por cañería a un sistema de pozas de evaporación solar donde el litio se concentra desde 0,17 % hasta 6%.

Figura 2. Obtención de carbonato de litio desde salmueras naturales, concentradas en cloruros (Wilkomirsky, 2008).



Las pozas son rectangulares, de 1,5 m de profundidad variadas dimensiones (600x800 m o más) y construidas sobre el salar mismo. Para su construcción se debe cumplir con condiciones que permitan retener en ellas la salmuera, impidiendo así el filtrado hacia el subsuelo. Para lograr esta impermeabilidad, se utiliza una membrana de polietileno de alta densidad. Además, para proteger la membrana se coloca una capa de 25 a 30 cm de grosor de halita, sal que se obtiene de las primeras pozas. El objetivo de esta capa de material sobre la membrana es para que en el momento de la cosecha o sales acumuladas en las pozas, con maquinaria pesada, no la rompa. Una vez cumplidas estas etapas, la poza está en condiciones de recibir salmuera para concentrarla por evaporación.

Al representar la salmuera que se ha de concentrar en pozas, esta se ubica en el campo de cristalización de la silvita, tal como lo indica la figura 2.

En el proceso de evaporación comienzan a cristalizar en las pozas, secuencialmente, las sales: halita (NaCl), silvinita ($\text{NaCl} + \text{KCl}$), carnalita ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y bischofita ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Estas son cosechadas y acumuladas en pilas, separadamente en zonas adyacentes a las pozas de evaporación. Con excepción de las sales de halita y bischofita, las cuales son acopiadas en forma separadas, todas las otras son procesadas dentro del año. La silvinita y carnalita son empleadas en la planta de cloruro de potasio. La salmuera de las pozas de carnalita alimenta a las pozas de litio, hasta alcanzar concentraciones de 5.5 a 6 % de litio.

La salmuera final (6 % Li) es transportada a la planta química, ubicada en Antofagasta (La Negra) a 170 km del Salar de Atacama, mediante un sistema combinado de camiones aljibes y ferrocarril.

El proceso de producción de carbonato de litio tiene como principales insumos: agua, cal viva, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ceniza de soda, alcohol y salmuera concentrada. Las etapas del proceso consisten en:

a. Extracción por solventes (SX). Aquí es removido el boro y se obtiene una salmuera refinada que es enviada a la siguiente etapa de purificación.

b. Purificación. Ingresa la salmuera refinada proveniente de la etapa SX, es tratada con soluciones de carbonato de calcio y cal a fin de eliminar de ella el magnesio remanente que contiene, obteniendo una salmuera purificada.

c. Precipitación de carbonato de litio. La salmuera libre de magnesio es nuevamente tratada con una solución de carbonato de sodio, a una temperatura superior a 80°C , precipitando carbonato de litio.

d. Lavado, secado y envasado. El carbonato de litio precipitado se sedimenta y filtra en caliente y luego lavado con agua. El queque de carbonato se seca a $130\text{-}160^\circ\text{C}$ en un secador rotatorio y luego envasado, protegido de la humedad.

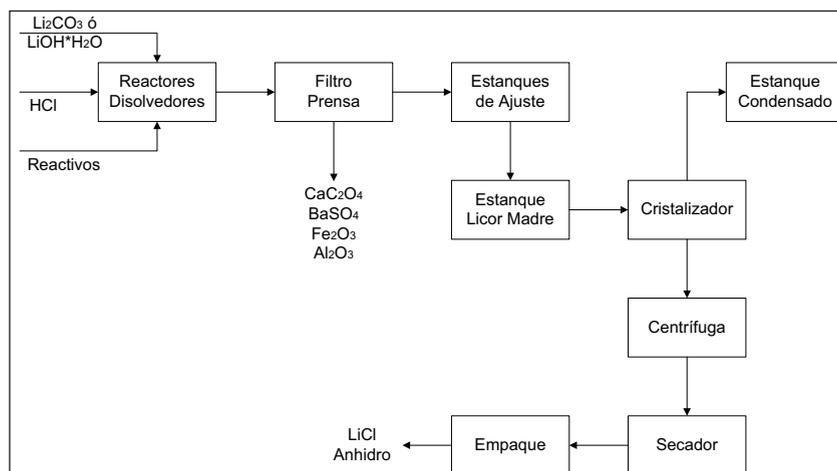
El producto final tiene una pureza de 99.5% que constituye la materia prima para la obtención de hidróxido de litio o cloruro de litio de alta pureza que se emplea en la obtención de litio metálico por electrólisis de sales fundidas (Valenzuela, Rodríguez, 1998).

2.2 Descripción del proceso de obtención del cloruro de litio

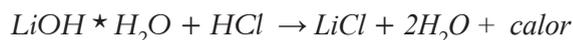
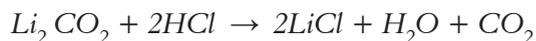
Sociedad Chilena de Litio, SCL (actualmente Rockwood Lithium) en 1995 comienza la construcción de una planta de cloruro de litio cuya puesta en marcha inicia en 1998. El proceso de producción contempla la obtención de un producto de alta pureza con bajo contenido de sodio (máximo 30 ppm) para el cual se usa hidróxido de litio y ácido clorhídrico y otro de grado técnico con mayor contenido de sodio (máximo 0,14%). En este último, se utilizan carbonato de litio y ácido clorhídrico, como materias primas principales.

El diagrama de flujo del proceso se presenta en la figura 3. Se inicia con la producción de una salmuera de cloruro de litio. Posteriormente, es filtrada y enviada al área de cristalización donde se produce el cloruro de litio anhidro. Finalmente, el producto seco y frío se envasa.

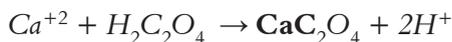
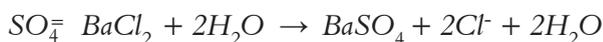
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de obtención del LiCl



La producción de la salmuera de cloruro de litio se realiza disolviendo la materia prima, carbonato o hidróxido de litio según los requerimientos de calidad del producto, en ácido clorhídrico y ocurriendo las siguientes reacciones:



La reacción se hace en forma batch en reactores disolvedores provistos de un serpentín de enfriamiento y conectados a un sistema de limpieza de gases. Cuando se utiliza hidróxido de litio como materia prima se hace circular agua fría por los serpentines para controlar la temperatura dentro del reactor (65°C). Para enfriar el agua se hace circular ésta por una torre de enfriamiento. La solución resultante se muestra y se analiza por calcio y sulfato. Si la concentración de estas impurezas es alta, se agrega una solución de ácido oxálico y/o solución de cloruro de bario. Las reacciones químicas son las siguientes:



Una vez terminada la reacción, se filtra el contenido del reactor en un filtro prensa. La solución filtrada de cloruro de litio es enviada a reactores de ajuste, donde se ajusta el pH entre 6,5-7,0 con ácido clorhídrico. Cada reactor está también conectado al lavador de gases de los reactores para captar las posibles emanaciones de HCl. La salmuera de cloruro de litio proveniente de los estanques de ajuste, es precalentada en un intercambiador de placas, antes de ingresar al estanque de licor madre. Este estanque tiene una camisa de vapor para mantener la temperatura en su interior. A este estanque llega además el retorno de la centrífuga. La salmuera del estanque de licor madre es bombeada al cristalizador pasando a través de un intercambiador de calor. El cristalizador opera al vacío (80mmHg) y a 110°C. Posee dos bombas centrífugas: la primera se utiliza para recircular la pulpa, pasándola por el intercambiador de calor y la segunda, para alimentar la pulpa a la centrífuga. El vapor necesario para calentar las salmueras es proporcionado por una caldera.

Cuando en el cristalizador se alcanzan concentraciones de 55% a 57% de cloruro de litio, con un exceso de 15% de sólidos, se procede a alimentar en forma continua a la centrífuga, para separar los cristales de cloruro de litio de su licor madre. El licor madre se retorna al estanque propio y los sólidos se envían a un secador rotatorio que usa propano

como combustible. Los sólidos húmedos se secan con un flujo de aire caliente en contracorriente (175°C), hasta un contenido de humedad de menos de 0,2% y se envían al área de empaque.

Los sólidos que salen del secador son enfriados hasta 35°C en un enfriador vibratorio antes de ser envasados. Una vez frío se harnea para separar el sobretamaño y luego se devuelve al proceso. El producto de tamaño adecuado es enviado a empaque en tambores provistos de bolsas de polietileno. El proceso de empaque, así como todas las unidades de reactores, cristizador y secador está conectado a un sistema de lavado de gases. Con el objetivo de evitar el contacto del producto seco con aire húmedo del ambiente, todos los equipos del área de empaque están presurizados con aire seco.

Las características químicas del cloruro de litio producido en la planta se indican en la siguiente tabla.

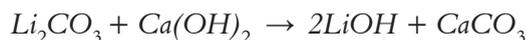
Tabla 2. Composición química cloruro de litio alta pureza

Componente	%	Máx (%)
LiCl	99,60
H ₂ O	0,20	0,30
Na	0,002	0,003
K	<0,001	0,001
Ca	0,002	0,0025
Mg	0,002	0,005
Ba	0,002	0,0025
B	0,0005	0,002
SO ₄	0,01	0,015
Al	<0,001	0,001
Fe	<0,001	0,001
TOC	0,001	0,0020

Rockwood Lithium cuenta además con una planta destinada a la recuperación directa de cloruro de litio a partir de salmuera y su posterior purificación para obtener un producto de alta pureza.

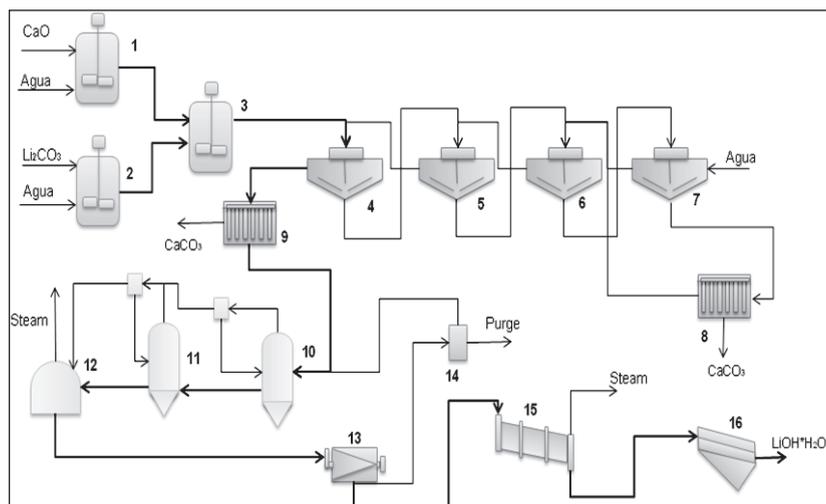
2.3 Proceso obtención $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$

El hidróxido de litio en Chile es producido a partir de carbonato de litio grado técnico (pureza 99%), mediante la reacción con hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



Wilkomirsky (2008) y González (2014) describen un proceso convencional de obtención de hidróxido de litio graficado en la figura 4. En primer lugar, se preparan pulpas de Li_2CO_3 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en los estanques agitados 1 y 2. Luego estas pulpas se hacen reaccionar en un tanque agitado (3). Se obteniendo una pulpa compuesta por solución de hidróxido de litio y precipitado de carbonato de calcio. Esta suspensión es lavada en una serie de espesadores en contracorriente (4, 5, 6, 7), separando el carbonato de calcio y obteniendo una solución rica con 10% de hidróxido de litio en solución. Esta solución después de ser filtrada en el filtro prensa (9), es enviada a un sistema de evaporadores de dos efectos (10, 11). Mediante la evaporación, la solución se concentra permitiendo la cristalización de hidróxido de litio (12) a su forma monohidratada $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$. Del cristalizador, se obtienen cristales y solución saturada en LiOH (licor madre), por lo que la suspensión es enviada a una centrifuga para separar los cristales de la solución (13), luego son secados con vapor indirecto a temperatura entre 80-100°C (15). La solución saturada recuperada en la centrifuga se recircula al sistema de evaporadores y cristalizador, descartando parte de esta corriente (14) para evitar acumulación de impurezas como K, Ca, Na y Mg. Finalmente, los cristales se preparan para su envasado según su pureza y distribución granulométrica en un clasificador (16). Para obtener LiOH en su forma anhidra, se deben secar los cristales a mayor temperatura.

Figura 4. Esquema del proceso de obtención de $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ a partir de Li_2CO_3 . Fuente: González A. 2014.



2.4 Ensayo de nuevos procesos productivos

Actualmente existen trabajos adicionales llevados a cabo en el centro de investigación avanzada del litio y minerales industriales CELiMIN, donde se desarrollan nuevos procesos de obtención de compuestos de litio. Vargas V. (2013) y González (2014) desarrollaron un proceso de obtención de hidróxido de litio de alta pureza grado batería, usando la tecnología de electrodiálisis (ED). Mediante esta técnica la solución catódica se separa de la solución anódica por medio de una membrana de intercambio catiónico. Luego, el producto del compartimiento catódico se llevó a sequedad al vacío, alcanzando valores de pureza del $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ de 99.99%. Al mismo tiempo, González (2014) realizó simulaciones comparativas respecto al uso eficiente de agua y energía para un proceso productivo convencional de planta de $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ y otra, para un proceso usando tecnología de membranas (ED).

Existen procesos novedosos mediante el uso de microorganismos. Cubillos (2014) en el workshop del litio, minerales industriales y energía presentó el desarrollo de diferentes estrategias para la remoción de impurezas de salmueras de litio, de una manera rentable y no contaminante, usando microorganismos. En este trabajo, utilizaron bacterias

cultivadas en un medio heterotrófico con diferentes concentraciones de cloruro de litio. Además, realizaron curvas de crecimiento, observación microscópica y la caracterización de algunos parámetros del cultivo como temperatura y pH. Este es un trabajo preliminar donde se apuesta desarrollar un atlas de microorganismos presentes en las salmueras del Salar de Atacama. Ellos pueden ser aplicados a los procesos de obtención de compuestos litio y otros minerales industriales.

3. Marco legal de explotación del Litio en Chile y Evaluación Crítica

Chile es un país que posee grandes reservas litíferas. Por tal razón, resulta de vital importancia valorar las riquezas de las que dispone. No debe relativizarse el valor estratégico del litio como intentan hacerlo algunas empresas. El litio es un material muy importante para el país que lo posee: es y será fuente de almacenamiento y generación de energía. Por tal razón, Chile en la década del '40 inició estudios sobre la legislación de la explotación de este material y otros de interés nuclear. Al respecto, la constitución de 1980 define el derecho de propiedad del estado sobre las minas. Sin embargo, crea una instancia para entregar concesiones a privados dentro un marco constitucional legal. El litio está incluido entre los “materiales de interés nuclear” por el Reglamento de Términos Nucleares e indica “para uso específico en instalaciones nucleares o radiactivas”.

El Estado chileno siempre consideró relevante la minería del litio, ya que está relacionado con la producción de energía y materiales radioactivos. Actualmente, el litio también representa un componente importante en el sistema de almacenamiento de energía eléctrica (baterías de litio).

En la década de los años '50, ya existía una preocupación por los minerales radioactivos, debido a sus propiedades para la generación eléctrica por vía de la fisión del átomo. En 1955, CORFO firmó un acuerdo de cooperación con EEUU para el desarrollo pacífico de la energía nuclear. Posteriormente, en 1965, se creó la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), y esta institución, mediante la ley N°16.319 de 1965, ha establecido que toda exploración y/o explotación de material atómico natural, o que se utilizaran para la producción de energía nuclear u otros fines, no podrían ser objeto de ninguna clase de actos jurídicos, sino cuando ellos se ejecuten o celebren por

la CCHEN, en conjunto con ésta o con su autorización previa. Por otra parte, existe un reglamento de términos nucleares” del año 1975, donde se establece que el litio, además de otros materiales, es un material “de interés nuclear”. Salvedad mediante se señala que el litio no queda reservado al Estado, sino que goza del estatuto general de los minerales, ser sustancias de libre denunciabilidad.

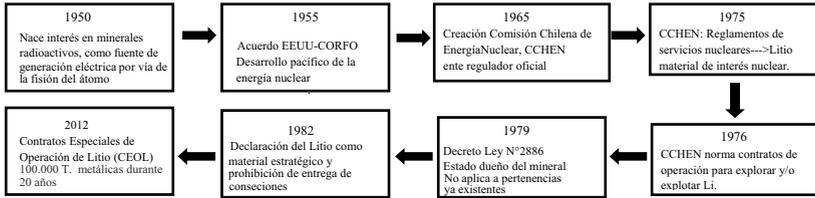
Posteriormente, en 1976, a través del decreto ley N°1.55737, se modificó la Ley Orgánica que creó la CCHEN y se modificaron algunas de las definiciones del Reglamento de Términos Nucleares del año anterior. De esta manera, la CCHEN pasó a ser el único organismo que podría fijar y realizar el acopio nacional de estos materiales. Por lo tanto, quedaba facultada para adquirir las especies y cantidades que determine. En última instancia, en el artículo 30 se declara de utilidad pública y autoriza expropiar los concentrados, derivados y compuestos de los materiales de interés nuclear una vez extraídos, a favor de la CCHEN (COCHILCO, 2009; CCHEN, 1976). Sin embargo, la expropiación deberá hacerse a proposición de la Comisión, mediante decreto supremo dictado por intermedio del Ministerio de Minería, junto a la venia del Presidente de la República.

En el año 1979, a través del decreto N° 2886, el Estado se reservó todo derecho de cualquier actividad relacionada al litio desde la fecha de vigencia de este decreto ley. Por lo tanto, el litio quedaba reservado al Estado debido a un interés nacional. Sin embargo, esto no aplicaba aquellas pertenencias que tuviesen su acta de mensura inscrita, se hallaran vigentes, y hubieran quedado inscritas antes del 1° de Enero de 1979 a la fecha de publicación de este decreto ley en el Diario Oficial.

En 1983 entró en vigencia, simultáneamente, la Ley N°18.097 mediante la cual se mantuvo lo dispuesto por el D.L. N° 2886, respecto a la determinación de que el litio no es susceptible de concesión minera. No obstante, se mantiene la excepción de los yacimientos de litio con concesiones mineras constituidas en fecha anterior a la declaración de no concesibilidad o de importancia para la seguridad nacional. Entre estos yacimientos se encuentran el Salar de Atacama y Salar de Pederuales, los cuales ya estaban en poder del Estado mediante CORFO y CODELCO, respectivamente.

En la figura 5 se puede apreciar la evolución del marco legal desde 1932 hasta 2012, donde aparece el mecanismo de los CEOL para esquivar la barrera de la no concesionabilidad del litio y permitir la explotación de este recurso.

Fig.5 Evolución de la normativa legal para la exploración y explotación del litio en Chile

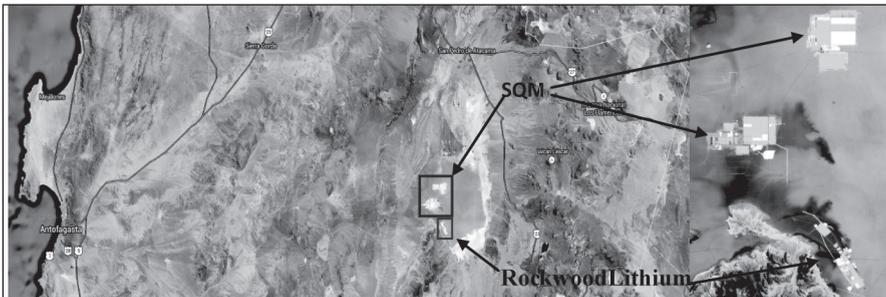


3.1. Barreras para la Explotación del Litio

Se puede observar que a la fecha todavía existen barreras legales para la explotación del litio. Según lo descrito líneas arriba, el litio está protegido por la legislación minera y no es posible su concesión directa. Por lo tanto, toda explotación está bajo la supervisión del estado (Carmona L., 2012).

Respecto de las concesiones actuales vigentes, es necesario mencionar que existen contratos establecidos con SQM y SCL (Rockwood Lithium), los cuales no permiten arrendar pertenencias restantes de CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) en el salar de Atacama a otros interesados (COCHILCO, 2009). A continuación, en la figura 6 se muestra las pozas de evaporación solar de SQM y Rockwood Lithium ubicadas en el salar de Atacama.

Fig 6. Mapa de procesos productivos de litio en el salar de Atacama



Fuente: imagen google maps; NASA:<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=76518>).

A continuación, en la figura 7, se observa la evolución de las concesiones mineras de explotación desde la ley Código minero 1932 hasta el año 1983. El Servicio Nacional de Geología y Minería a través de su página web Catastro de Concesiones Mineras en Línea permite visualizar las concesiones mineras de exploración y explotación y concesiones constituidas y en trámite sobre nitratos y sales. Mediante este sistema de mapas, puede realizarse consultas por número de Rol Nacional y/o nombre de la concesión minera, identificando el terreno donde se encuentra y proporcionando información sobre el titular de la concesión y el estado en que ésta se encuentra.

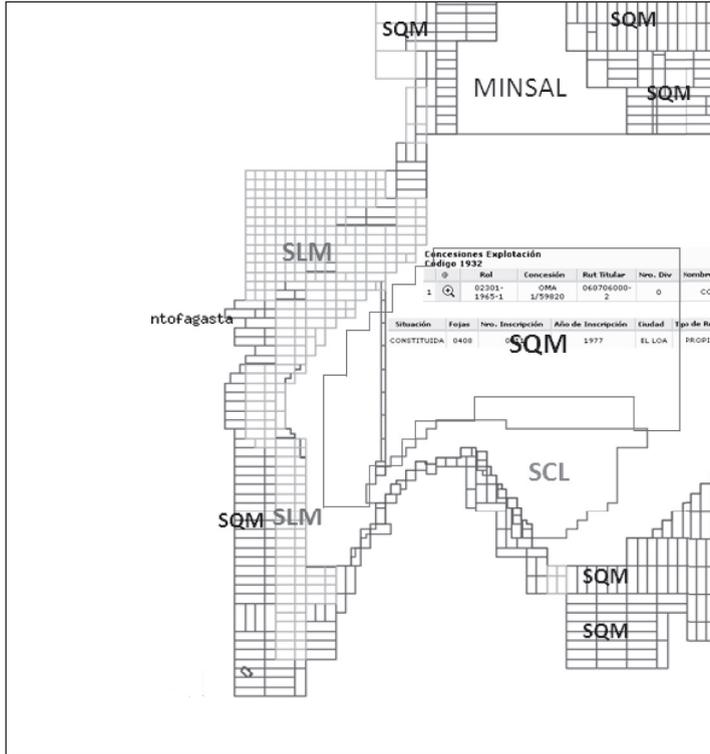
Fig 7. Evolución de permisos de explotación constituidos y en trámite del salar de Atacama

a) Explotación cód.1932 b) Explotación cód.1983 c) Concesiones de exploración cód. 1983.



En la figura 8, se observan las ubicaciones aproximadas de las empresas constituidas en el salar de Atacama: SQM., Rockwood Lithium y SLM NX Uno de Peine. Sin embargo, sólo SQM y Rockwood Lithium explotan el litio. Según Castro, M. (2013), el total de pertenencias OMA de CORFO equivalen a 32.768 ha., de los cuales 28.054 ha. se encuentran en arriendo y resguardo de SQM y 4714 ha. pertenecen a SCL (Rockwood Lithium).

Fig 8. Mapa de las empresas con derecho propietario ubicadas en salar de Atacama y zonas aledañas



Fuentes: SERNAGEOMIN <http://catastro.sernageomin.cl/index.php>. SEA 2009, Castro M. (2013).

4. Avances y proyecciones

Según la Ley Orgánica Constitucional de Concesiones Mineras, el litio no es susceptible de concesionarse. Sin embargo, señala que puede explorarse y explotarse de distintas maneras (ICAL, 2012):

- Directamente por el Estado o por sus empresas.
- Por Contratos Especiales de Operación (CEOL).

Por un lado, la concesión minera entrega el derecho a extraer minerales y a su aprovechamiento que se constituyen por resolución judicial en un procedimiento no contencioso, sin intervención decisoria de alguna u otra autoridad o persona (Código de Minería de Chile, 1983). Las características más relevantes de este derecho son:

- El titular de una concesión minera tiene sobre ella el derecho de propiedad.
- La constitución de la concesión minera se realiza ante los tribunales de justicia.
- Los costos asociados a la tramitación son bastante bajos. Pago anual de patente.
- Se permite explorar y explotar todas las sustancias mineras concesibles que se encuentren dentro de su área.

Dentro el marco jurídico, las concesiones mineras se constituyen por resolución judicial, sin la intervención decisoria de ningún otro organismo o persona, a través del cual se obtienen una serie de derechos y obligaciones (Claussen C., 2010). El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) es el ente encargado de publicar las concesiones aceptadas (SERNAGEOMIN, 2010).

Por otro lado, los Contratos Especiales de Operación del Litio (CEOL) son casos especiales y están diseñados para nuevas concesiones y con diferentes normativas que para aquellos que actualmente se encuentran en explotación. Debido a ello, mediante este mecanismo de explotación del litio, Chile busca aumentar su producción y no perder su posición de líder en el mercado mundial del litio frente a algunos competidores directos como Argentina y Australia, Canadá, China y Estados Unidos.

4.1 Contrato Especial de Operación para la Exploración, Explotación y Beneficio de Yacimientos de Litio (CEOL)

El objetivo de un Contrato Especial de Operación del Litio es fomentar la competencia y mejorar las opciones de explotación en la producción del litio y permitir la participación de nuevos capitales que

quieran invertir en el desarrollo del mercado del mineral. Así, se lleva a cabo un enfoque más eficiente, transparente y fluido en provecho de un aumento de producción que beneficie al país. A través de este mecanismo, se podría generar una mayor apertura comercial a las empresas líderes del mundo en exploración y explotación de litio, aprovechando las ventajas comparativas de Chile con otras zonas geográficas del mundo. Otra alternativa legal que permita concesionar el litio implica realizar cambios en la constitución, retomando la agenda del decreto de 2886 del año 1979 donde el Estado se reservó todos los derechos de cualquier actividad relacionada al Litio. Esta propuesta requiere un debate público y definido en el parlamento y su espera se tornaría demasiado prolongada. Actualmente, la situación no ha cambiado y ha permitido que Australia supere a Chile en el liderazgo mundial de la producción de litio (SOFOFA, 2014).

Esta barrera legal también estaría provocando la falta de competitividad en la producción y desarrollo de nuevas tecnologías y productos de valor agregado, como la fabricación de baterías de litio u otros productos derivados este material.

Por lo tanto, el mecanismo del CEOL simplifica etapas, permite entregar contratos de concesiones y posibilita el incremento de la producción del litio sin necesidad de la aprobación del legislativo, bajo las condiciones dispuestas en la Constitución Política de la República de Chile fijados en un decreto supremo por el Presidente de Chile.

Los interesados en participar de una licitación de un CEOL deben poseer antecedentes societarios, designar un representante que se encuentre habilitado para tal función y realice la oferta económica. Además, una de las cláusulas de las bases exige a los postulantes demostrar jurídicamente que no tienen juicios pendientes con el estado de Chile.

El CEOL permite la participación de todas aquellas personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, de manera individual o como parte de un consorcio.

Incluso, para explotar el litio los participantes deberán realizar el trámite para obtener los derechos mineros, aprobar la evaluación de impacto ambiental, etc., siempre posteriormente a la firma del contrato (Castro M., 2013, AREAMINERA, 2012).

Dentro las personas o consorcios calificados, se realizarán ofertas económicas de pago en una sola oportunidad por el proceso de licitación. La adjudicación será entregada al participante que ofrezca un

mayor monto por el CEOL, conocido como pago up front. El estado cobrará un royalty o regalías del 7% de las ventas mensuales de las ventas brutas del mineral, el cual se estima permitirá al Estado recaudar US\$ 350 millones por dicha extracción. Se obtendrán ingresos en impuestos: renta, IVA neto, derechos aduana, patentes; se pagará el equivalente al 50% de las utilidades de la empresa (Castro M., 2013).

La empresa que se adjudique el CEOL del litio podrá explotar litio metálico por 20 años o hasta completar una cuota de extracción total de 100 mil toneladas, o su equivalente de 530 mil toneladas de carbonato de litio, cualquiera de los dos ocurra primero (Ministerio de Minería, 2011, Castro M., 2013).

La adjudicación del CEOL estará a cargo de un comité especial de licitación CEOL integrado por el subsecretario de minería (quién lo presidirá), el jefe de la división jurídica del Ministerio de Minería, el vicepresidente ejecutivo de COCHILCO, el Director ejecutivo de SERNAGEOMIN y el jefe de Asuntos Internacionales del Ministerio de Minería. Sus principales funciones son: velar que se cumplan correctamente las bases de este proceso de licitación, así como realizar la evaluación de los requisitos administrativos y, finalmente, certificar el precio de la oferta económica ofrecida por cada representante calificado para la apertura de la oferta y constatar la mejor (Castro M., 2013).

4.2 Resultados CEOL del litio 2012

Una vez establecido el mecanismo legal de concesión y explotación del litio, la licitación abrió el derecho de compra al Estado por un monto de 2.500 millones de pesos (aprox. US\$5 millones). Las empresas que se presentaron fueron solamente tres. Sin embargo, fueron muchas más las que compraron las bases de la licitación. En este punto, es relevante la ausencia de CODELCO, quien no participó de la licitación. Esta empresa estatal es propietaria de pertenencias que no están sujetas a las restricciones legales derivadas de la condición de estratégico; por lo tanto, está en condiciones de explotar sus pertenencias. CODELCO podría formar *joint ventures* con empresas dedicadas y con mayor experiencia en este rubro, aportando sus pertenencias (Guajardo C., 2012).

Los resultados de esta licitación dieron como ganadora a la empresa SQM perteneciente a Julio Ponce Lerou. Ésta ofertó la suma

de US\$40,8 millones, monto superior a lo ofertado por el consorcio coreano-japonés Posco Consortium, integrado por las empresas Posco, Mitsui, Daewoo International y Minera Li Energy Spa (US\$17,4 millones) y la Sociedad Legal Minera NX UNO de Peine, de propiedad mayoritaria del Grupo Errázuriz (US\$5,8 millones) (Hermosilla K., 2012).

Existen algunos antecedentes críticos en la forma que este CEOL se desarrolló. A saber, el ministro de Minería era hermano del subgerente general de SQM, por lo tanto, tuvo que inhabilitarse, para dar lugar al subsecretario de minería Pablo Wagner. Importante también fue la ausencia de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), entre otros (Hermosilla K., 2012).

Posterior a la adjudicación y como resultado de una falta de revisión más profunda a la documentación entregada por las empresas oferentes, la Minera Li Energy Spa presentó una solicitud de invalidación en contra de la empresa SQM. En esta solicitud, se manifestó que SQM quedaba inhabilitada por incumplimiento de las bases, ya que tenía litigios pendientes con el estado de Chile. Tras la comprobación de este requisito tácito de la convocatoria, se dedujo que SQM transgredió las bases del CEOL, al firmar frente a notario el cumplimiento de las bases. En consecuencia, el gobierno de Chile tuvo que anular el proceso. Como consecuencia, se suspendió el mecanismo de litación vigente a la espera de una nueva convocatoria (Castro M., 2013; Rocha L., 2012).

4.3 Propuestas Públicas

1. Es necesario actualizar información sobre las reservas de litio existente en Chile. Por lo tanto, cambiar la normativa que posibilita a las empresas privadas no entregar información de sus reservas actuales. Esto permite a la masa crítica de este país realizar propuestas de proyectos y proyecciones a largo plazo. Simultáneamente, incrementaría la rentabilidad de proyectos de procesos productivos del litio, además de generar un ambiente de transparencia.

2. Se propone levantar información sobre concesiones mineras asignadas en los principales salares del país. Según el artículo “Mineros de papel” publicado en la revista “Qué Pasa” del grupo COPESA, la acumulación de propiedad minera está concentrada en unas pocas

manos y, prácticamente, ya no existen espacios libres, lo que conlleva consecuencias directas en un mercado clave para Chile en los próximos 20 años.

Respecto del caso puntual de concesiones de litio, resulta necesario completar el inventario de las concesiones mineras entregadas en el país. Es importante conocer la magnitud real y el uso otorgado a las concesiones autorizadas en ciertos salares. Producto de ello, podría asegurarse la competencia real en el mercado y evitar concentración de propiedad. Por otro lado, la sobreestimación de reservas y el afán de aumentar cupos de explotación afín de alcanzar el liderazgo mundial en la exportación de materia prima como compuestos de litio, generaría incentivos perversos para aumentar la cuota de extracción.

3. Se debe generar estudios de factibilidad para transferencias tecnológicas en la Minería del Litio. La falta de transferencia de tecnología de explotación de minerales a medianos productores no permite un mayor aprovechamiento de las reservas y tampoco permite generar valor agregado a los compuestos obtenidos en Chile.

4. Se propone formar comisión de expertos en litio (centros de investigación, expertos de la industria, y asesores particulares) a la cabeza de COCHILCO o ENAMI, que tengan responsabilidad en el seguimiento continuo a la industria del litio y que estén en condiciones de responder a los requerimientos de información para definir políticas específicas para la industria y seguimiento al mercado e industria del litio.

A través de esta información se podrá realizar proyecciones y evolución del mercado del litio. También toda la información generada ayudaría a evaluar principales factores que afectan los precios de corto y largo plazo. Y, por último, existiría el seguimiento continuo de la oferta del litio a nivel mundial y los costos de producción de sus procesos productivos. Toda esta actividad permitiría tomar decisiones acertadas a la hora de implementar políticas públicas.

5. Debe existir una política de estado para generar el apoyo al desarrollo de un Clúster del litio en la zona del “Triángulo del Litio”. De esta manera, se potenciaría la cooperación entre instituciones y empresas con el objetivo de fomentar la investigación, desarrollo e innovación en la región geográfica señalada.

6. Desarrollar una política de Estado que promueva el desarrollo real de productos con valor agregado, ya sea por parte de las empresas productoras de litio o nuevas empresas surgidas como consecuencia de estas políticas de Estado.

Referencias

- AREAMINERA, “Ministerio de Minería comenzó licitación pública de CEOL para explotación de litio”; contenido 269, agosto, 2012.
- Boryta, D.A, Kulberg, T. F, Thurston, A. M.,2011. *Production of lithium compounds directly from lithium containing brines*, US Patent 8,057,764 B2. Nov 15, 2011.
- Carmona L. *El litio mineral estratégico*, Programa Legislativo Instituto de Ciencias Alejandro Lipschutz, abril, 2012.
- Castro M. *La concesión del litio en Chile*. Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Facultad de ciencias sociales, carrera periodismo, Tesis, 2013.
- CCHEN Comisión Chilena de Energía Nuclear, Marco normativo aplicable, Decreto ley N° 1.557; “Modifica Ley Orgánica de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y dicta normas sobre Contratos de Operación”, 30-09, 1976.
- Claussen C., “Acerca de la naturaleza jurídica del derecho emanado de la concesión minera” *Revista de Derecho de Minas*, Universidad de Atacama ISSN 0717-2125, Copiapó, Chile, 2010.
- COCHILCO, Comisión Chilena del Cobre: “Antecedentes para una política pública en minerales estratégicos: litio”, Registro Propiedad Intelectual N°184.825, Santiago, Chile, 2009. www.cochilco.cl
- Cubillos C., “Desarrollo de un proceso de purificación y concentración de las salmueras de litio mediada por microorganismos del Salar de Atacama”, *1st International Workshop in Lithium, Industrial Minerals and Energy* (IWLIME 2014). Antofagasta, Chile, 2014.
- Declaración de Impacto Ambiental*. Proyecto “Ampliación Planta Carbonato de Litio- La Negra”.2012
- SEA (Servicio de Evaluación Ambiental), “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, Sociedad Chilena de Litio Ltda, 2009. <http://www.qa.sea.gob.cl/>

- Ericksen, G.E., "Rhyolite tuff, a source of salts of northern Chile". U.S. Geological Survey, 1961.
- Evans, J.K., "An abundance of Lithium". Report, March 2008.
- González A., "Desarrollo, simulación y optimización de un proceso para la producción de hidróxido de litio grado batería: alternativas de proceso y uso eficiente de agua y energía", Universidad de Antofagasta, Depto de Ingeniería Química, Tesis, 2014.
- Guajardo C., "EL LITIO EN LLAMAS", *Revista Mining Club*, Argentina, junio 2012. <http://ar.miningclub.com/nota/2213>.
- Hermosilla K., "SQM se adjudicó la licitación del litio chileno; septiembre" 2012. <http://www.veoverde.com/2012/09/sqm-se-adjudico-la-licitacion-del-litio-chileno/>
- ICAL Instituto de Ciencias Alejandro Lipschutz. *Informe sobre el Litio: Problemas y Perspectivas Jurídicos y Legislativos. Propuestas de Política Pública*. Septiembre – 2012.
- Ministerio de Minería, "Reimpulso a la Industria Chilena del Litio: Nacen los CEOL", Gobierno de Chile, Santiago de Chile, 2011.
- Lagos, G., "El Desarrollo del Litio en Chile 1984-2012". Centro de Minería. U. Católica de Chile, 2012.
- Lira Ovalle S., "Curso de Derecho de Minería: incluye prontuario con escritos y contratos de uso frecuente", Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 3ªed; 437pp., 1998.
- Pavlovic-Zuvic, P., Parada-Frederick, N. and Vergara-Edwards, L. 1983. "Recovery of potassium chloride, potassium sulfate and boric acid from the Salar de Atacama brines", Proc. 6th Int. Symp. Salts, Toronto, Canada, 1983.
- Rocha L., Documento: Solicitud de invalidación; septiembre, 2012 <http://www.emol.com/documentos/archivos/2012/09/28/20120928155436.pdf>
- Rodríguez A., Valenzuela J., "Obtención de Litio Metálico a Partir de Carbonato de Litio". Tesis. Universidad de Antofagasta, Chile.1998.
- Roskill, *The economics of lithium*. Roskill Information Services, 2009.
- SERNAGEOMIN Servicio Nacional de Geología y Minería, "Guía de constitución de concesiones mineras de explotación y exploración"; serie de Guías y Manuales, I.S.S.N. 113.016, Santiago-Chile, 2010.
- SOFOFA (Sociedad de Fomento Fabril), Informe de Cochilco: SQM Posee Mayor Capacidad de Producción de Litio con 54.000 ton/año; Santiago-Chile, 2014.

- Vargas, P.L. and Pavlovic, Z.P., "Potassium Sulfate Recovery Process from Li_2CO_3 Barren Solution Without addition of Potassium Chloride". CÍCITEM-Universidad de Antofagasta, Chile, 2010.
- Vargas V., "Desarrollo de un proceso de obtención de hidróxido de litio grado batería mediante electrodiálisis". Trabajo para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Procesos Minerales - Universidad de Antofagasta, Chile, 2013.
- Vergara L. -Edwards and N. Parada-Frederick, "Study of the Phase Chemistry of the Salar de Atacama Brine." Proc. 6th Int. Symp. Salts, Toronto, Canada, 1983.
- Vergara L. -Edwards and N. Parada-Frederick, and E. Bascuñan, "Evaporación isotérmica de una salmuera del Salar de Atacama", CORFO, Chile, 1983.
- Wilkomirsky, I., *Litio. Pirometalurgia. Extracción y Refinación de Metales No Ferrosos*, Universidad de Concepción, 2008.

COMISIÓN NACIONAL DEL LITIO EN CHILE. PRINCIPALES CONCLUSIONES Y PROPUESTAS PARA UNA POLÍTICA PÚBLICA

*Pedro Pavlovic*¹

Introducción

El 11 de junio de 2014, por mandato de la Presidenta de la República Michelle Bachelet, fue creada una Comisión Asesora Ministerial denominada Comisión Nacional del Litio. Presidida por la Ministra de Minería Aurora Williams y con la participación del Subsecretario de Minería Ignacio Moreno, funcionó desde el 2 de julio de ese año. Su objetivo principal fue proponer una política pública para la explotación y procesamiento de los recursos minerales de litio existentes en los depósitos salinos (salares) del norte de Chile, que incorpore el desarrollo sustentable de esta industria considerando los ejes social, económico y ambiental.

La Comisión estuvo compuesta por otros dieciocho miembros pertenecientes tanto del sector público como privado (geólogos, ingenieros especialistas en la industria del litio, en medio ambiente, en recursos naturales y energía, así como economistas y abogados expertos en derecho minero). Hubo también dos invitados permanentes, que representaron a los pueblos originarios atacameños y a los trabajadores.

La Comisión sesionó semanalmente durante seis meses, en reuniones plenarios y en mesas técnicas. Se analizaron los temas siguientes:

¹ Ingeniero químico, consultor especialista en proyectos de litio y miembro de la Comisión Nacional del Litio de Chile.

1. Marco legal y propiedad minera;
2. Recursos y salares;
3. Competitividad (Mercado, Clúster y I+D+i);
4. Relación con el Medio Ambiente, Comunidades, Energía y Agua.

Diversas organizaciones tuvieron su espacio participativo: instituciones del Estado (CORFO, CODELCO, Comisión Chilena de Energía Nuclear, entre otras), empresas que explotan el Salar de Atacama y producen compuestos químicos de litio y de potasio (SQM y Rockwood), centros de investigación, empresas privadas que tienen proyectos de litio y asociaciones de trabajadores.

Se visitaron las faenas operativas de SQM en el Salar de Atacama y la Planta Química de Rockwood en Antofagasta. Asimismo, se sostuvo una reunión con representantes de los pueblos atacameños en la localidad de Peine. También se realizó un seminario internacional, a través del cual se conocieron los últimos avances tecnológicos en el uso del litio y sus compuestos derivados así como las proyecciones de demanda del mercado del litio.

Como resultado de su estudio y análisis, la Comisión generó el informe final denominado “Litio: una fuente de energía, una oportunidad para Chile”. El mismo fue recibido por la Presidenta Bachelet en una ceremonia efectuada en el Palacio de la Moneda el 27 de enero de 2015.

Dicho informe contiene un diagnóstico de la situación actual de la industria del litio, el marco legal vigente en el país, alternativas de Chile para aumentar el valor agregado de su producción de litio, una visión estratégica para una política nacional del litio (fortalezas y debilidades en el frente interno, amenazas y oportunidades para la posición competitiva de Chile en el mercado internacional), una nueva legislación para la explotación futura de los salares, sugerencias de regalías, gravámenes específicos y otros cargos por los derechos de extracción de litio y otros minerales de interés económico² contenidos en las salmueras de los salares y, finalmente, los acuerdos y propuestas para una política pública.

² Potasio, boro y magnesio.

Principales Propuestas para una Política Pública

A continuación se presentan los principales acuerdos alcanzados por la Comisión Nacional del Litio con la finalidad de promover una Política Nacional del Litio³.

- Los salares, en cuyas salmueras se encuentra el litio y otros elementos económicamente explotables, son parte de cuencas hidrogeológicas altamente vulnerables, donde cualquier intervención requiere un manejo cuidadoso. Resulta necesaria una mirada integral del salar en su conjunto. Por lo tanto, es preciso considerar la explotación no sólo del litio, sino también de los salares.
- Se constata la ausencia del Estado en las actividades relacionadas con la explotación del litio⁴. No existe control y regulación adecuada que garantice una operación productiva sostenible e inclusiva de las comunidades indígenas. A ello ha contribuido la debilidad y fragmentación de la institucionalidad actual junto a la ausencia de una política pública.
- Se observa la necesidad de un cambio paradigmático en la relación entre proyecto productivo y comunidades, lo cual supone hacerse cargo del derecho de éstas a percibir beneficios por el uso de los bienes públicos, caso del territorio y recursos hídricos, como que sean mitigadas y compensadas adecuadamente las externalidades negativas que puedan generar los proyectos. Por tal razón, es necesaria la incorporación del concepto de valor compartido como forma de relacionarse con el territorio.
- Se reafirma el carácter estratégico del litio, debido a su alto potencial de uso en aplicaciones energéticas. Además, se sugiere mantener el estatus actual de no concesibilidad del mineral, dado que el sistema de concesiones mineras vigente está ideado

³ Se han transcrito mayormente los textos del informe final presentado a la Presidenta de la República, aunque en algunos casos se han hecho precisiones o un resumen de los mismos.

⁴ SQM produce carbonato de litio e hidróxido de litio monohidratado, y Rockwood produce carbonato de litio y cloruro de litio.

para recursos minerales estáticos en el subsuelo y no se adapta a la particularidad y complejidad de los salares, que albergan una mena líquida. Asimismo, se recomienda elevar a rango constitucional el carácter no concesible del litio.

- Se solicita reforzar el rol de Estado como dueño auténtico de estos recursos para definir las condiciones y participar en su explotación, maximizar y capturar su renta económica con una mirada de largo plazo, destinando parte de la misma al desarrollo de encadenamientos científicos y productivos relacionados. También para actuar como impulsor y garante de asociaciones público-privadas que generen mayor valor agregado al país, mayor rentabilidad social en la explotación de los salares y, en especial, del litio, resguardando, a su vez, la sustentabilidad ambiental de los proyectos.
- Es necesario fortalecer la institucionalidad pública ligada a la gobernanza de los salares para que actúe como contraparte de las empresas que explotan los mismos. Ésta debe generar conocimiento sobre los salares y proponer políticas para su aprovechamiento y consideración de todos los minerales que se encuentran en las salmueras. De igual modo, permitirá dotar al Estado de mayores capacidades regulatorias y fiscalizadoras. La Comisión analizó numerosas alternativas administrativas para ejercer estas funciones: desde el reforzamiento de instancias públicas actuales hasta la creación de una nueva. Recomienda la resolución en breve de esta materia con un mayor estudio de organismos especializados del Estado.
- Paralelamente, los comisionados consideran, casi en forma unánime, la necesidad de crear una empresa controlada por el Estado que se dedique al aprovechamiento de los salares, en especial del litio. Esta privilegiará un modelo de negocios de carácter asociativo público-privado. Dicha estructura podrá ser una nueva empresa pública, sociedad anónima estatal, o bien una filial de alguna de las dos empresas mineras del Estado. El dominio de las pertenencias mineras en salares que se encuentran en propiedad de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) y la Empresa Nacional de Minería (52% de

las superficie total de salares en el territorio nacional), serán entregadas a esta nueva empresa para su gestión.

- La Comisión analizó diferentes modelos que podría adoptar esta nueva empresa asociada con capitales privados para desarrollar la explotación de los salares. Postula mejorar el modelo de los contratos vigentes y una participación controladora por parte del Estado. Mayoritariamente, la Comisión formula que el Estado, a través de esta nueva empresa, tenga un rol controlador en todos los proyectos de explotación de salares que se desarrollen en el país. No obstante, un grupo de comisionados cree que el futuro directorio de esta nueva organización debe definir el modelo óptimo de asociación público-privada en cada contrato con el fin de asegurar la maximización de los beneficios para el país y la sostenibilidad del proyecto.
- Dada la diversidad de aplicaciones del litio, en atención a sus propiedades singulares, es necesario incentivar la investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito de sus múltiples usos. Dentro de las posibles áreas de trabajo, se incluye: el desarrollo de procesos productivos de compuestos de litio de alta pureza para fabricar materiales catódicos destinados a la producción de baterías, tanto para la propulsión de vehículos como para la acumulación de energía eléctrica en plantas solares fotovoltaicas y eólicas; la producción de nitrato de litio u otra sal de litio para su uso en mezclas de sales fundidas para almacenamiento térmico en plantas solares CSP; la generación de tritio para aplicaciones de energía nuclear; las aleaciones litio-aluminio y litio-magnesio para la producción de materiales livianos de alta resistencia; usos en la industria farmacéutica y posibles sinergias con la nanotecnología, entre otras.
- Se impulsará la generación de un clúster sectorial ligado al litio que permita el fortalecimiento de centros de investigación e innovación asociados a universidades y/o la industria.
- Se diseñarán, en conjunto con la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y CORFO, programas de investigación necesarios para el desarrollo de conocimientos y capacidades capaces de enfrentar este desafío país, con criterios de largo plazo.

Medidas de Corto Plazo:

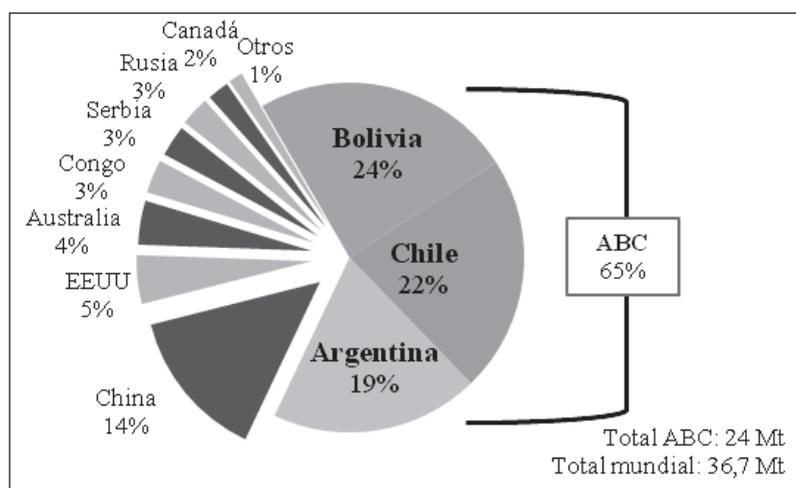
- Recomienda a CORFO la revisión de los contratos vigentes actualmente en el Salar de Atacama, con SQM y Rockwood, entregándole al Estado un rol más activo; así como la no ampliación de autorizaciones de explotación ni renovación futura de los mismos bajo sus términos presentes. Al mismo tiempo, reafirmar el interés del Estado en garantizar la continuidad de las operaciones en un nuevo marco que asegure sustentabilidad ambiental, social y económica, en asociación con la nueva empresa o alguna filial de las mineras estatales existentes.
- Conformación un Consejo Directivo bajo la modalidad de un Comité CORFO, liderado por el Ministerio de Minería, para gestionar los salares. Éste tendrá además la misión de proponer la institucionalidad anteriormente mencionada, y mantendrá transitoriamente en la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), la facultad de autorización de la comercialización del litio, según lo estipula el actual marco jurídico. Posteriormente, estas facultades deberán ser traspasadas a la nueva institucionalidad para la gobernanza de los salares.
- Mientras no se instaure la nueva empresa, debe incorporarse al Estado mediante CODELCO, ENAMI y/o CORFO, o filiales de alguna de ellas, en la exploración y/o explotación del litio mediante acuerdos públicos-privados, en los que se reserve el rol de controlador del Estado en todos los proyectos productivos mineros en salares, de acuerdo a la opinión mayoritaria de la Comisión.
- Frente a eventuales propuestas de asociación para proyectos de exploración y/o explotación en los salares de Maricunga y/o Pedernales, en pertenencias mineras de CODELCO, se sugiere que ésta o una de sus filiales inicie el/los proyecto/s bajo los parámetros por definir en el Consejo Directivo propuesto para el manejo de los salares, mientras se crea la nueva empresa y se transfiera el dominio de las pertenencias.

ANEXOS

ANEXO 1

1. Recursos

1.1 Recursos de litio: distribución según países

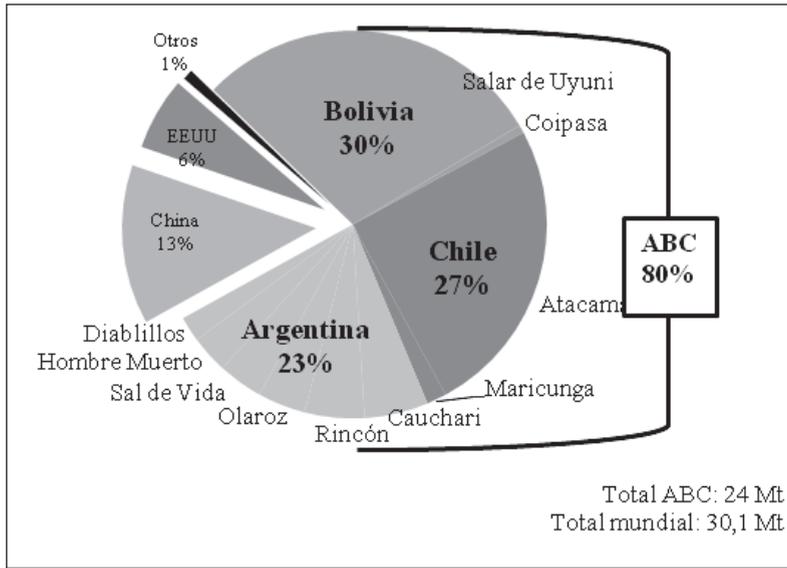


Fuente: elaboración propia en base a COCHILCO (2013).

Mt: Millones de toneladas de litio metálico

Nota: el 82% del total de recursos corresponde a salmueras continentales (Op. Cit, 2013).

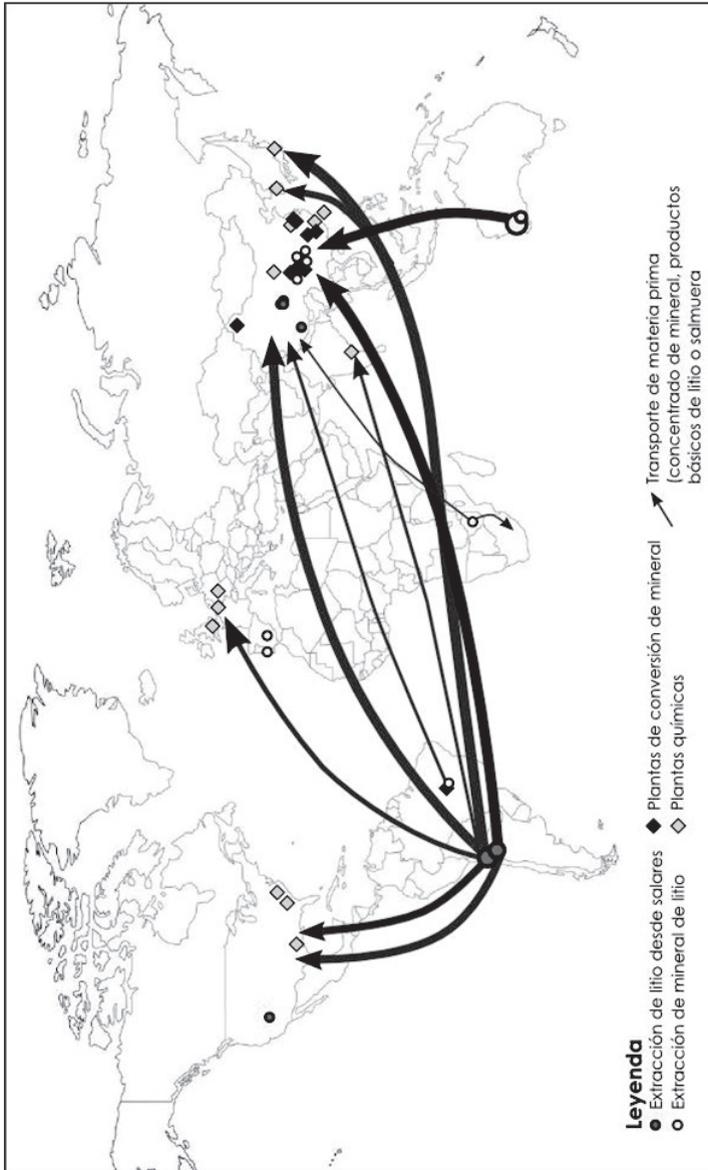
1.2 Recursos de litio en salmueras continentales: distribución según países



Fuente: elaboración propia en base a COCHILCO (2013).

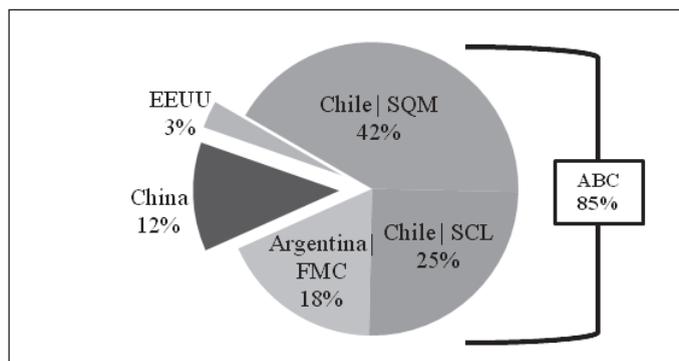
2. Producción primaria

2.1 Localización geográfica del litio: extracción, conversión y comercialización global



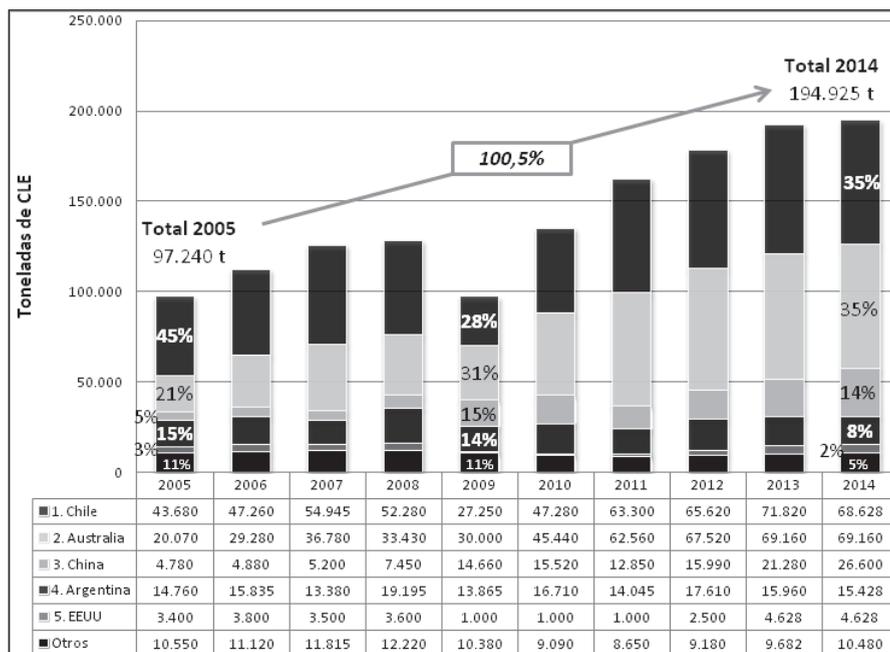
Fuente: COCHILCO (2013).

2.2 Principales productores de litio a partir de salmueras continentales



Fuente: elaboración propia en base a COCHILCO (2013).

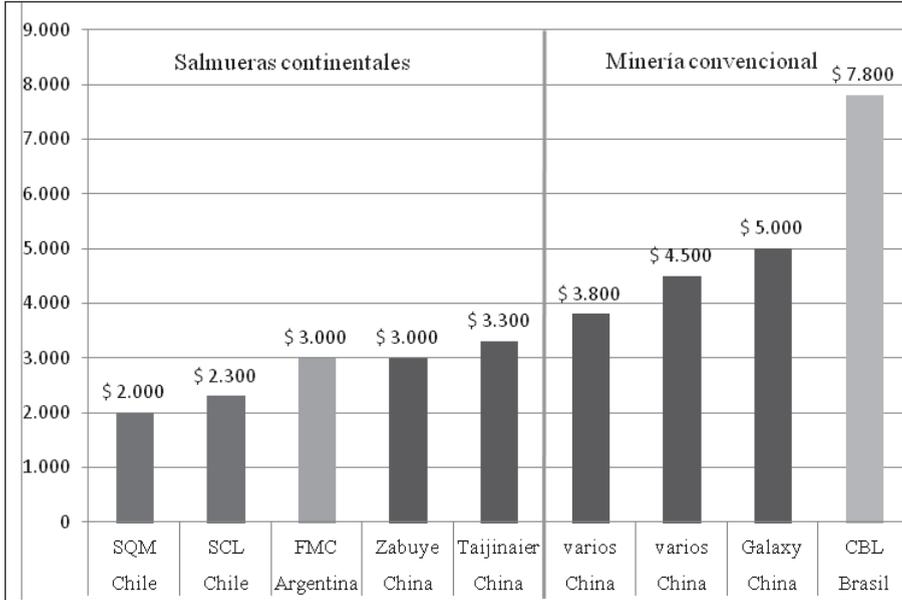
2.3 Producción total de litio: por año y por país en toneladas de CLE



Fuente: elaboración propia en base a USGS, COCHILCO (2013) y Roskill (2013).

CLE: Carbonato de Litio Equivalente, 1 t de Litio Metálico equivale a 5,32 t de CLE.

2.4 Costos de producción del Carbonato de Litio según tipo de fuente (US\$/t)



Fuente: elaboración propia en base a COCHILCO (2013) y Roskill (2013).

2.5 Capacidad productiva estimada para 2018

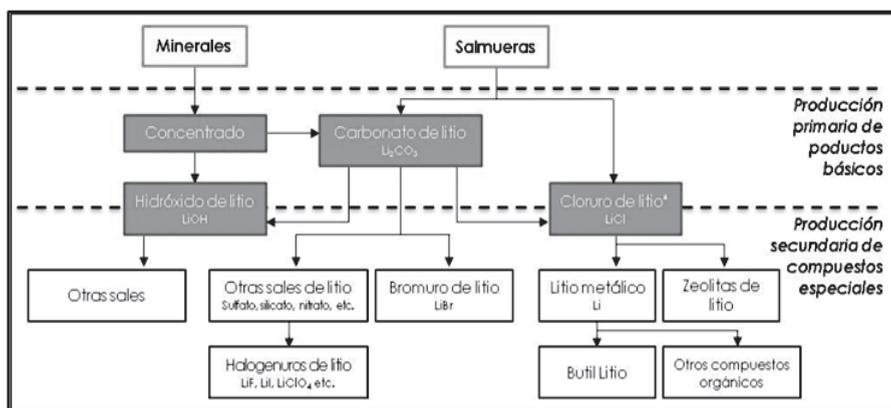
AUMENTO DE PRODUCCIÓN DE LITIO ESTIMADO PARA 2018 (en toneladas de CLE)					
Causa	Proyecto	País	Fuente	Capacidad adicional	Año
<i>AMPLIACIÓN</i>	Hombre Muerto	Argentina	Salmuera	7.000	2015
	Zabuye	China	Salmuera	8.000	2016
	Greenbush	Australia	Mineral	20.000	2016
<i>INAUGURACIÓN</i>	Sal de Vida	Argentina	Salmuera	25.000	2017
	Olaroz	Argentina	Salmuera	18.000	2016
	Cauchari-Olaroz	Argentina	Salmuera	20.000	2018
	Uyuni	Bolivia	Salmuera	30.000	2018
TOTAL				128.000	

OFERTA DE LITIO ESTIMADA PARA 2018 (en toneladas de CLE)	
CAPACIDAD ACTUAL	180.000
NUEVA CAPACIDAD	128.000
TOTAL	308.000
DEMANDA DE LITIO ESTIMADA PARA 2018 (en toneladas de CLE)	
MÍNIMA	185.000
MEDIA	240.000
MÁXIMA	315.000

Fuente: elaboración propia en base a Roskill (2013), Galaxy Lithium, Oro-cobre, Minera Exar y GNRE-COMIBOL.

CLE: Carbonato de Litio Equivalente, 1 t de Litio Metálico equivale a 5,32 t de CLE.

2.6 Cadena de producción primaria y secundaria de litio

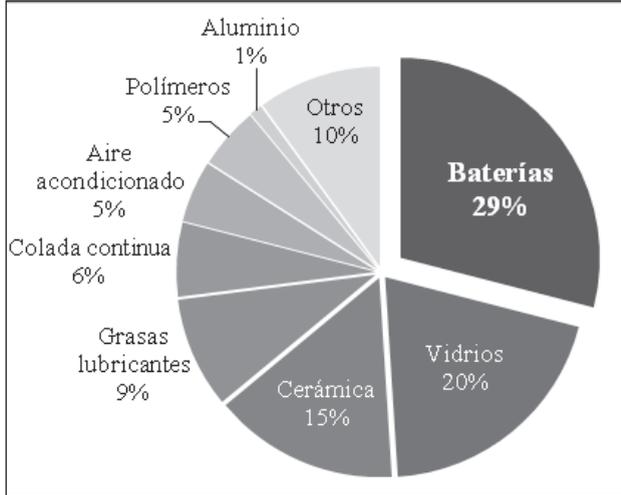


Productos básicos: concentrado de minerales, carbonato de litio, hidróxido de litio y cloruro de litio.

Fuente: COCHILCO (2013) en base a información de las empresas productoras de litio.

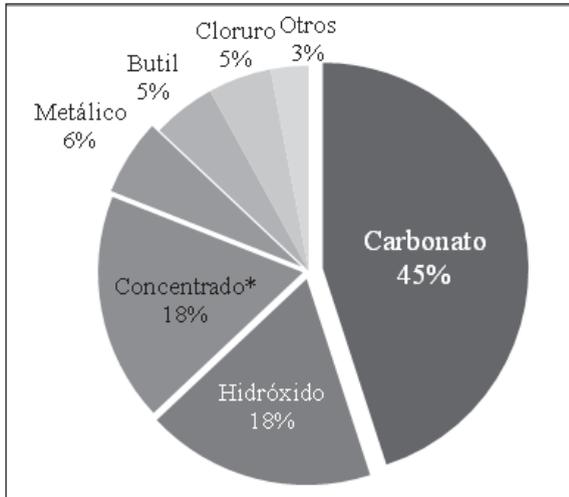
3. Demanda global

3.1 Demanda mundial de litio según aplicación industrial



Fuente: Roskill (2013).

3.2 Demanda global de litio según productos básicos



Concentrado de litio: utilizado de manera directa en aplicaciones como vidrio, cerámicas y metales.

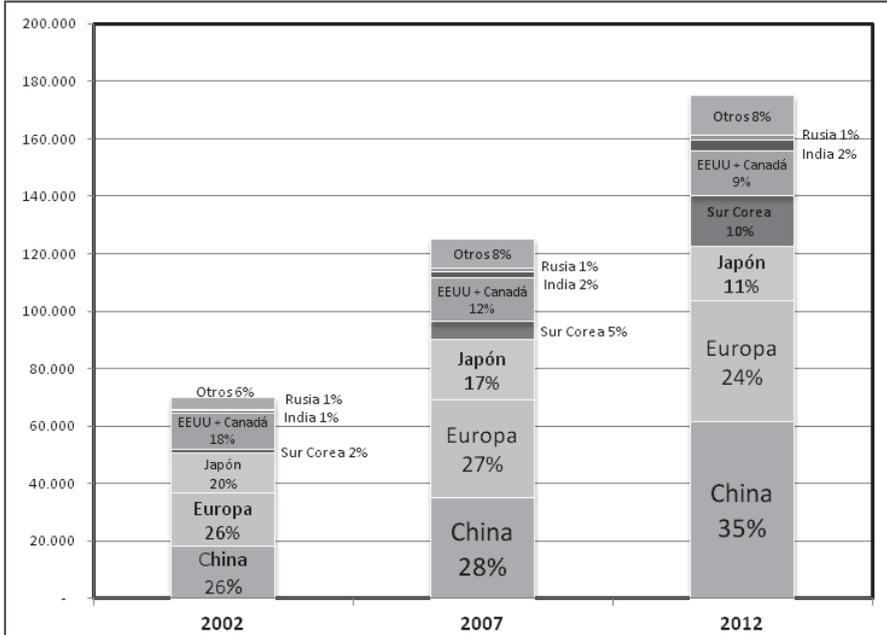
Fuente: SignumBOX (2014).

3.2 Productos del litio y principales aplicaciones asociadas

Tipo	Producto de litio	Aplicaciones principales
B A S I C O S	Carbonato de litio	Elaboración de cloruro, hidróxido y otros productos especiales Vidrios y cerámicas CC Powder (continuous casting) Químicos y adhesivos
	Cloruro de litio	Elaboración de productos especiales de litio Fundentes Aire acondicionado Aplicaciones de aluminio
	Hidróxido de litio	Elaboración de productos especiales de litio Grasas lubricantes Absorción de CO ₂
E S P E C I A L E S	Litio metálico	Ánodos en baterías de litio no recargables Farmacéuticos Fusión nuclear Aleaciones de bajo peso (con Al)
	Otros compuestos inorgánicos y orgánicos	Componentes de baterías recargables de litio (inorgánicos) Polímeros (orgánicos) Agroquímicos (orgánicos) Farmacéuticos Electrolisis de aluminio Materiales electrónicos

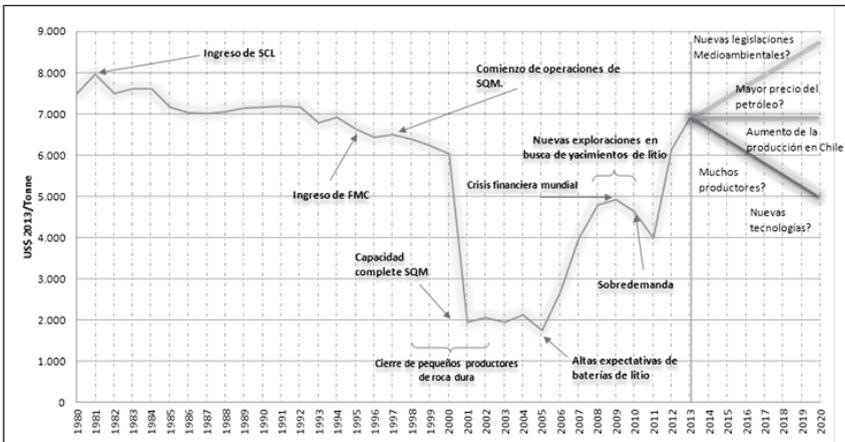
Fuente: COCHILCO en base a información de compañías productoras de litio.

3.3 Distribución de la demanda mundial según países



Fuente: elaboración propia en base a COCHILCO 2013.

3.4 Precio del litio 1980-2013 (dólares de 2013 por tonelada de CLE)



Fuente: IMExbiz (2014) en base a USGS Industrial Minerals.

3.5 Precios nominales y reales del Carbonato de Litio Grado Bateria 2012-2017

Año	Nominal			Constantes 2012		
	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.
2012	5,800	5,300	4,800	5,800	5,300	4,810
2013f	6,575	5,800	5,025	6,516	5,748	4,980
2014f	6,850	6,050	5,250	6,730	5,944	5,158
2015f	7,100	6,300	5,500	6,897	6,120	5,343
2016f	7,450	6,600	5,750	7,158	6,342	5,525
2017f	7,800	6,900	6,000	7,413	6,558	5,702

Fuente: Roskill (2013).

4. Glosario básico

Evaporíticos/evaporitas:

El término evaporítico o evaporitas se utiliza para designar a los minerales sólidos cuyo origen geológico es la evaporación de aguas salinas, tanto marinas (halita, carnalita) como continentales (bórax, espodumeno).

Por otra parte, los recursos contenidos en las salmueras de los salares (como el litio), no se encuentran naturalmente en forma de roca sino disueltos. El método de obtención más utilizado hasta el momento es el de evaporación solar por medio de piscinas.

CLE: Carbonato de Litio Equivalente

1 k de Litio Metálico equivale a 5,32 k de CLE.

Recursos identificados

Cantidad de un material sólido, líquido o gaseiforme de la corteza terrestre potencialmente extraíble, cuya localización, grado, cantidad y calidad son conocidas o estimadas a partir de evidencia geológica.

Reservas

Parte de los recursos identificados que reúne los requisitos físico-químicos mínimos para llevar a cabo prácticas de producción minera y cuya explotación es económicamente viable en las condiciones actuales.

ANEXO 2

H. Cámara de Diputados de la Nación

PROYECTO DE LEY

Nº de Expediente	2733-D-2014
Trámite Parlamentario	030 (22/04/2014)
Firmantes	JUNIO, JUAN CARLOS ISAAC - HELLER, CARLOS SALOMON - RAIMUNDI, CARLOS - PAIS, JUAN MARIO - BASTERRA, LUIS EUGENIO - RIVAS, JORGE - GERVASONI, LAUTARO - CANELA, SUSANA MERCEDES.
Giro a Comisiones	MINERIA ; RECURSOS NATURALES Y CONSERVACION DEL AMBIENTE HUMANO; PRESUPUESTO Y HACIENDA.

El Senado y Cámara de Diputados,...

RÉGIMEN LEGAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL LITIO Y SUS DERIVADOS

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Capítulo I Objeto y Alcance

ARTÍCULO 1º.- La presente Ley tiene por objeto establecer los instrumentos para la exploración, explotación, comercialización e industrialización del litio y sus derivados, garantizando, como resultado de estas actividades, el desarrollo sustentable en los aspectos económicos, sociales y ambientales.

ARTÍCULO 2º.- Declárase las reservas minerales de litio como recurso natural de carácter estratégico a fin de garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Artículo 1º.

ARTÍCULO 3º.- Declárase de interés público la exploración, explotación, concesión de explotación, industrialización y demás actos consiguientes del litio y sus derivados, sin perjuicio del carácter de utilidad pública establecido para las minas en el Código de Minería.

ARTÍCULO 4º.- La actividad de exploración, explotación y concesión de explotación, comercialización e industrialización del litio y sus derivados, estará sujeta a las disposiciones establecidas por la presente Ley.

Capítulo II Régimen General

ARTÍCULO 5º.- Los yacimientos de litio situados en el territorio de la República Argentina pertenecen al dominio privado de la Nación o de las Provincias, según el territorio en que se encuentren.

ARTÍCULO 6º.- La actividad de exploración, explotación, concesión de explotación, comercialización, proceso e industrialización del litio y sus derivados estarán a cargo de empresas estatales, empresas privadas o mixtas, conforme las disposiciones que establezca el Poder Ejecutivo por vía reglamentaria, quien además, fijará la política nacional respecto de dichas actividades.

ARTÍCULO 7º.- Cuando el Estado Nacional ejerza las facultades conferidas por la presente Ley, lo hará por intermedio de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado, creada por el Artículo 43º.

Cuando los Estados Provinciales ejerzan este mismo derecho, lo harán por intermedio de una persona jurídica creada al efecto.

ARTÍCULO 8º.- Todo permiso de exploración y concesión de explotación del litio será otorgado conjuntamente entre Provincias que se encuentren afectadas por dicha explotación y concesión, y la autoridad de aplicación de la presente Ley.

Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado tendrá la prioridad en la obtención de todo permiso de exploración y concesión de explotación del litio.

Se podrán otorgar permisos de exploración y concesiones de explotación del litio de carácter temporal, con los requisitos y en las condiciones que determina esta Ley.

ARTÍCULO 9°.- Los titulares de los permisos y de las concesiones, sin perjuicio de cumplir con las disposiciones vigentes, constituirán domicilio en el país y deberán poseer solvencia financiera y la capacidad técnica adecuadas para ejecutar las tareas inherentes al derecho otorgado. Asimismo, serán de su exclusiva cuenta los riesgos propios de la actividad minera.

ARTÍCULO 10°.- No pueden obtener ni adquirir por sí ni por interpósitas personas, los permisos, concesiones o demás derechos enumerados por esta Ley, los Estados extranjeros y las sociedades no constituidas en el país o cuyo funcionamiento como personas jurídicas no haya sido reconocido por las autoridades argentinas.

ARTÍCULO 11°.- Los permisionarios y concesionarios tendrán el derecho sobre el mineral que extraigan y podrán comercializarlos e industrializarlos, cumpliendo siempre con las reglamentaciones que dicte el Poder Ejecutivo sobre bases técnico económicas razonables que contemplen la conveniencia del mercado interno y procuren estimular la exploración y explotación del litio.

ARTÍCULO 12°.- El Estado Nacional, a través de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado, tendrá la primera opción para adquirir, en las condiciones de precio y modalidades del mercado, el litio y sus derivados producidos en el país, conforme las disposiciones que se establezcan por vía reglamentaria.

ARTÍCULO 13°.- El Poder Ejecutivo establecerá el régimen de importación y exportación del litio y sus derivados, asegurando el cumplimiento de los objetivos establecidos por la presente Ley y garantizando el abastecimiento interno y el control sobre su destino final.

ARTÍCULO 14°.- El Poder Ejecutivo, podrá limitar o prohibir la importación o la exportación del litio y sus derivados cuando en casos de urgencia así lo aconsejen razones de interés público, debiendo dar cuenta de ello, oportunamente, al Congreso de la Nación.

ARTÍCULO 15°.- Las propiedades mineras sobre litio, constituidas a favor de empresas privadas con anterioridad a la fecha de vigencia de presente Ley, continuarán rigiéndose por las disposiciones que les dieron origen, sin perjuicio de la obligación de sus titulares para acogerse a las disposiciones de esta Ley conforme a los procedimientos que establezca el Poder Ejecutivo por vía reglamentaria.

ARTÍCULO 16°.- El Estado Nacional reconoce en beneficio de las provincias dentro de cuyos límites se explotaren yacimientos de litio por empresas estatales, privadas o mixtas una participación en

el producto de dicha actividad, pagadera en efectivo y equivalente al monto total que el Estado Nacional perciba, a través de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado, por dicha explotación.

ARTÍCULO 17°.- El Estado Nacional puede solicitar ante las autoridades provinciales permisos de exploración y concesión de explotación del litio e industrializar, comercializar y transportar el producto, en las condiciones establecidas para particulares. Cuando el Estado Nacional ejerza ésta facultad, lo hará por intermedio de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado.

ARTÍCULO 18°.- Los permisionarios y concesionarios, sin perjuicio de lo establecido por disposiciones locales y reglamentarias, deberán realizar todos aquellos trabajos que por aplicación de esta Ley les corresponda, observando las técnicas más modernas, racionales y eficientes; y adoptar las medidas necesarias para proteger el ambiente, los recursos naturales y culturales, y actividades regionales, y sobre las comunidades que habiten la zona.

ARTÍCULO 19°.- Quienes efectúen trabajos regulados por esta Ley contemplarán preferentemente el empleo de ciudadanos argentinos en todos los niveles de la actividad, y en especial de los residentes en la región donde se desarrollen los trabajos.

TÍTULO II COMISIÓN NACIONAL DE EXPLOTACIÓN DEL LITIO -CNEL-

Capítulo I Creación

ARTÍCULO 20°.- Créase la Comisión Nacional de Explotación del Litio (CNEL) como ente autárquico en el ámbito del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

ARTÍCULO 21°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio funcionará como entidad autárquica con capacidad para actuar pública y privadamente en los órdenes científico, técnico, comercial, industrial, administrativo y financiero, conforme las disposiciones de la presente Ley y sus normas estatutarias.

ARTÍCULO 22°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio tendrá su domicilio en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y su jurisdicción se extiende a todo el territorio de la República Argentina.

ARTÍCULO 23°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio tiene por objeto regular y fiscalizar las actividades de exploración, explotación, proceso, industrialización y comercialización del litio y sus derivados, en coordinación con las autoridades mineras de cada jurisdicción y de conformidad con los alcances establecidos en la presente Ley.

Capítulo II Administración y Dirección

ARTÍCULO 24°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio será administrada por un Directorio constituido por un presidente y siete miembros que representen: uno a las provincias que tengan yacimientos comprobados de litio; uno a las universidades nacionales con sede en las provincias con yacimientos de litio; uno al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación; uno al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); uno a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación; uno a la Secretaría de Minería de la Nación; y uno a las comunidades originarias que habiten en las zonas donde se encuentra el mineral.

ARTÍCULO 25°.- Los miembros del Directorio de la Comisión Nacional de Explotación del Litio serán designados por el Poder Ejecutivo, por períodos de cuatro años, no pudiendo ser reelectos en períodos consecutivos. El Directorio se renovará por mitades cada dos años.

ARTÍCULO 26°.- No podrán ser directores, quienes tengan o hayan tenido en los últimos cinco años intereses particulares, directos o indirectos, en la explotación, exploración, industrialización o comercialización de minerales y sus derivados, o cualquier vinculación comercial con proyectos mineros en el país o en el exterior, o con la Comisión Nacional de Explotación del Litio.

Los directores que posteriormente a su nombramiento fuesen alcanzados por ésta inhabilidad, deberán cesar en sus funciones y ser reemplazados de inmediato.

ARTÍCULO 27°.- Una vez integrada, la Comisión Nacional de Explotación del Litio dictará su propio reglamento interno de funcionamiento.

ARTÍCULO 28°.- El Directorio necesitará autorización previa del Poder Ejecutivo para:

- a) Explorar yacimientos de litio;

- b) explotar yacimientos de litio y sus derivados;
- c) celebrar contratos de sociedad;
- d) establecer oficinas o dependencias en otros países;
- e) contratar créditos en el exterior; y
- f) convenir con las provincias la exploración y explotación de los yacimientos de litio que se encuentren en ellas.

Capítulo III Atribuciones y Funciones

ARTÍCULO 29º.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio será la Autoridad de Aplicación de la presente Ley y tendrá las siguientes funciones:

- a) aplicar e interpretar la presente Ley y normas reglamentarias;
- b) fiscalizar el cumplimiento de la presente Ley y sus reglamentaciones en coordinación con las autoridades mineras de cada jurisdicción;
- c) otorgar permisos de exploración y concesión de explotación del litio en coordinación con las autoridades de cada jurisdicción;
- d) establecer las normas y condiciones para la prospección, exploración o cateo, explotación, proceso e industrialización del litio y sus derivados;
- e) garantizar el carácter estratégico del litio en función de lo establecido por el Artículo 2º;
- f) elaborar un inventario de las reservas de litio y actualizarlo periódicamente con la incorporación de los nuevos depósitos y yacimientos que se descubran como producto de las exploraciones, con el objeto de garantizar su uso y aprovechamiento sustentable;
- g) desarrollar y fomentar todos los procesos de industrialización del litio y sus derivados;
- h) garantizar el abastecimiento del mercado interno en base al desarrollo tecnológico del país en la materia;
- i) fomentar e incorporar nuevas tecnologías que contribuyan a mejorar las actividades de exploración y explotación del litio, contemplando los procedimientos establecidos por la Sección Segunda, Título Decimotercero del Código de Minería (Artículos 246º a 268º);
- j) promover la industrialización y la comercialización del litio y sus derivados, tanto en el mercado interno como en el mercado internacional, con el fin de incorporarle un alto valor agregado, aplicando en todo momento los procedimientos establecidos por la Ley 25.675;

k) promover la comercialización del litio y sus derivados en los mercados internacionales, priorizando los productos con mayor valor agregado;

l) evaluar y realizar la declaración de impacto ambiental sobre los informes o estudios de impacto ambiental presentados;

m) establecer los criterios de presentación de los informes o estudios de impactos ambientales en virtud de las particularidades de la actividad; y

n) administrar, asignar y distribuir los fondos establecidos para el Fondo Nacional para la Valorización del Litio (FONVAL) creado por la presente.

ARTÍCULO 30°.- Durante el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental se deberá contar con la participación de las comunidades originarias y de los habitantes de la región a través de sus representantes, a fin de considerar y aplicar su opinión al momento de desarrollar la actividad de explotación del litio.

Capítulo IV Régimen Financiero y Contable

ARTÍCULO 31°.- Son recursos de la Comisión Nacional de Explotación del Litio:

a) las sumas que se le asignen en el Presupuesto General de la Administración Nacional;

b) los provenientes de la venta de bienes, locaciones de obra o de servicios;

c) los legados y donaciones que reciba, los cuales quedarán exentos de todo tributo, cualquiera sea su naturaleza;

d) todo tipo de aporte, subsidio o contribución en dinero o en especie proveniente de entidades oficiales o privadas; ya sean de equipamiento, gastos de funcionamiento o programas de actividades;

e) los intereses y rentas de sus bienes, el producto de la venta de publicaciones o de la cesión de derechos de propiedad intelectual;

f) los derechos, tasas o aranceles que perciba en retribución de los servicios que preste la Comisión Nacional de Explotación del Litio;

g) los aportes eventuales de las jurisdicciones provinciales o municipales, los que ingresarán directamente a la cuenta de la delegación o subdelegación respectiva, si lo hubiere, para ser aplicados en la región o provincia donde fueran ingresados; y

h) todo otro ingreso compatible con la naturaleza y finalidad del organismo.

ARTÍCULO 32°.- El proyecto del presupuesto anual aprobado por el Directorio será elevado al Poder Ejecutivo por el Presidente en tiempo para su remisión al Congreso de la Nación.

ARTÍCULO 33°.- El presupuesto anual comprenderá:

a) el cálculo de recursos;

b) el cálculo de la partida destinada para el Fondo Nacional de Valoración del Litio creado por el Artículo 37°;

c) los gastos de personal y los gastos generales, inversiones y reservas, que serán sometidos al régimen de fiscalización y cumplimiento establecidos en las leyes de Contabilidad y Obras Públicas; y

d) las partidas globales para gastos que a juicio del Directorio sean de carácter reservado o secreto. Éstas partidas estarán sometidas al régimen vigente para esta clase de fondos, sin perjuicio de las informaciones que puedan requerir ambas Cámaras del Congreso de la Nación.

ARTÍCULO 34°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio queda autorizada para proponer al Poder Ejecutivo todos aquellos reajustes y transferencias que estime necesario entre las partidas que correspondan a cada uno de los incisos b) y c) del Artículo anterior.

ARTÍCULO 35°.- El ejercicio financiero será cerrado el 31 de diciembre de cada año. Antes del 31 de marzo siguiente, la Comisión Nacional de Explotación del Litio elevará al Poder Ejecutivo Nacional un balance general de las actividades correspondientes al período fenecido, para ser posteriormente enviado al Congreso de la Nación junto con la memoria respectiva. Los saldos resultantes de este balance incrementarán los recursos del presupuesto aprobado para el nuevo ejercicio.

ARTÍCULO 36°.- La Comisión Nacional de Explotación del Litio estará exenta de todo impuesto o gravamen nacional, debiendo satisfacer las tasas retributivas de servicios. Gestionará en cada caso ante las autoridades provinciales o municipales la exención de los impuestos cuya aplicación corresponda a las mismas.

Capítulo IV

Fondo Nacional para la Valoración del Litio -FONVAL-

ARTÍCULO 37°.- Créase, en el ámbito de la Comisión Nacional de Explotación del Litio, el Fondo Nacional para la Valoración del Litio (FONVAL).

ARTÍCULO 38°.- El Fondo Nacional para la Valoración del Litio tiene la finalidad de posibilitar la implementación de adecuados mecanismos e instrumentos que faciliten la exploración, explotación, procesos de industrialización, comercialización y exportación del litio y sus derivados; promover programas de capacitación y asistencia de emprendimientos; como así también la de apoyar la ejecución de actividades científicas, tecnológicas y de investigación relacionadas con el litio.

ARTÍCULO 39°.- El Fondo Nacional para la Valorización del Litio estará integrado por:

a) la partida que anualmente se establezca en el presupuesto general de la Comisión Nacional de Explotación del Litio;

b) los recursos adicionales provenientes de ordenamientos presupuestarios;

c) los recursos que ingresen por convenios de transferencia de conocimientos, prestación de asistencia técnica y demás servicios arancelados con instituciones o empresas, sean estas estatales o privadas;

d) los recursos adicionales de origen estatal o privado, nacional o extranjero;

e) los recursos provenientes de subsidios no ejecutados; y

f) las partidas provenientes de instrumentos de financiamiento que, eventualmente, establezca el Poder Ejecutivo.

ARTÍCULO 40°.- El Directorio de Comisión Nacional de Explotación del Litio, oportunamente, determinará el monto de los recursos que integrarán, cada año, el Fondo Nacional para la Valoración del Litio.

ARTÍCULO 41°.- El Fondo Nacional para la Valorización del Litio se destinará exclusivamente para financiar:

a) la prospección, exploración o cateo, explotación, procesos de industrialización, comercialización y exportación del litio y sus derivados;

b) la investigación y desarrollo de tecnologías que permitan la puesta de valor agregado al litio; y

c) la implementación de instrumentos para la prevención de los impactos ambientales generados por la exploración y explotación del litio y sus derivados.

ARTÍCULO 42°.- El Directorio de la Comisión Nacional de Explotación del Litio, reglamentará el modo y las condiciones en que se otorgarán los instrumentos de financiamiento establecidos en el presente Capítulo.

TÍTULO III YACIMIENTOS ESTRATÉGICOS DE LITIO SOCIEDAD DEL ESTADO

Capítulo I Creación

ARTÍCULO 43°.- Créase la empresa Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado, con sujeción al régimen de la Ley 20.705, disposición de la Ley 19.550 que le fueren aplicables y a las normas establecidas por su estatuto.

ARTÍCULO 44°.- Respecto de las relaciones laborales, la Sociedad se regirá de acuerdo al régimen legal establecido por la Ley 20.744, y sus modificatorias. Sin perjuicio de ello, Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado deberá cumplir con la normativa vigente para el sector público nacional en materia de negociación colectiva y todas aquellas medidas de incidencia económico-salarial.

ARTÍCULO 45°.- El domicilio legal de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado se fija en jurisdicción de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y su sede será establecida por el Directorio, quien además podrá establecer administraciones regionales, delegaciones, sucursales, agencias y reparticiones dentro o fuera del país.

ARTÍCULO 46°.- La duración de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado será de cien años, a contar desde la fecha de inscripción de su estatuto en el Registro Público de Comercio. Dicho término podrá ser prorrogado por resolución de la Asamblea Extraordinaria.

Capítulo II Objeto

ARTÍCULO 47°.- Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado será la ejecutora de las políticas nacionales sobre el litio y tendrá a su cargo el estudio, prospección, explotación o cateo, y explotación del litio, como asimismo el proceso, la industrialización y comercialización de este mineral y sus derivados directos e indirectos, a cuyo efecto podrá elaborarlos, comprarlos, venderlos, permutarlos, importarlos o exportarlos y realizar cualquier otra operación complementaria de su

actividad industrial y comercial. Para el mejor cumplimiento de estos objetivos, podrá promover la constitución de entidades oficiales, fundar, asociarse o participar en sociedades privadas, del Estado, sociedades anónimas con participación estatal mayoritaria o de cualquier otro marco jurídico.

ARTÍCULO 48°.- Para cumplir su objeto, Yacimientos Estratégicos de Lito Sociedad del Estado podrá:

a) Adquirir por compra o cualquier otro título, bienes inmuebles, muebles, semovientes, instalaciones y toda clase de derechos, títulos, acciones o valores; venderlos, permutarlos, cederlos y disponer de ellos; darlos en garantía y gravarlos; incluso con prendas, hipotecas o cualquier otro derecho real y constituir sobre ellos servidumbres, asociarse con personas de existencia visible o jurídica y concertar contratos de sociedad accidental o de participación.

b) Celebrar toda clase de contratos y contraer obligaciones, incluso préstamos y otras obligaciones con bancos oficiales o particulares, nacionales o extranjeros, organismos internacionales de crédito o de cualquier otra naturaleza, aceptar consignaciones, comisiones o mandatos y otorgarlos, o conceder créditos comerciales vinculados con su giro.

c) Emitir, en el país o en el extranjero, previa resolución de la asamblea, debentures y otros títulos de deuda en cualquier moneda con o sin garantía real, especial o flotante.

d) Realizar toda clase de actos jurídicos y operaciones, cualesquiera sea su carácter legal, incluso financieros que hagan al objeto de la sociedad, o estén relacionados con él.

Las disposiciones del presente artículo son de carácter enunciativo y no taxativo.

Capítulo III Capital y Certificados

ARTÍCULO 49°.- El Poder Ejecutivo fijará el capital social inicial y estará representado por certificados nominativos, transferibles únicamente entre los entes enumerados por el Artículo 1° de la Ley 20.705. Cada certificado nominativo da derecho a un voto.

El capital social podrá elevarse por resolución de la asamblea. Toda resolución de aumento de capital será elevada a escritura pública, publicada en el Boletín Oficial e inscrita en el Registro Público de Comercio.

ARTÍCULO 50°.- Los certificados nominativos que se emitan, fueren provisorios o definitivos, deberán contener las menciones previstas en los Artículos 211° y 212° de la Ley 19.550 (t.o. 1984) y sus modificatorias.

Capítulo IV Dirección y Administración

ARTÍCULO 51°.- La dirección y administración de la sociedad estará a cargo de un Directorio integrado por un presidente, un vicepresidente y tres directores.

La duración del mandato será por dos ejercicios, pudiendo ser reelegidos indefinidamente.

El presidente y vicepresidente serán designados por la Asamblea a propuesta del Poder Ejecutivo. Los directores titulares serán designados por la Asamblea, debiendo representar: uno al Poder Ejecutivo y dos a las provincias productoras de litio.

En caso de renuncia, fallecimiento, incapacidad, inhabilidad o ausencia de alguno de los directores titulares, la comisión fiscalizadora designará al reemplazante, el que permanecerá en funciones hasta la reunión de la próxima asamblea.

ARTÍCULO 52°.- En garantía del fiel cumplimiento de sus funciones, los directores deberán depositar una garantía en dinero efectivo o títulos valores oficiales, o constituir seguros a favor de la Sociedad por el monto que a tal efecto determine la Asamblea, el que no podrá ser inferior a pesos diez mil.

ARTÍCULO 53°.- El vicepresidente reemplazará al presidente en caso de renuncia, fallecimiento, incapacidad, inhabilidad, remoción o ausencia temporaria de este último. Si la ausencia fuese definitiva, deberá convocarse a Asamblea Ordinaria para la elección de un nuevo presidente dentro de los treinta días corridos de producida la vacante. En caso de renuncia, fallecimiento, incapacidad, inhabilidad, remoción o ausencia temporaria del vicepresidente, este último será reemplazado por el director vocal primero. Si la causal de inhabilidad fuere definitiva, deberá convocarse a Asamblea para la designación de un nuevo vicepresidente, dentro de los treinta días corridos de producida la vacancia.

ARTÍCULO 54°.- Si el número de vacantes en el Directorio, impidiera sesionar válidamente, los síndicos designarán directores

provisorios cuyo mandato se extenderá hasta la elección de nuevos directores, a cuyo efecto deberá convocarse a Asamblea Ordinaria dentro de los treinta días corridos de efectuada la designación de los síndicos.

ARTÍCULO 55°.- El Directorio funcionará con la presencia del presidente o quien lo reemplace, y tendrá quórum suficiente con la mayoría absoluta de los miembros que lo integren, adoptando sus resoluciones por mayoría de votos presentes. El presidente o quien lo reemplace tendrá en todos los casos derecho a voto, y a doble voto en caso de empate. El directorio sesionará al menos una vez por mes, o cuando la solicite el presidente, el vicepresidente, cualquiera de los directores titulares, la Comisión Fiscalizadora, o cualquiera de los síndicos.

ARTÍCULO 56°.- El Directorio tendrá amplias facultadas para organizar, dirigir y administrar la Sociedad, y para celebrar todos los actos que hagan a su objeto social, incluso aquéllos para los cuales la Ley requiera poderes especiales, sin otras limitaciones que las que resulten de las normas que le fueren aplicables, de la presente Ley y de las resoluciones de la Asamblea.

Entre ellos, podrá celebrar en nombre de la Sociedad los siguientes actos:

a) Efectuar todos los actos de administración necesarios para el mejor logro de los objetivos sociales.

b) Realizar actos de disposición sobre bienes muebles o inmuebles, registrables o no, estableciendo precios y condiciones, suscribiendo la documentación que resulte menester.

c) Celebrar contratos de todo tipo, asumiendo obligaciones y compromisos por la sociedad, y constituir derechos reales sobre sus bienes.

d) Realizar todo tipo de operaciones con instituciones comerciales, bancarias, financieras, o de crédito, sean oficiales o privadas, nacionales o extranjeras.

e) Otorgar poderes especiales y generales de todo tipo, inclusive los enumerados en el Artículo 1881° del Código Civil.

f) Aprobar la dotación de personal, fijar sus retribuciones, fijar las modalidades de contratación, efectuar nombramientos de conformidad con la normativa que al efecto fije el Poder Ejecutivo Nacional, aplicar sanciones y decidir bajas de personal.

g) Elaborar los planes de acción y presupuestos anuales, para su elevación al Poder Ejecutivo Nacional.

h) Elaborar y someter a consideración de la Asamblea Ordinaria la Memoria, Inventario, Balance General y Estado de Resultados y demás documentación contable de la Sociedad.

ARTÍCULO 57°.- La representación legal de la Sociedad corresponderá al Presidente del Directorio, o al Vicepresidente en caso de ausencia o vacancia en el cargo de Presidente.

ARTÍCULO 58°.- Son funciones del Presidente del Directorio:

- a) Ejercer la representación legal de la Sociedad.
- b) Cumplir y hacer cumplir las leyes, las normas del Estatuto, y las resoluciones de la Asamblea y del Directorio.
- c) Convocar y presidir las reuniones del Directorio, con derecho a voto en todos los casos, y doble voto, en caso de empate.
- d) Convocar y presidir las Asambleas.
- e) Realizar todos los actos comprendidos en el Artículo 1881° del Código Civil, y en general, todos los negocios jurídicos que requieran de poder especial.
- f) Librar y endosar cheques, sin perjuicio de la facultad de delegar dicha atribución a otros funcionarios de la Sociedad.
- g) Informar en las reuniones de Directorio sobre la marcha de los negocios sociales.
- h) Proponer al Directorio la consideración del balance general y demás documentación contable.

ARTÍCULO 59°.- Los Directores tendrán a su cargo la gestión de los negocios ordinarios de la Sociedad, integrando a tales efectos el Comité Ejecutivo.

ARTÍCULO 60°.- Las remuneraciones de los miembros del Directorio y de la Comisión Fiscalizadora serán fijadas por el Poder Ejecutivo Nacional en el marco de las normas vigentes en materia de política salarial y jerarquización de los funcionarios públicos.

Capítulo V Asambleas

ARTÍCULO 61°.- Las Asambleas serán Ordinarias o Extraordinarias, en razón de los asuntos que respectivamente les competen, de acuerdo con los Artículos 234° y 235° de la Ley 19.550 (t.o. 1984) y modificatorias.

ARTÍCULO 62°.- La Asamblea Ordinaria se celebrará con una frecuencia anual, como mínimo, y tendrá competencia para:

a) Designar y remover al Presidente, Vicepresidente y demás integrantes del Directorio.

b) Designar y remover a los integrantes de la Comisión Fiscalizadora.

c) Considerar, aprobar o modificar los Balances, Inventarios, Memoria y Estado de Resultados que presente el Directorio, así como el Informe de la Comisión Fiscalizadora.

d) Tratar de resolver cualquier otro asunto que le sea sometido a su consideración, dentro del ámbito de su competencia.

La Asamblea Ordinaria podrá ser citada simultáneamente en primera y segunda convocatoria, en la forma establecida por el Artículo 237° de la Ley 19.550 (t.o. 1984), sin perjuicio de la allí dispuesto para el caso de Asamblea unánime.

La Asamblea en segunda convocatoria podrá celebrarse siempre y en tanto lo permitan las normas legales, y así hubiera sido convocada, el mismo día, una hora después de la fijada para la primera convocatoria.

ARTÍCULO 63°.- La Asamblea Extraordinaria será convocada por el Presidente, o quien ejerza sus funciones, o por la Comisión Fiscalizadora, a fin de considerar todos aquellos temas que por su naturaleza, excedan la competencia de la Asamblea Ordinaria.

Podrá ser citada, al igual que la Asamblea Ordinaria, en forma simultánea en primera y segunda convocatoria, conforme al procedimiento establecido por el Artículo 237° de la Ley 19.550 (t.o. 1984) y modificatorias, sin perjuicio de lo allí dispuesto para el caso de Asamblea unánime.

Capítulo VI Fiscalización y Control

ARTÍCULO 64°.- La fiscalización de la sociedad será ejercida por una Comisión Fiscalizadora compuesta por tres Síndicos Titulares, que durarán dos ejercicios en sus funciones.

ARTÍCULO 65°.- Además, serán designados tres Síndicos Suplentes que reemplazarán a los titulares en caso de remoción, vacancia temporal, o definitiva, o de sobrevenir una causal de inhabilitación para el cargo, según el orden de su elección por la Asamblea.

Tanto los titulares como los suplentes podrán ser reelegidos indefinidamente.

ARTÍCULO 66°.- Los Síndicos tendrán las obligaciones y responsabilidades que resultan de la Ley 19.550 (t.o. 1984), de la legislación vigente y de la que pueda establecerse en el futuro para los Síndicos de Sociedades del Estado.

ARTÍCULO 67°.- La Sociedad queda sometida a los sistemas de control del Sector Público Nacional en los términos de la Ley 24.156, garantizando en la gestión de todos sus asuntos la transparencia en la toma de decisiones y la efectividad en sus mecanismos de control.

Capítulo VII De los Estados Contables

ARTÍCULO 68°.- El ejercicio social cierra el 31 de diciembre de cada año. A esa fecha el Directorio confeccionará los Estados Contables de la Sociedad, conforme a las disposiciones legales, reglamentarias y normas técnicas aplicables, documentación ésta que será sometida a consideración de la Asamblea Ordinaria, con un informe escrito de la Comisión Fiscalizadora.

ARTÍCULO 69°.- Las utilidades líquidas y realizadas que pudieren resultar, se destinarán:

a) Cinco por ciento (5%) hasta alcanzar el veinte por ciento (20%) del capital suscrito, para el fondo de reserva legal.

b) A constituir las previsiones especiales que la Asamblea resuelva, sobre la base de un informe especial fundado del Directorio.

Capítulo VIII Liquidación

ARTÍCULO 70°.- La liquidación de la Sociedad sólo podrá ser resuelta por el Poder Ejecutivo Nacional, previa autorización legislativa, conforme lo dispuesto en el Artículo 5° de la Ley 20.705.

TÍTULO IV DISPOSICIONES FINALES, TRANSITORIAS Y COMPLEMENTARIAS

ARTÍCULO 71°.- Declárase la caducidad de todas las solicitudes de permisos mineros de explotación y exploración de litio que se encuentren en trámite ante las autoridades competentes, los que deberán

ser presentados nuevamente conforme a los preceptos establecidos por esta Ley y sus disposiciones reglamentarias.

ARTÍCULO 72°.- Incorporase como Artículo 351 bis del Código de Minería el siguiente texto: “El Estado Nacional, a través de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado podrá efectuar prospección, exploración y explotación de litio, con arreglo a las normas generales del Código de Minería y queda facultada para establecer la explotación o pase a reserva de los yacimientos que a su nombre se registren”.

ARTÍCULO 73°.- La presente Ley es de orden público y el Poder Ejecutivo la reglamentará, en lo que fuese de su competencia, dentro de los 90 días de su publicación en el Boletín Oficial.

ARTÍCULO 74°: Comuníquese al Poder Ejecutivo.

FUNDAMENTOS

Señor presidente:

Introducción

Hay varias dimensiones en relación a cómo abordar el recurso litio desde la perspectiva normativa en general y de este proyecto en particular, tanto desde un abordaje geopolítico, económico, social o ambiental. Desde un abordaje geopolítico, debemos entender el recurso a mediano y largo plazo. Sin desestimar el contexto actual, y la situación del recurso litio en las provincias en donde este se encuentra, así como de lo acontecido y legislado hasta el momento, tanto a nivel provincial como federal, entendemos e incorporamos el contexto presente. Sin embargo, como Legisladores, debemos procurar legislar pensando en el devenir próximo, y hasta donde la ciencia y las mejores prácticas lo hagan viable, extenderse en el tiempo lo más posible, previendo el desarrollo del recurso.

En este sentido, aún cuando la oferta de litio en la actualidad sea mucho mayor que la demanda efectiva en el mercado mundial, existen varios indicios que nos llevan a pensar, con fundamentación, que el recurso litio será estratégico en el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas, por lo tanto su demanda, al igual que ha sucedido con la mayoría de los recursos naturales no-renovables, especialmente los energéticos, comenzará una curva exponencial, y sostenida.

Podemos ver indicios de esto tanto en la inversión real que están realizando los gobiernos de países desarrollados en i+d (investigación y desarrollo), que es generalmente el paso previo de la incorpora-

ción de nuevas tecnologías en el uso civil y comercial, como en las inversiones de grandes corporaciones en los yacimientos existentes, especialmente las automotrices. Ejemplo de esto es el Acta de Recuperación y Reconversión destinada a la investigación y desarrollo de la nueva generación de baterías y de automóviles eléctricos, para lo que el Departamento de Energía norteamericano destinó 2.400 millones de dólares, solamente en 2009.

Propiedades y características del litio (Li)

El litio (Li) en condiciones normales, es el metal más liviano y el elemento sólido menos denso en la tabla periódica de elementos; sumado a la propiedad de ser un gran conductor de la electricidad, hace de este mineral un recurso único. Las aplicaciones tecnológicas del litio son todavía incipientes, pero se proyecta como un recurso fundamental para las nuevas tecnologías.

Conocido en ámbitos académicos y de negocios como el “oro blanco” o “el mineral del siglo XXI”, el litio ha duplicado su demanda a nivel mundial en menos de una década desde comienzos de 2000. Las proyecciones a futuro coinciden en que el incremento en la demanda será sostenido y crecerá en forma exponencial, a medida que se vaya haciendo extensivo su uso en diversos sectores productivos, especialmente en las baterías recargables de equipos tecnológicos (celulares, mp3, notebooks, GPS, tablets), como en la construcción de automóviles híbridos y en la generación de energía nuclear.

Las baterías de litio van reemplazando a las de níquel-cadmio, tanto en las de uso cotidiano como en las de tecnología de punta. Hoy todos los satélites utilizan celdas de litio-ion que son más eficientes y mucho más seguras que las de hidrogeno-níquel, así como también en la tecnología nuclear de fines pacíficos. En los reactores nucleares a fusión, el litio, además de transportar energía, es refrigerante, por lo que resulta ser un mineral estratégico en la fusión nuclear, y las tecnologías derivadas de ésta.

Distribución geográfica del recurso

El litio se encuentra en salmueras de diversos orígenes. La mayor cantidad de litio se encuentra en salmueras naturales, que son la

principal fuente de la extracción actual para el mercado mundial (más del 77%), debido al menor costo de producción del carbonato de litio en relación al obtenido a partir de minerales y extraídos de roca sólida.

Los depósitos más importantes se encuentran en lagos salinos continentales y en los salares. Las salmueras de los salares son ricas en litio y otras sales solubles. La calidad del depósito dependerá de los niveles de concentración de los diversos elementos (potasio, sodio, calcio, magnesio, boro, bromo, etc.). La concentración de litio varía generalmente de 0,02 a 0,2%. El litio evaporítico (a partir de aguas saladas) es el único que sirve para la producción de baterías.

Cada salmuera requiere ser tratada en forma particular, de acuerdo a su composición. Las salmueras más importantes, en términos de calidad y volumen, se encuentran en Chile (Salar de Atacama), Bolivia (Salar de Uyuni), Argentina (Salar del Hombre Muerto), en diversos lagos salinos de Estados Unidos, en China (provincia de Qinghai), en el Tíbet y en la Federación Rusa.

Este recurso tiene una particularidad única que lo diferencia de todos los otros recursos naturales con los que cuenta la República Argentina: más del 80% del litio existente en el planeta está en lo que se conoce como el “triángulo del litio”, una zona que abarca el sur de Bolivia y el norte de Chile y Argentina. En el mundo minero y de las finanzas asociadas a los recursos extractivos se habla informalmente de la “Arabia Saudita del litio”.

Para tener una idea de la ventaja de contar con los principales yacimientos del mundo en un área geográfica delimitada y no extensa, una posible asociación estratégica, tanto con Bolivia como con Chile, podrían conjuntamente controlar en forma cuasi-monopólica la oferta mundial del litio.

FUENTE: OROCOBRE, AUSTRALIA

Si bien Bolivia tiene las mayores reservas mundiales de litio, Argentina cuenta con los salares de mejor calidad y de mayor grado, por lo que son más productivos y de mayor rentabilidad en comparación a los yacimientos de Chile y de Bolivia.

Además del litio presente en los yacimientos, existen una amplia gama de minerales asociados que también tienen valor económico. Los más importantes son el espodumeno (el más abundante) y la petalita,

que son mayoritariamente utilizados para producir concentrados de litio, además también se obtiene carbonato de litio.

Consideraciones geopolíticas

En la actualidad, en Argentina se están concesionando los yacimientos de litio a grandes corporaciones extranjeras a precios que no tienen en cuenta el verdadero potencial futuro del recurso y en condiciones desventajosas para el país, desaprovechando la oportunidad de mantener soberanía política y estratégica sobre el recurso.

Desde el abordaje geopolítico, podemos plantear dos escenarios posibles sobre el recurso. En primer lugar que éste, efectivamente sea un mineral necesario para la reconversión energética debido al declive de los yacimientos de combustibles fósiles; por el encarecimiento de estos últimos debido al agotamiento de yacimientos de fácil explotación en relación a los nuevos de más difícil acceso; por el constante desarrollo tecnológico asociado al litio; y por la necesidad de reducir la utilización de combustibles debido a las consecuencias climáticas del CO₂.

En este caso, no hace falta ahondar en la absoluta prioridad de que el Estado y la sociedad argentina controlen el acceso al recurso. En este escenario, la República Argentina tendría acceso a una fuente fundamental para la reconversión energética a muy bajo costo, reduciendo los gastos productivos internos a lo largo de toda la economía en relación a los países importadores, además de los beneficios por las exportaciones, y el manejo cuasi-monopólico del recurso en el mercado internacional. Este escenario requiere de una maduración de las tecnologías en desarrollo basadas en el litio, y es fundamental entender que retener el control en manos del Estado es una apuesta temprana y racional frente a las presiones de corto plazo y coyunturales.

En el segundo escenario, el litio es sólo un recurso más entre otros desarrollos en el área energética, por lo que la demanda y el precio no crecen tal como hoy se pronostica, sin embargo existe un desarrollo tecnológico asociado al recurso, y la oferta es suficiente para una demanda mundial más acotada. En este contexto es igualmente procedente una legislación que ponga en manos del Estado Nacional, el control estratégico del recurso. Esto no significa, en modo alguno, que haya una oportunidad perdida al restringir el acceso al recurso, ya que el control a través de una empresa de mayoría accionaria estatal no

restringe la asociación con empresas privadas, tanto en la participación financiera como en el acceso a tecnologías desarrolladas en el ámbito del sector privado. En este sentido el Proyecto de Ley es amplio y flexible, en el marco de un sistema que incorpora desarrollos tecnológicos y capital financiero sin restringir la soberanía sobre el recurso.

Si los desarrollos tecnológicos hacen valorar el recurso litio en el tiempo, la sociedad y el Estado tienen una amplia participación y captación de la renta, si por el contrario esto no sucede el proyecto permite ir incorporando socios no-gubernamentales y aprovechar el recurso, de la misma forma en que se haría si no se legisla un marco jurídico específico a éste.

Tanto Bolivia como Chile cuentan con legislación específica sobre el recurso, considerándolo estratégico, y con un tratamiento específico en las constituciones nacionales de ambos países, tratándolo de manera diferencial con relación al resto de los recursos minerales.

Es una diferencia importante en relación a la ambigüedad y falta de normativa específica del recurso en nuestro país, que sigue siendo tratado como cualquier otro mineral. Debería ser un llamado de atención que solamente Argentina no haya pensado el litio de forma particular y hasta hoy no sea manejado de forma estratégica, sino por el contrario de forma fragmentaria, a nivel provincial y sin articulación con los ámbitos de desarrollo e investigación científica con los que cuenta el país.

En el caso de la República de Bolivia, existe un plan diseñado por el físico belga Guillaume Roelants, para la producción de carbonato de litio y cloruro de litio a cargo de una empresa de propiedad 100% estatal. El plan fue asumido como política de Estado e incluido en la nueva Carta Magna promulgada en 2009, donde se declara de interés estratégico los recursos evaporíticos, declarando su carácter estratégico (artículo 369 inciso II) y deja sin efecto en el plazo de un año todas las concesiones mineras de minerales metálicos y no metálicos, evaporíticos y salares concedidas en las reservas fiscales del territorio boliviano (Octava Disposición Transitoria, Inciso II). Se agrega a la recuperación de los salares donde se encuentran los depósitos de litio, especialmente el salar de Uyuni, el principal yacimiento mundial de litio, el Decreto Supremo (DS. 29.894), que crea el Comité Científico de Investigación para la Industrialización de los Recursos Evaporíticos de Bolivia (CCII-REB). La finalidad, avanzada a través de varios convenios ya firmados con centros de investigación y empresas, es la integración industrial y

científica para la producción local y nacional de cloruro de litio, y de baterías de ion-litio para el mercado mundial.

En Chile, el Código Minero y la Ley Orgánica Constitucional Minera de 1983 establecen que el litio es un recurso estratégico, por lo que no está permitida la explotación de privados ni su concesión a partir de la reglamentación de 1984. Éste quedó al margen de la ley de concesiones de 1981 por ser un material estratégico en la fusión nuclear, es decir, clave para la energía nuclear, y por entender que para el país el control de un mineral estratégico en la industria de los países avanzados es una ventaja única para el Estado y en definitiva para la salud de las cuentas fiscales y de la futura infraestructura del país. Es más, según la legislación chilena, sólo el Estado puede disponer de las reservas de explotación del litio, exceptuando las constituidas antes de la publicación de la ley, correspondientes a SQM (ex Soquimich) y la Sociedad Chilena del Litio (SCL).

Aca tabla

Fuente: Subsecretaría de Planificación Económica, 2011 sobre información de la Unidad del Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS. Recurso identificado: es una concentración de mineral potencialmente extraíble, cuya localización, grado, cantidad y calidad son conocidas o estimadas a partir de evidencia geológica. Reservas: es la parte de los recursos identificados que reúne los requisitos físico-químicos mínimos para llevar a cabo prácticas de producción minera y cuya explotación es económicamente viable en las condiciones actuales.

En la exploración minera primaria, operan las denominadas empresas junior, las que obtienen financiamiento a través de segmentos específicos (“Bolsas Junior”) del mercado de capitales (Londres, Canadá y Australia). Su acceso en el mercado tradicional está limitado o se produce a tasas de interés muy altas debido al elevado riesgo que involucra la actividad de exploración minera. Sin embargo, en el caso del litio, el riesgo en la exploración es casi inexistente, ya que su explotación en los salares no requiere de exploración de riesgo, todos estos ya están identificados, relevados y son de público conocimiento; debido a esta situación particular en el caso del litio, son las grandes empresas demandantes o “end users” las que están aportando el capital para adquirir los yacimientos en una competencia que es más conocida en los círculos de las grandes corporaciones que en los países dueños de los yacimientos.

Durante la última década, la demanda mundial de litio pasó de 45.000 tn a 125.000 tn LCE (estimado 2010). Prácticamente la mitad

de la demanda de derivados del litio se centra en el carbonato; le siguen los concentrados (21%), hidróxido de litio (13%), butil litio (5%), litio metálico (4%), cloruro de litio (3%).

La importancia como recurso natural estratégico y de interés público

El litio, al igual que otros recursos naturales no renovables, debe ser entendido como estratégico. Esto significa que tiene una existencia limitada y un valor acotado en el tiempo justamente por no ser renovable, y al mismo tiempo es un componente esencial para el desarrollo de tecnologías específicas, para el avance de alguna actividad productiva relacionada (en el caso del petróleo y las fuentes energéticas son para toda la actividad industrial, agrícola y de la economía) o porque su uso o acceso permite a una entidad cualquiera ejercer grados de influencia indeterminados sobre el sistema mundial. El carácter estratégico está dado por las características del recurso, como así también por su valorización política, militar, estratégica y geo-económica.

En este sentido, el valor de “estratégico” del recurso es un valor asignado en términos políticos, ya que el contexto político para su extracción, explotación y valorización en el mercado mundial, no constituye un fin en sí mismo sino un medio para alcanzar otros y diversos objetivos. Si el valor de un recurso escaso como el litio, sólo es entendido como beneficio coyuntural para las economías locales, regionales o provinciales, se estará perdiendo la posibilidad de controlarlo como medio para lograr más y mejores fines, incluido el financiero y económico. El uso estratégico de un recurso con aplicaciones tecnológicas como el litio, permite incrementar el poder de negociación político y económico en el plano internacional, conseguir un manejo discrecional del precio en el mercado mundial y una ampliación del “soft power” para el país. Hay que tener muy presente que lo que hoy no tiene un poder económico o geopolítico de peso, mañana sí puede tenerlo.

En este sentido siempre es mejor legislar anticipándose a los escenarios cuando éstos están en rápido desarrollo. Mantener la soberanía sobre el recurso permite tener todas las posibilidades en el mediano y largo plazo y a la vez ir adaptándose en el corto plazo a las situaciones que no están sujetas directamente a las acciones bajo incidencia nacional. Siempre se puede ir hacia un escenario en el que se explota el recurso en forma conjunta con agentes privados a través de varias modalidades como joint-ventures, asociaciones estratégicas o concesiones, de forma progresiva, para no disminuir el precio en el mercado mundial al ampliar la oferta. Pero una política de desmanejo del recurso, en el que se otorga

solamente desde una perspectiva de beneficio económico y de baja incidencia, ya que las regalías tienen un techo del 3%, es una grave sesión de soberanía y, al mismo tiempo, perder una oportunidad única para el país.

El principal productor mundial de petróleo, Arabia Saudita, administra el 100% de sus recursos y tiene una alta capacidad de incidencia en el precio mundial de éste; Gazprom, principal empresa de gas de Rusia, controla el 50%; la National Iranian Oil Company NIOC, de Irán, el 100%; China controla el 100% de la prospección, extracción y distribución del petróleo; PDVSA de Venezuela, el 100%; Pemex de México el 100%; los Emiratos Árabes el 100% del petróleo; y Brasil a través de Petrobras, el 51% del petróleo. En relación a los recursos energéticos, minerales y estratégicos, el Estado los administra de manera directa en Kuwait, Noruega, Argelia, Libia, Kazajstán, Qatar, Indonesia, India, Colombia, Omán, Malasia, Egipto, Siria, Italia, Japón, Uzbekistán, Bolivia, Austria, Chile, Uruguay y Nigeria, entre otros.

Incidencia en temas ambientales

Desde una perspectiva ambiental, el litio es mucho más fácil de explotar que cualquier otro mineral, con menores consecuencias sobre el ambiente y la salud que por ejemplo, la explotación aurífera o de cobre, inclusive sus impactos a la salud y a la integridad territorial-ambiental, son mucho menores que cualquier otra alternativa energética.

La preocupación por el impacto ambiental y a la población de la extracción del litio, está ampliamente incluida en los Artículos 18°, 29° y 41° del Proyecto, incorporando la inclusión de los organismos nacionales y provinciales que velan por la integridad ambiental en la Comisión Nacional de Explotación del Litio - CNEL.

Importancia del Fondo Nacional para la Valorización del Litio - FONVAL

El aprovechamiento de un recurso estratégico está dado no solamente por la existencia de éste, sino principalmente por la capacidad de las sociedades que son dueñas del recurso en aprovecharlo, dándole valor agregado. En un mundo industrial y tecnológico, sólo las sociedades con capacidades de desarrollo científico y tecnológico, mantienen altos niveles de vida que se pueden sostener en el tiempo. La

creación del Fondo Nacional para la Valoración del Litio - FONVAL, y el destino exclusivo que se le asigna en el Artículo 41° del Proyecto, permiten reinvertir las ganancias surgidas de la exportación del litio en el desarrollo de las tecnologías asociadas a este recurso. Tiene una doble finalidad. Por un lado, permite aumentar el valor del recurso a medida que se le incorpora tecnología y desarrollo y, por otro lado, permite al país continuar incorporando avances científicos intra-industria; estas estrategias, está comprobado que tienen altas externalidades positivas: amplían los ámbitos de I+D y los científicos del país con recursos genuinos y éstos a su vez se vuelcan a otras áreas, no solamente a las del litio; crean cadenas de valor integradas en recursos existentes y valiosos, y permiten el desarrollo de otras industrias nacionales asociadas.

Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado

La creación de Yacimientos Estratégicos de Litio, de naturaleza estatal y con participación de las provincias, está fundada en mantener la soberanía sobre un recurso natural no- renovable del cual todavía no se sabe con certeza cuales serán en el futuro sus aplicaciones tecnológicas; pero de lo que sí se tiene la certeza, es de que será indispensable como fuente energética y de aplicación de alta tecnología. Por este motivo no solamente se busca una soberanía política sobre el recurso sino que al mismo tiempo se propone vincular la explotación a un ente de desarrollo I+D conjuntamente con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Universidades nacionales y provinciales y el INTI, que trabajando conjuntamente con Yacimientos Estratégicos de Litio transformen el producto extraído, en un recurso con alto valor agregado en el país.

La creación de una empresa estatal debe verse, no como un impedimento al desarrollo del recurso en el marco de su inserción en el mercado mundial, sino, muy por el contrario, como una forma de tener una capacidad de control directo del país en el futuro mercado internacional del litio, adaptándose de forma ágil y rápida a la cambiante situación que viven hoy los commodities en el mercado global, y de esta forma, reteniendo las herramientas indispensables para generar desarrollos económicos, tecnológicos y sociales virtuosos. La República Argentina tiene la capacidad financiera y el desarrollo de recursos humanos para crear una empresa de nivel mundial asociada a la fortuna de contar con los mejores yacimientos de litio, si no se los aprovecha de esta forma, se privilegiará una política de administración de recursos para empresas extranjeras y prioridades de otros países en la materia.

Señor Presidente, por las razones expuestas es que solicitamos la aprobación del presente Proyecto de Ley.

Ley N° 535 del 19/05/2014
LEY DE MINERÍA Y METALURGIA
[Selección de artículos]

TÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I
OBJETO, DOMINIO Y ALCANCE

Artículo 2. (DOMINIO Y DERECHO PROPIETARIO DEL PUEBLO BOLIVIANO).

I. Los recursos minerales, cualquiera sea su origen o forma de presentación existentes en el suelo y subsuelo del territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano; su administración corresponde al Estado con sujeción a lo previsto en la presente Ley.

CAPÍTULO II
PRINCIPIOS Y DEFINICIONES DE LA LEY DE MINERÍA
Y METALURGIA

Artículo 5. (PRINCIPIOS). Son principios de la presente Ley:

- a) Función Económica Social.
- b) Interés Económico Social.
- c) Intransferibilidad e intransmisibilidad del área minera.
- d) Seguridad jurídica para los actores productivos mineros en toda la cadena productiva. El Estado otorga, reconoce, respeta y garantiza los derechos mineros, protege la inversión y el ejercicio pleno de sus actividades, en cumplimiento de la Constitución Política del Estado.
- e) Responsabilidad Social en el aprovechamiento de recursos mineros en el marco del desarrollo sustentable, orientado a mejorar la calidad de vida de las y los bolivianos.

CAPÍTULO III DISPOSICIONES FUNDAMENTALES

Artículo 8. (CARÁCTER ESTRATÉGICO DE LOS RECURSOS MINERALES Y COMPETENCIA).

I. Por la naturaleza no renovable de la riqueza minera, la importancia de su explotación para la economía nacional y por ser fuente primordial de generación de recursos fiscales y fuentes generadoras de empleo y trabajo, los recursos minerales y las actividades mineras son de carácter estratégico, de utilidad pública y necesidad estatal para el desarrollo del país y del pueblo boliviano.

II. De acuerdo con el Artículo 298 de la Constitución Política del Estado, la definición de políticas mineras es competencia exclusiva del nivel central del Estado, y la creación de entidades y empresas públicas relacionadas a las actividades mineras en toda o parte de la cadena productiva, es competencia privativa del nivel central del Estado.

Artículo 9. (CARÁCTER ESTRATÉGICO, FOMENTO Y PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIALIZACIÓN). I. Se declara de carácter estratégico y de prioridad nacional la industrialización de minerales y metales producidos en el territorio nacional.

II. Los créditos u otras formas de financiamiento provenientes de entidades estatales, destinados a la transformación industrial de minerales y metales de propiedad del Estado, se otorgarán en las condiciones más favorables vigentes para entidades de la misma naturaleza.

III. Los procesos de industrialización autorizados en la presente Ley a las empresas mineras estatales, podrán realizarse por la propia empresa o a través de una empresa autorizada mediante Decreto Supremo del Órgano Ejecutivo, a solicitud de la empresa interesada.

CAPÍTULO IV ÁREAS DE RESERVA FISCAL MINERA

Artículo 24. (RESERVA FISCAL MINERA).

I. El Órgano Ejecutivo mediante Decreto Supremo podrá declarar como Reserva Fiscal Minera, determinadas zonas del territorio nacional, con la finalidad de efectuar labores de prospección, exploración y evaluación, para determinar el potencial mineralógico del área de reserva e identificar nuevas áreas mineras de interés, respetando derechos pre-constituidos y adquiridos.

II. El Decreto Supremo que establezca la Reserva Fiscal Minera señalada en el Parágrafo precedente, tendrá una vigencia no mayor a cinco (5) años desde su promulgación; a cuyo vencimiento quedará sin efecto, sin necesidad de disposición legal expresa.

III. Durante la vigencia de la Reserva Fiscal Minera, no podrán otorgarse, en el área de reserva, derechos mineros bajo ninguna de las modalidades establecidas en la presente Ley.

Artículo 25. (DERECHO PREFERENTE DE LAS EMPRESAS ESTATALES).

I. Al vencimiento del plazo de vigencia o cumplimiento del objeto establecido en la Reserva Fiscal Minera, la Corporación Minera de Bolivia - COMIBOL, tendrá derecho preferente para solicitar el área minera necesaria para el ejercicio de las actividades en toda o parte de la cadena productiva minera, en el número de cuadrículas de su interés, mediante contrato administrativo minero de acuerdo al procedimiento establecido en la presente Ley.

II. Las áreas que no hubieran sido objeto de solicitud por las empresas estatales, en un plazo máximo de seis (6) meses pasarán a ser áreas libres y podrán ser otorgadas mediante contratos, a otros actores productivos mineros.

Artículo 26. (MINERALES Y ÁREAS RESERVADAS PARA EL ESTADO).

I. El Estado Plurinacional de Bolivia mediante Ley podrá reservar minerales estratégicos para explotación exclusiva por parte de empresas estatales, respetando derechos pre-constituidos o adquiridos.

II. Se declaran como áreas reservadas para el Estado, los siguientes salares y lagunas saladas: Uyuni, Coipasa, Chiguana, Empexa, Challviri, Pastos Grandes, Laguani, Capina, Laguna, Cañapa, Kachi, Colorada, Collpa, Lurique, Loromayu, Coruto, Busch o Kalina, Mama Khumu, Castor, Coranto, Celeste, Hedionda, Kara, Chulluncani, Hedionda Sud, Salares en Saucarí, Sajama y Sajama Sabaya, salvándose derechos pre-constituidos y derechos adquiridos.

III. Podrán realizarse proyectos de la Empresa Nacional de Electricidad - ENDE, para la generación de energía eléctrica en base a los recursos geotérmicos, ubicados en las áreas reservadas para el Estado en el Parágrafo II del presente Artículo.

IV. Se declara al Litio y al Potasio como elementos estratégicos cuyo desarrollo se realizará por empresas públicas mineras de acuerdo con el Artículo 73 de la presente Ley.

Artículo 28. (PROHIBICIONES EN ÁREA DE FRONTERA). Las personas extranjeras, individualmente o en sociedad, no podrán obtener de la AJAM Licencias de Prospección y Exploración, ni suscribir individualmente o en sociedad, contratos administrativos mineros sobre áreas mineras situadas dentro de los cincuenta (50) kilómetros a partir de la línea fronteriza internacional del Estado, excepto en caso de necesidad estatal declarada por Ley expresa.

CAPÍTULO V SUJETOS Y ACTORES PRODUCTIVOS MINEROS

Artículo 31. (ACTORES PRODUCTIVOS DE LA MINERÍA). De acuerdo con el Parágrafo I del Artículo 369 de la Constitución Política del Estado, son actores productivos del sector minero boliviano: la industria minera estatal, la industria minera privada y las cooperativas mineras.

TÍTULO II ESTRUCTURA DEL SECTOR MINERO ESTATAL NIVEL DE ADMINISTRACIÓN SUPERIOR AUTORIDAD JURISDICCIONAL ADMINISTRATIVA MINERA - AJAM

SECCIÓN I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO III

Artículo 39. (AUTORIDAD JURISDICCIONAL ADMINISTRATIVA MINERA - AJAM). I. La Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera - AJAM, como entidad autárquica bajo tuición del Ministerio de Minería y Metalurgia, con personalidad jurídica, patrimonio propio, autonomía administrativa, técnica, económica y financiera, es la encargada de la dirección, administración superior, control y fiscalización de la actividad minera en todo el territorio del Estado en las materias tratadas en el presente Capítulo.

Artículo 40. (ATRIBUCIONES Y FINANCIAMIENTO). I. La AJAM tendrá las siguientes atribuciones:

a) Administrar el Registro Minero, Catastro y Cuadrículado Minero, a través de una dirección especializada.

b) Recibir y procesar las solicitudes de adecuación de las Autorizaciones Transitorias Especiales - ATE's, a contratos administrativos mineros.

c) Recibir y procesar las solicitudes para contratos administrativos mineros de las áreas mineras con contratos de arrendamiento con la Corporación Minera de Bolivia – COMIBOL, que corresponde a las cooperativas mineras de acuerdo al Parágrafo I del Artículo 63 de la presente Ley.

d) Recibir y procesar las solicitudes de registro de los derechos de la Corporación Minera de Bolivia - COMIBOL en áreas y parajes de la minería nacionalizada y no nacionalizada, conforme al Artículo 61 de la presente Ley.

CAPÍTULO IV NIVEL DE EMPRESAS PÚBLICAS MINERAS

Artículo 61. (CORPORACIÓN MINERA DE BOLIVIA - COMIBOL).

I. La Corporación Minera de Bolivia - COMIBOL, en calidad de empresa pública estratégica corporativa, de carácter público, con personería jurídica propia, patrimonio propio, autonomía técnica, administrativa, jurídica y económica, con sujeción a la Ley N° 466 de la Empresa Pública, de fecha 26 de diciembre de 2013, y sus estatutos adecuados a dicha Ley, es la responsable de dirigir y administrar la industria minera estatal con excepción de las empresas mineras estatales que no estén bajo su dependencia. Ejercerá, en nombre del Estado y el pueblo boliviano, el derecho de realizar las actividades de prospección, exploración, explotación, concentración, fundición, refinación, comercialización e industrialización de minerales, metales, piedras preciosas y semipreciosas existentes en las áreas mineras bajo su administración y las de sus empresas filiales y subsidiarias.

II. Su objetivo es lograr el desarrollo productivo diversificado, la transformación de la matriz productiva minera, el desarrollo industrial y la generación de excedentes económicos.

III. La Corporación Minera de Bolivia - COMIBOL, ejerce su mandato de manera directa mediante unidades productivas o a través de sus empresas filiales o subsidiarias creadas o por crearse, en toda la cadena minera productiva, sin perjuicio del derecho a suscribir contratos con otros actores productivos mineros de acuerdo con la presente Ley.

IV. Para el cumplimiento de sus fines y objetivos, COMIBOL, financiará sus operaciones mineras con recursos propios o recursos obtenidos mediante créditos de la Banca Privada o Pública, títulos valores crediticios o de instituciones o financiamiento externo, conforme al Artículo 50 de la Ley N° 466 de la Empresa Pública, de fecha 26 de diciembre de 2013.

Artículo 67. (EMPRESAS FILIALES Y SU RELACIÓN CON LA EMPRESA CORPORATIVA).

I. Son empresas filiales de la COMIBOL, las siguientes:

- Empresa Minera Huanuni - EMH.
- Empresa Minera Colquiri - EMC.
- Empresa Minera Coro Coro - EMCC.
- Empresa Metalúrgica Vinto - EMV.
- Empresa Metalúrgica Karachipampa - EMK.
- Otras empresas filiales o subsidiarias a crearse de acuerdo a norma.

Artículo 73. (RECURSOS EVAPORÍTICOS).

I. La COMIBOL es responsable de realizar actividades de prospección, exploración, explotación, beneficio o concentración, instalación, implementación, puesta en marcha, operación y administración de recursos evaporíticos, complejos de química inorgánica, industrialización y comercialización. Asimismo, COMIBOL de acuerdo con la Ley N° 466 de la Empresa Pública, podrá crear una empresa filial como responsable de la ejecución de las actividades mineras señaladas en el presente Artículo.

II. El patrimonio del Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni - CIRESU, será transferido a la COMIBOL en tanto se establezca la creación de la empresa filial establecida en el Parágrafo I del presente Artículo.

III. El patrimonio del Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni - CIRESU, los saldos presupuestarios asignados a la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de la COMIBOL, los recursos humanos, activos y pasivos asignados a dicha gerencia, serán transferidos a la empresa filial si fuera creada de acuerdo a disposición legal.

IV. La COMIBOL desarrollará los procesos de química básica de sus recursos evaporíticos con una participación 100% estatal para la producción y comercialización de: Cloruro de Litio, Sulfato de Litio, Hidróxido de Litio y Carbonato de Litio; Cloruro de Potasio,

Nitrato de Potasio, Sulfato de Potasio, sales derivadas e intermedias y otros productos de la cadena evaporítica. Procesos posteriores de semi-industrialización e industrialización se podrán realizar mediante contratos de asociación con empresas privadas nacionales o extranjeras, manteniendo la participación mayoritaria del Estado.

V. Se reconoce el derecho a la explotación, producción y comercialización tradicional de sal común (Cloruro de Sodio) en los salares de Bolivia que actualmente realizan las organizaciones económicas locales y cooperativas, respetando derechos pre-constituidos y adquiridos reconocidos.

VI. En un plazo de dos (2) meses de publicación de la presente Ley, el Ministerio de Minería y Metalurgia, y la COMIBOL, realizarán un levantamiento y evaluación de los derechos otorgados a terceros en los salares y propondrá la normativa que sea apropiada y necesaria para la adecuación de dichos derechos a lo previsto en la presente Ley.

Ver la ley completa en http://www.mineria.gob.bo/documentos/ley_minera_2014.pdf

Proyecto de Ley
 REFORMA CONSTITUCIONAL QUE DECLARA A LOS
 MATERIALES ATÓMICOS NATURALES Y EL LITIO COMO
 SUSTANCIAS DE VALOR ESTRATÉGICO, NO SUSCEPTI-
 BLES DE CONCESIÓN Y RESERVA AL ESTADO SU EXPLO-
 RACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO.

Legislatura:	363
Fecha de ingreso:	miércoles 01 de julio de 2015
Estado:	Primer trámite constitucional .
Número de boletín	10168-07
Iniciativa:	Moción
Cámara de origen:	Cámara de Diputados

El año 2009 el ex senador PS Ricardo Núñez presentó una moción constitucional que buscaba entregar un rol exclusivo al Estado en la explotación del litio, así como otros materiales atómicos. Sin embargo, la propuesta fue archivada. Otra propuesta derivada de esta, fue también presentada por senadores del PS el 10 de mayo de 2012, la que también se encuentra archivada.

Hasta ahora, el litio está definido como un mineral no concesionable, pero sólo en el Código de Minería y no en la Constitución, como ocurre con los hidrocarburos. Las firmas que explotan hoy el producto -léase SQM y la Sociedad Chilena del Litio- lo hacen gracias a contratos con la Corfo, dueña de varios derechos en el Salar de Atacama que concedió antes de la entrada en vigencia del Código (1979), y que en el caso de SQM vencen en 2030.

Por lo anterior, un grupo de diputados hemos decidido rescatar la iniciativa del ex senador Núñez e ingresarla por la Cámara de Diputados para que sea tramitada en forma prioritaria, debido al carácter estratégico que tienen el recurso litio y sus yacimientos para la producción de energía en el mediano y largo plazo.

1. PERSPECTIVAS DEL ESCENARIO ENERGÉTICO MUNDIAL Y NACIONAL.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), “El sistema mundial de energía está en una encrucijada. Las tendencias actuales del suministro y el consumo de energía son claramente insostenibles, tanto

desde el punto de vista ambiental como del económico y social. Estas tendencias pueden -y deben- ser modificadas; todavía hay tiempo para cambiar de rumbo. No es exagerado decir que el futuro de la prosperidad de la humanidad depende de la manera en que sepamos responder a los dos principales que se nos plantean en la actualidad en materia de energía: asegurar un suministro de energía fiable y asequible, y pasar rápidamente a un nuevo sistema de suministro de energía con bajas emisiones de carbono, eficiente y respetuoso del medio ambiente. Lo que hace falta no es nada menos que una revolución energética.”¹

Igualmente, la IEA, ha señalado que “para evitar daños catastróficos e irremediables al clima mundial se requiere en última instancia una importante descarbonización de las fuentes de energía del mundo. De persistir las tendencias actuales, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía y de otros gases de efecto invernadero aumentarán inexorablemente, causando una elevación de la temperatura media mundial en el largo plazo de hasta 6° C.”²

En el caso de Chile, según estudios de la Comisión Nacional de Energía, la demanda eléctrica media del SIC se más que triplicará, pasando de 5.000 MW el 2007 a casi 17.000 MW el 2030 y la máxima de casi 7.500 MW a 22.000 MW en el mismo período. Para el SING, la demanda media (máxima) se duplicará, pasando de 1.400 MW (2.000 MW) a casi 2.700 MW (3.750 MW) en el período.

En este escenario, los países desarrollados y emergentes están llevando a cabo ingentes esfuerzos por diversificar sus matrices energéticas, especialmente a través de la incorporación de energías renovables no convencionales.

De igual modo, el desarrollo de tecnologías cada vez más seguras y eficientes referidas a la generación nucleoelectrónica, ha llevado a diversos países a replantearse las posibilidades de su uso luego del estancamiento que viviera la industria europea y norteamericana de energía nuclear durante los años 70 y 80 por no ser competitiva con las fuentes fósiles. Así, la alternativa nuclear adquiere cada vez más

¹ International Energy Agency, World Energy Outlook 2008.

² Idem anterior.

relevancia debido que los costos de producción de energía son altamente competitivos en relación a otras fuentes y a que las centrales no emiten gases de efecto de invernadero contribuyendo a disminuir el peligro del calentamiento global a que se encuentra expuesto el planeta.

Los países con mayor número de plantas en funcionamiento son Estados Unidos con 104, Francia con 59, Japón 56 y España 8.

Según la IEA, en la Unión Europea el 38% de la energía eléctrica producida es nuclear. En Francia es el 78, 5%, en Lituania es de 69,6%, en Eslovaquia de 56,1%, Bélgica el 55,6%, en Ucrania es de un 48,5%, Suecia el 44,9%, en Alemania el 31% y en España el 19%. En América Latina Argentina genera el 6,9%, México el 5,0% y Brasil el 2,5%.

A nivel mundial la generación de electricidad a partir de la tecnología nuclear se ha estabilizado en el orden del 16% según el ingeniero chileno Julio Vergara. No obstante, el mundo está tomando esta opción como una real alternativa a futuro.

Actualmente, varios países desarrollados están reactivando sus programas de energía nuclear, mientras que algunos países en desarrollo consideran la adopción de uno de estos programas. Prueba de ello, es el programa nuclear que llevará a cabo Argentina, la Iniciativa de Cooperación Nuclear entre Estados Unidos e India y el acuerdo recientemente celebrado entre el país del norte e Italia que tiene por objeto reducir las emisiones contaminantes a través de las energías nuclear y renovables y que significará el desarrollo de una docena de reactores. Italia es el único país miembro del G-8 sin capacidad nuclear. Ahora, el objetivo es que un cuarto de la energía consumida por los italianos proceda de centrales atómicas, lo que ayudaría a reducir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles y reduciría las emisiones de dióxido de carbono.

Sin embargo, este desarrollo se encuentra limitado, entre otras razones, debido a las dificultades y peligros que encierran la disposición de los residuos de uranio enriquecido (radioactividad). Por ello, los países que cuentan con mayor capacidad de generación nuclear se encuentran abocados al desarrollo de plantas nucleoelectricas que utilicen como combustible el torio y también de reactores nucleares de fusión que utilizarían al litio como generador de combustible.

2. IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES ATÓMICOS NATURALES (TORIO Y URANIO) Y EL LITIO PARA LA HUMANIDAD Y EN PARTICULAR PARA CHILE.

En los últimos años el aumento de la población, la disminución progresiva de las reservas de hidrocarburos, el desarrollo económico de países populosos, la inestabilidad política de algunas regiones y la percepción de un cambio climático asociado a las emisiones derivadas del aumento en la tasa de uso de los hidrocarburos, ha tenido como resultado un considerable aumento del costo de la energía.

A consecuencia de esta situación se está buscando soluciones en diversas direcciones, como energía solar, eólica, hidráulica, termal, carbonífera, gas libre o asociado al petróleo, gas asociado al carbón, biomasa, energía asociada a mareas y oleaje, fisión nuclear, fusión nuclear y disminución del consumo de energía a través de cambios en los estilos de vida que fomenten el uso eficiente de la energía.

A pesar de una cierta aversión pública hacia el desarrollo masivo de la energía nuclear, mayormente debida a los accidentes de Three Mile Island en los Estados Unidos, el desastre de Chernobyl en Ucrania y recientemente en Japón, su bajo impacto ambiental debido al hecho de que no tiene emisiones que aporten al efecto invernadero, han dado lugar a un renacimiento del apoyo a la núcleo-electricidad. De especial interés es el hecho de que el costo de la núcleo-electricidad depende poco del costo del combustible.

Se está desarrollando actualmente la tercera generación de reactores nucleares (Hore-Lacy, 2006). La primera generación ocurrió en los años 1950-1960. La segunda generación está tipificada por los reactores que usa la fuerza naval de los Estados Unidos, la cual es la base para la tercera generación. La cuarta generación está apenas comenzando y no tendrá productos antes del año 2020 (Hore-Lacy, 2006).

La tercera generación de reactores tiene en la actualidad diseños estándar, costos reducidos de capital, menor tiempo de construcción y obtención de permisos, más solidez en sus instalaciones, la incorporación de medidas "pasivas" de seguridad y, en algunos casos, construcción por módulos.

Pareciera que la núcleo-electricidad va a tener un papel mundialmente importante en los próximos decenios. El combustible para los reactores previsibles es el uranio, aunque la India está

desarrollando un reactor basado en el uso del torio como combustible, ya que no cuenta con importantes reservas de uranio. A su vez, ya se trabaja en el primer reactor de fusión experimental (ITER) que se espera esté en operación a partir del año 2017 y en el reactor demostrativo (DEMO) de 2,0 GW de potencia que será el primer reactor de fusión en generar electricidad, proveyéndose de Tritio a partir de generadores de litio.

3. EL VALOR ESTRATÉGICO DE LOS MATERIALES ATÓMICOS NATURALES Y EL LITIO.

a. El uranio

El uranio es un mineral que se encuentra en la naturaleza bajo 150 formas diferentes. Es así como se puede presentar en forma primaria (como Uranita), en forma oxidada, o en forma refractaria. También se le puede encontrar como subproducto en la fabricación de fosfatos, en las minas de Cobre o en el agua de mar.

La composición del uranio natural es de aproximadamente 99,3% en el isótopo del uranio 238, y de un 0,7% en uranio 235.

Las mayores reservas de uranio se encuentran en África, específicamente en Namibia, Níger, Gabón y Sudáfrica. En Sudamérica destacan las reservas de Argentina y Brasil.

Sin embargo, los principales productores de uranio, en cifras del año 2007, son Canadá (23%), Australia (20%), Kazajstán (16%), Namibia (9%), Federación de Rusia (8%), Níger (7%), Uzbekistán (5%) y Estados Unidos (4%).

El año 2008, el Organismo Internacional de Energía Atómica de la ONU y la AEN/OCDE publicaron conjuntamente la última actualización del “Libro Rojo” bienal sobre recursos, producción y demanda de uranio. La producción mundial de uranio en 2007 fue de 42 500 toneladas (t U), lo que representa un incremento del 7% en comparación con el año 2006. En 2008 la producción registró un aumento similar y las previsiones indican que la producción mundial total será de más de 45 000 t U. El uranio recién extraído permitió satisfacer alrededor de las dos terceras partes de las necesidades mundiales para los reactores de potencia, cifradas en ~68 000 t U. El resto de la demanda se cubrió con fuentes secundarias, como las reservas civiles y militares, la degradación de UME de uso militar, el uranio

reprocesado a partir de combustible gastado, el combustible de mezcla de óxidos (MOX) con uranio 235 parcialmente sustituido por plutonio 239 a partir de combustible gastado reprocesado, y el nuevo enriquecimiento de residuos de uranio empobrecido.

En el referido Libro Rojo se señala que, al ritmo de consumo actual, los recursos alcanzarían para 83 años, y los resultados preliminares de un proyecto para analizar la oferta de uranio en 2060 indican que en ese entonces habría recursos naturales de uranio en cantidad suficiente. No obstante, en el futuro el acceso a dichos recursos estará en función de las fuerzas del mercado y la aceptación del público.

b.- El Torio.

Por su parte, el torio es una sustancia química radiactiva que ocurre naturalmente en el ambiente. En el medio ambiente, el torio existe en combinación con otros minerales tal como sílice. Hay pequeñas cantidades de torio en las rocas, el suelo, el agua, y en plantas y animales. El suelo contiene un promedio de cerca de 6 partes de torio por millón de partes de tierra (6 ppm). Es uno de los elementos de la serie de los actínidos. Es radiactivo con una vida media de aproximadamente 1.4×10^{10} años.

De acuerdo al catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla, Manuel Lozano “si se hace un balance de masa y energía, resulta que cierta cantidad de torio ofrece unas 40 veces más energía que la misma de uranio” además, “el torio resulta que es prácticamente inútil para la proliferación de armas nucleares y que sus fragmentos de fisión y los transuránicos que produce su absorción de neutrones representan unos residuos mucho menos radioactivos que los del uranio.”

En efecto, comparado con ciclos de combustible de uranio, usando torio como combustible nuclear no produce plutonio y menores cantidades de otros isótopos transuránicos.

El Reporte de mayo 2000 de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) ha identificado muchas incentivas recomendando el uso de torio, incluyendo asuntos de preocupación del público acerca del uso de desechos de alta radioactividad y larga vida además de las grandes reservas de plutonio que pueden usarse para la proliferación de armamentos nucleares. También se consideraron otros aspectos

del ciclo de combustible basado en torio incluyendo la posibilidad de producir ^{233}U y incinerar isótopos radioactivos tóxicos de larga vida, y las motivaciones económicas necesarias para que el dueño/ operador invierta en hacer cambios comerciales.

El Instituto de Elementos Transuránicos ha dicho que el concepto del ampliador de energía con combustible torio crea un reactor que genera mucho menos desechos de actinida transuránico y reduce substancialmente el riesgo de proliferación de armamentos nucleares.

De acuerdo al US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, de enero de 1999, las principales reservas conocidas de torio se encuentran en Australia (t300.000) e India (t290.000) y le siguen Noruega, EE.UU., Canadá, Sudáfrica y Brasil.

c. El Litio

El litio es un elemento metálico, el tercero en la Serie Periódica de Elementos, con un peso atómico igual a 6.939. Es el elemento metálico más liviano que se conoce, siendo su peso específico de 0.534 a 20°C . Su punto de fusión es de 180°C y hierve a 1.336° , presentando así el mayor rango líquido entre los metales alcalinos. Asimismo, el litio posee el átomo más pequeño y más liviano de todos los metales, sólo dos elementos, hidrógeno y helio, ambos gases, tienen átomos más livianos.

En los últimos 15 años el uso del litio se encuentra directamente asociado a la tecnología, industria que está en permanente expansión. Los principales rubros que utilizan este metal están todos vinculados de modo directo o indirecto con la energía. En efecto, sus usos son baterías basadas en materiales que contienen litio, las aleaciones de litio-aluminio y el uso del litio como alimentador en la producción de tritio para los reactores de fusión nuclear.

Las baterías basadas en materiales que contienen litio por ser más duraderas y desarrollar más potencia que las baterías convencionales de plomo-ácido, constituyen una tecnología que en la actualidad alimenta los llamados automóviles híbridos y que seguramente cuando se desarrolle completamente permitirá la construcción crecientemente masiva de automóviles eléctricos reemplazando así al motor de combustión de hidrocarburos, con los consiguientes impactos económicos y ecológicos.

A su vez, el litio en aleación con aluminio, produce un metal mucho más resistente y liviano que las aleaciones de acero y titanio que actualmente se utilizan en la construcción de la estructura de los aviones. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos, la próxima generación de aviones comerciales estará construida de aleaciones litio-aluminio, permitiendo de esa forma ahorros importantes de combustible.

El uso del litio como generador de tritio en los reactores nucleares de fusión está en plena etapa de investigación. Dado que el tritio se encuentra en cantidades despreciables en la naturaleza, se ha determinado que una de las formas comercialmente más viables de producirlo es a partir del litio en un reactor de fusión.

Estudios realizados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, en particular el informe elaborado por el Dr. Marcelo Zambra, el 12 de agosto de 2008, denominado “Importancia del Litio en el Futuro Proceso Comercial de la Fusión Nuclear”, indican que *“La producción a gran escala de energía eléctrica a partir de reactores de fusión nuclear estaría consolidada al año 2100.”* y que *“Según los pronósticos de uso y consumo de Litio para los reactores de fusión, sería necesario entre 6,3 y 8,9 toneladas anuales de Litio para generar 1,5 GW durante 8000 Hrs.”*. Concluyendo que, *“Se desprende del análisis de este informe que el Litio debería ser catalogado como material estratégico.”*

No obstante estos tres importantes y estratégicos usos del litio vinculados estrechamente con la energía, la mayor demanda actual de litio se encuentra en la producción de aluminio, fabricación de materiales cerámicos, vidrios, grasas lubricantes y en productos químicos y farmacéuticos.

4. PRESENCIA DEL LITIO, EL URANIO Y EL TORIO EN CHILE.

a. Producción de litio en Chile

De los 10 millones de toneladas métricas de reservas conocidas de litio que existen en el planeta, cerca de nueve millones están ubicados en Bolivia, Argentina y Chile. De esas reservas, cerca del 45% están ubicadas en Chile, en el Salar de Atacama, en forma de salmueras, siendo el Salar de Uyuni, en Bolivia la principal reserva mundial conocida.

La demanda de litio ha aumentado entre un 7% y 8% anual durante los últimos 10 años, lo que ha llevado a que el precio del carbonato de litio haya aumentado desde los US\$ 1.760 por tonelada hasta los US\$ 6.000, equivalentes a poco más de 3 millones de pesos.

Según el Banco Central, entre 1998 y 2008 las exportaciones mineras de este metal han crecido desde los US\$39,3 millones a los US\$220,2 millones, lo que equivale a un 460,3%.

Chile y Argentina entregan hoy poco más del 55% del litio que demandan los países industrializados, abasteciendo los requerimientos de Estados Unidos casi completamente.

En Chile, sólo dos compañías producen este mineral: SQM, líder en este mercado (55%), y la Sociedad Chilena del Litio, empresa filial de la compañía alemana Chemetall. Entre ambas produjeron unas 12 mil toneladas el año 2008.

b. Presencia del uranio en Chile:

De acuerdo a información de prensa existiría uranio en nuestro país en cantidad suficiente como para su explotación comercial. El uranio se encuentra en bajas concentraciones en el suelo, el agua y asociado a diversos minerales, principalmente la uraninita y también es un subproducto de la producción del cobre, oro y fosfatos.

En prospecciones realizadas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) con el apoyo de la Agencia Internacional de Energía Atómica, los informes preliminares habrían sido auspiciosos, faltando mayores investigaciones.

En 1985, la CCHEN presentó una carta pronóstico que abarca desde Tarapacá hasta Rancagua, señalando que “Chile presenta condiciones para la explotación de uranio que van de medianamente favorables a favorables”.

Uno de los sondeos exitosos efectuados para llevar a cabo ese estudio tuvo lugar en la “Productora”, en la región de Atacama. Asimismo, se ha determinado que la mina de fosforita al sur de Bahía Inglesa podría obtener hasta 300 toneladas de uranio como un derivado del ácido fosfórico, aunque esa planta no cuenta con el circuito para recuperarlo.

En algunos yacimientos de la gran minería se produce concentración de uranio en los circuitos primarios de lixiviación, aunque tampoco se extrae.

Informaciones recientes, octubre de 2009, señalan que la minera australiana Aragón Resources anunció la compra de la empresa júnior Hot Chili Limited, cuyo principal activo era la propiedad de algunos prospectos de minería de uranio en territorio chileno. Los prospectos mineros (Productora, Los Mantos y Chile Norte) están ubicados cerca de la cordillera de la costa de la zona centro-norte del país, cercano a las minas de cobre Candelaria y Mantos Blancos.

Igualmente, el año 2007, la compañía inglesa U3O8 Holdings anunció el descubrimiento de importantes concentraciones de uranio cerca de Concepción, pero con el tiempo fue relativizando su relevancia, y hoy, de cinco prospectos que mantenía bajo su propiedad, sólo estaría desarrollando tres.

c. Presencia de torio en Chile

La minera canadiense Polar Star Mining, al sur de Calama en la región de Antofagasta, cuenta con un yacimiento con potencial de uranio y torio. Con 19 concesiones de exploración y 5.000 hectáreas, el proyecto Tulipán ha sido analizado con un espectrómetro de rayos gama Exploranium GS135 y ha encontrado uranio y torio con valores de entre 15 ppm y 250 ppm y 200 ppm y 1.100 ppm respectivamente.

5. RÉGIMEN JURÍDICO DE LOS MATERIALES ATÓMICOS NATURALES Y DEL LITIO.

a.- Estatuto Jurídico de los materiales atómicos naturales

De acuerdo al artículo 19 N° 24 de la Constitución el uranio y el torio son sustancias susceptibles de concesión minera. No obstante lo anterior y en virtud del artículo 15 de la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, que otorga valor estratégico a los productos minerales en los que el torio o el uranio tengan presencia significativa, su explotación está sujeta a un régimen de regulación especial establecido en el artículo 10 del Código de Minería que otorga al Estado, al precio y modalidades habituales del mercado, el derecho de primera opción de compra de los productos mineros originados en explotaciones mineras desarrolladas en el país en los que el torio o el uranio tengan presencia significativa.

Por su parte, la ley 16.319 que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear, en su artículo 3° letra d), expresa que son facultades de esta Comisión, entre otras, la de “fomentar... la exploración, la explotación

y el beneficio de materiales atómicos naturales”, definiendo al uranio y el torio como un material atómico natural en su artículo 2°.

A su vez, el artículo 8° de la citada ley, expresa que por exigirlo el interés nacional “los materiales atómicos naturales -como el uranio y el torio- y el litio extraídos, y los concentrados, derivados o compuestos de aquellos y éste, no podrán ser objeto de ninguna clase de actos jurídicos sino cuando ellos se ejecuten o celebren por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con ésta o con su autorización previa.”.

b. Estatuto jurídico del litio

- Constitución Política de la República

La Constitución Política de la República, establece en el artículo 19° N° 24 inciso sexto, que “El Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todas las minas, comprendiéndose en éstas las covaderas, las arenas metalíferas, los salares, los depósitos de carbón e hidrocarburos y las demás sustancias fósiles, con excepción de las arcillas superficiales, no obstante la propiedad de las personas naturales o jurídicas sobre los terrenos en cuyas entrañas estuvieren situadas. Los predios superficiales estarán sujetos a las obligaciones y limitaciones que la ley señale para facilitar la exploración, la explotación y el beneficio de dichas minas.”.

A su vez, el inciso séptimo de la misma norma constitucional, en su primera parte, señala: “Corresponde a la ley determinar qué sustancias de aquellas a que se refiere el inciso precedente, exceptuados los hidrocarburos líquidos o gaseosos, pueden ser objeto de concesiones de exploración o explotación.”.

Por su parte, el inciso décimo del mismo artículo 19° N° 24, señala que: “La exploración, la explotación o el beneficio de los yacimientos que contengan sustancias no susceptibles de concesión, podrán ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación, con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije, para cada caso, por decreto supremo. El Presidente de la República podrá poner término, en cualquier tiempo, sin expresión de causa y con la indemnización que corresponda, a las concesiones administrativas o los contratos de operación relativos a explotaciones ubicadas en zonas declaradas de importancia para la seguridad nacional”.

- Ley orgánica constitucional sobre concesiones mineras de 1982.

El artículo 3° de este cuerpo legal, establece que: “No son susceptibles de concesión minera los hidrocarburos líquidos o gaseosos, el litio, los yacimientos de cualquier especie existentes en las aguas marítimas sometidas a la jurisdicción nacional ni los yacimientos de cualquier especie situados en todo o en parte, en zonas que, conforme a la ley, se determinen como de importancia para la seguridad nacional con efectos mineros, sin perjuicio de las concesiones mineras válidamente constituidas con anterioridad a la correspondiente declaración de no concesibilidad o de importancia para la seguridad nacional. No se consideran sustancias minerales las arcillas superficiales, las salinas artificiales, las arenas, rocas y demás materiales aplicables directamente a la construcción, todas las cuales se rigen por el derecho común o por las normas especiales que a su respecto dicte el Código de Minería.”.

- Código de Minería de 1983.

El artículo 7° del Código de Minería establece: “No son susceptibles de concesión minera los hidrocarburos líquidos o gaseosos, el litio, los yacimientos de cualquier especie existentes en las aguas marítimas sometidas a la jurisdicción nacional ni los yacimientos de cualquier especie situados, en todo o en parte, en zonas que, conforme a la ley, se determinen como de importancia para la seguridad nacional con efectos mineros, sin perjuicio de las concesiones mineras válidamente constituidas con anterioridad a la correspondiente declaración de no concesibilidad o de importancia para la seguridad nacional.”.

A su vez, el artículo 8° señala que: “La exploración o la explotación de las sustancias que, conforme al artículo anterior, no son susceptibles de concesión minera, podrán ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación, con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije, para cada caso, por decreto supremo.”.

Por su parte, el artículo 9° establece que “Podrá constituirse concesión minera sobre las sustancias concesibles de un yacimiento, aunque éste contenga también sustancias no concesibles. Se deberá comunicar al Estado la existencia de las sustancias no concesibles que

se encuentren con ocasión de la exploración, de la explotación o del beneficio de las sustancias procedentes de pertenencias. El Estado podrá exigir a los productores que separen, de los productos mineros, la parte de las sustancias no concesibles que tengan presencia significativa en el producto, es decir, que sean susceptibles de ser reducidas o separadas desde un punto de vista técnico y económico, para entregársela o para enajenarlas por cuenta de él. Mientras el Estado no formule esa exigencia al productor, se presumirá de derecho que las sustancias no concesibles contenidas en los productos mineros respectivos no tienen presencia significativa en ellos.

El Estado deberá reembolsar, antes de la entrega, los gastos en que haya incurrido el productor para efectuar la reducción y entrega y, además, deberá costear las modificaciones y las obras complementarias que fuere necesario realizar para operar la reducción o separación en el país, caso en el cual también pagará las indemnizaciones de los perjuicios que se ocasionen con motivo de la realización de esas modificaciones y obras complementarias. Estas últimas obras serán de propiedad estatal.

El incumplimiento de las obligaciones que este artículo impone a los productores les hará incurrir en una multa, que aplicará el juez sujeta, en lo demás, a las normas del artículo 11.

En todo caso, si se enajenan sustancias no concesibles cuya entrega haya exigido el Estado conforme al inciso segundo, el monto de la multa será la cuarta parte del valor de las sustancias enajenadas, sin perjuicio de la obligación de entregarle su precio sin deducción alguna.

Las referencias al Estado de este artículo se entenderán hechas a la Comisión Chilena de Energía Nuclear, tratándose del litio; y al Ministerio de Minería, tratándose de hidrocarburos líquidos o gaseosos.

Todas las cuestiones que suscite la aplicación de este artículo serán resueltas por el juez respectivo.”

- Decreto ley N° 2.886 de 14 de noviembre de 1979.

El artículo 5° de este decreto señala que: “Por exigirlo el interés nacional, desde la fecha de vigencia de este decreto ley, el litio queda reservado al Estado.

Se exceptúa de lo dispuesto en el inciso anterior solamente:

a) El litio existente en pertenencias constituidas, sobre litio o sobre cualquiera de las sustancias del inciso primero del artículo 3° del Código de Minería, que, a la fecha de publicación de este decreto ley

en el Diario Oficial, tuvieren su acta de mensura inscrita, se hallaren vigentes, y cuya manifestación, a su vez, haya quedado inscrita antes del 1° de Enero de 1979.

b) El litio existente en pertenencias que, a la fecha de publicación de este decreto ley en el Diario Oficial, estuvieren en trámite y que lleguen a constituirse sobre litio o sobre cualquiera de las sustancias del inciso primero del artículo 3° del Código de Minería, siempre que el proceso de constitución de tales pertenencias se hubiere originado en una manifestación que haya quedado inscrita antes del 1° de Enero de 1979.

Una ley regulará la forma en que el Estado ejercerá los derechos que le corresponden sobre el litio que se le reserva en virtud de este artículo.”.

A su vez, el artículo 6° de este decreto ley, sustituye el artículo 8° de la Ley N° 16.319, que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear, estableciendo que: “Por exigirlo el interés nacional, los materiales atómicos naturales y el litio extraídos, y los concentrados, derivados y compuestos de aquéllos y éste, no podrán ser objeto de ninguna clase de actos jurídicos sino cuando ellos se ejecuten o celebren por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con ésta o con su autorización previa. Si la Comisión estimare conveniente otorgar la autorización, determinará a la vez las condiciones en que ella se concede. Salvo por causa prevista en el acto de otorgamiento, dicha autorización no podrá ser modificada o extinguida por la Comisión ni renunciada por el interesado.”.

6. ALCANCES SOBRE EL ESTATUTO JURÍDICO DEL LITIO Y LOS MATERIALES ATÓMICOS NATURALES EN CHILE.

A la luz de las normas expuestas es evidente que el litio sólo tiene el carácter de sustancia no concesible, en virtud de la ley orgánica constitucional de concesiones mineras y el Código de Minería, más no de la Constitución Política de la República.

En efecto, la Constitución solamente se encarga de otorgar el carácter de no concesible, de un modo directo y literal, a los hidrocarburos líquidos y gaseosos y señalar genéricamente que habrán sustancias no susceptibles de concesión y que la exploración, la explotación o el beneficio de ellas, podrá ejecutarse por el Estado de un modo directo o por sus empresas o a través de concesiones administrativas o contratos especiales de operación.

De igual modo, el carácter estratégico del litio sólo se encuentra indirectamente amparado en la legislación orgánico-constitucional y más particularmente en el ya referido decreto ley.

En consecuencia, bastaría una reforma a ley orgánica constitucional respectiva para que el litio perdiera su condición de sustancia no concesible y que por tanto, pudiera estar afecta al régimen normal de concesiones mineras que establece la propia Constitución.

Por su parte, tanto el uranio como el torio tienen el carácter de sustancias libremente concesibles. Sin embargo, dado el valor estratégico que les asigna la ley orgánica constitucional sobre concesiones mineras, el Estado tiene, por disposición del Código de minería, en este caso, la opción preferente de compra. Sin perjuicio de ello, el artículo 8° de la ley que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear, establece expresamente que “Por exigirlo el interés nacional, los materiales atómicos naturales y el litio extraídos, y los concentrados, derivados y compuestos de aquéllos y éste, no podrán ser objeto de ninguna clase de actos jurídicos sino cuando ellos se ejecuten o celebren por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con ésta o con su autorización previa.”

En virtud de los fundamentos expuestos, y en especial del carácter estratégico que tendrían los materiales atómicos naturales y el litio para el desarrollo nacional y mundial, vengo en presentar el siguiente proyecto de reforma constitucional

Reforma Constitucional

1. Agréguese en el artículo 19, número 24, inciso séptimo, a continuación de la coma (,) que sigue a la palabra “gaseosos”, la siguiente frase: “los materiales atómicos naturales y el litio.”.
2. Agréguese en el artículo 19, número 24, a continuación del inciso décimo, el siguiente inciso nuevo: “Por exigirlo el interés nacional, los materiales atómicos naturales y el litio quedan reservados al Estado. La exploración, explotación o el beneficio de éstos, sólo podrá ejecutarse directamente por el Estado o sus empresas.”.

Fuente: https://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=10593&prmBoletin=10168-07

ANEXO 3

PROGRAMA INSTITUCIONAL INTERDISCIPLINARIO DE INTERVENCION SOCIOAMBIENTAL

El contexto institucional

La gestión soberana de los recursos naturales necesita una estrategia donde las universidades y la comunidad científica en general jueguen un papel fundamental. En este sentido, desde la Universidad Nacional de Quilmes hacemos un pequeño aporte desde la docencia y la investigación con el fin de consolidar dichos procesos. Hacia el final del documento describiremos brevemente en qué consiste este aporte.

Para poner en contexto nacional este trabajo, vamos a describir rápidamente cómo aparece el problema ambiental dentro del Sistema de Ciencia y Tecnología de Argentina. A partir de 2007, la Secretaría de Ciencia y Tecnología se transforma en un Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). Esta acción refleja la voluntad de cambio en las políticas de Ciencia y Tecnología, acordes con las políticas de desarrollo nacional y con un nuevo proyecto nacional.

Para señalar dos organismos importantes en esta línea, hacemos referencia por un lado, a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica¹. Este organismo nacional, dependiente del MINCyT, tiene como objetivo promover y financiar proyectos orientados a me-

¹ “La Agencia a través de sus cuatro fondos promueve el financiamiento de proyectos tendientes a mejorar las condiciones sociales, económicas y culturales en la Argentina. Las líneas de financiamiento que administran los mismos, cubren una amplia variedad de destinatarios desde científicos dedicados a investigación básica, hasta empresas interesadas en mejorar su competitividad a partir de la innovación tecnológica”. <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/frontend/agencia/post/555>

jorar las condiciones sociales, económicas y culturales de la población, vía la promoción de investigaciones científico-técnicas y la innovación productiva. Por otro lado, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)², organismo autárquico que en los últimos años incrementó significativamente el número de becarios e investigadores en todas las disciplinas, fomentando cada vez más la vinculación entre la investigación y las áreas estratégicas del desarrollo³.

En el año 2011, el MINCyT puso en primer plano la temática ambiental a través del *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Argentina innovadora 2020*. Este Plan se propuso fijar los principales “lineamientos para los próximos años de la “política científica, tecnológica y de innovación” para el país. En estos lineamientos se vincula la innovación inclusiva como las acciones orientadas a la creación y el uso del conocimiento científico, la producción tecnológica y la innovación dirigidas al desarrollo social, a la economía social y *al cuidado del ambiente*. En este marco, la temática ambiental quedó inscrita como un área estratégica del desarrollo nacional⁴:

“El desarrollo de la producción y el empleo debe apoyarse en un marco de patrones sustentables que tenga como ejes principales el cuidado del ambiente y la calidad de vida de la población. El conocimiento científico y la adopción de tecnologías apropiadas son herramientas indispensables para preservar y asegurar una utilización racional de los abundantes recursos naturales con que cuenta Argentina.” (Argentina 2020, 32)

² “Constituyen el eje de las acciones de CONICET: las Carreras del Investigador Científico y Tecnológico y del Personal de Apoyo a la Investigación, el otorgamiento de becas para estudios doctorales y posdoctorales, el financiamiento de proyectos y de unidades ejecutoras de investigación y el establecimiento de vínculos con organismos internacionales gubernamentales y no gubernamentales de similares características”. <http://web.conicet.gov.ar/web/11680/8>

³ Según una reciente entrevista del director de CONICET, el Dr. Salvarezza, el sistema científico se robusteció significativamente desde el año 2003. Se incrementó el presupuesto de Conicet de 260 millones a 5200 millones; se pasó de 3000 a 9000 investigadores, de 1800 a 10.000 becarios; de 100 a 250 institutos de ciencia. Además, se implementaron distintos proyectos de vinculación de investigaciones o proyectos de áreas estratégicas como proyecto CONICET-YPF. En <http://www.pagina12.com.ar/diario/ciencia/19-279632-2015-08-19.html>

⁴ http://www.mincyt.gob.ar/publicaciones#anc_8063

Es interesante señalar que entre los cinco núcleos socio-productivos estratégicos que este Plan Nacional tiene previstos, el sector de Ambiente y Desarrollo Sustentable es uno de estos núcleos fundamentales. A partir de este Plan hay un cambio y el tema del ambiente se vuelve explícito y relevante dentro de las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Vamos a destacar ciertos ítems en el sector de Ambiente, en el sector de Energía y en el sector de Industria, que resultan temas relevantes en términos ambientales y que tienen que ver con lo que vamos a presentar más adelante sobre la UNQ. Es importante tener en cuenta un punto estratégico de este Plan en el marco de los enunciados de este documento: la transformación de los recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado. Los ítems son los siguientes:

Núcleos Productivos Estratégicos⁵

Sector Ambiente y Desarrollo Sustentable

1. Sistemas de captura, almacenamiento y puesta en disponibilidad de datos ambientales
2. Recursos hídricos
3. Restauración de ambientes degradados
4. Reducción de las emisiones de gases con efectos invernadero (GEIs)
5. Reciclado de distintas corrientes de residuos
6. Valoración económica, medición y evaluación de servicios ecosistémicos

Sector Energía

1. Aprovechamiento de Energía Solar

⁵ http://www.mincyt.gob.ar/publicaciones#anc_8063

Sector Industria

1. Transformación de recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado.

Nuestro trabajo en el PIIIdISA tiene relación directa con al menos tres de estos ítems estratégicos: a) el proyecto de Territorios Vulnerables con Recursos hídricos y Restauración de ambientes degradados⁶; b) el proyecto de Residuos Sólidos Urbanos en Quilmes con el Reciclado de distintas corrientes de residuos⁷; y c) el Proyecto de Diagnóstico Integral del Litio con la Transformación de recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado⁸.

La UNQ y los estudios ambientales

El área de Estudios Ambientales en la Universidad Nacional de Quilmes se conformó recientemente. Hasta 2008, la docencia, la investigación, la extensión que involucraba el tema de ambiente era abordado por motivaciones e iniciativas individuales de distintos

⁶ Que refieren a la “Incorporación de tecnologías para desarrollar sistemas de potabilización y tratamiento de líquidos residuales domésticos, urbanos e industriales” y a “Tanto las ingenierías como las tecnologías tradicionales y novedosas (por ejemplo, Biotecnología, la Nanotecnología y las TICs) pueden contribuir a la restauración de sistemas ambientales afectados por degradación de diversos tipos. Además pueden ser utilizadas para el tratamiento de aguas residuales para producir agua limpia (o efluentes tratados), con aptitud para ser dispuesta en un cuerpo receptor o reutilizada por el hombre.” http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?page_id=201

⁷ “El reciclado apunta a tratar por vía mecánica o fisicoquímica materias o productos ya utilizados para obtener materias primas o nuevos productos, la incorporación de desarrollos y procesos tecnológicos permiten el tratamiento y generación de diversos usos de residuos a fin de mitigar la problemática de las áreas de disposición final.” http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?page_id=201

⁸ Comprende actividades tales como el aprovechamiento de los yacimientos de cobre, oro y plata como soporte de la industria eléctrico electrónica. Se intensificará la utilización de arcillas para el desarrollo de materiales nano compuestos basados en nano arcillas. *Aprovechamiento de yacimientos de litio para la producción de material de base de alta pureza para fabricar baterías de litio.*

http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?page_id=201

profesores e investigadores, pero no había un cuerpo sistemático de trabajo sobre la temática ambiental.

A principios de 2009 comenzó a dictarse un curso de Economía Ecológica dentro de la carrera de Economía Internacional. En su inicio causó un poco de escepticismo, pero desde que comenzó a dictarse fue incrementándose la inscripción de estudiantes de esta carrera y otras de la misma universidad. Esta materia se replicó a nivel de posgrado y está presente en la Maestría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y en el Doctorado en Desarrollo Económico de la UNQ.

Ese mismo año, se convocó un equipo interdisciplinario conformado por biotecnólogos, biólogos, geógrafos, economistas, sociólogos, historiadores con el objetivo de desarrollar y poner en marcha la Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable con un enfoque interdisciplinario y orientado a la gestión ambiental y educación ambiental. Esta maestría ha tenido un excelente desempeño en términos de la cantidad de alumnos tanto del área de Ciencia y Tecnología como de las Ciencias Sociales y de Economía.

El tercer esfuerzo grande por institucionalizar el área ambiental dentro de la Universidad fue la creación de un Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socioambiental (PIIdISA). En el año 2012, el Consejo Superior dispuso por resolución n°231/12 la creación de un Programa Institucional. Mediante este Programa la Universidad Nacional de Quilmes toma intervención sobre la problemática socioambiental en el ámbito territorial de pertenencia en forma interdisciplinaria a partir de la participación conjunta de los Departamentos de Ciencia y Tecnología, Sociales y Economía y Administración de la universidad. A partir de esta resolución, los directores nombrados por el Consejo Superior se abocaron al desarrollo de los principales lineamientos del programa.

El PIIdISA desde su conformación depende directamente del Rectorado, de ahí que sea un programa institucional. En sus fundamentos se plantea la necesaria interdisciplinariedad que se garantiza a partir de la participación de los tres departamentos de investigación y de las perspectivas que aportan las distintas áreas de conocimiento para abordar investigaciones e implementar intervenciones socio-ambientales. La definición de los objetos de estudio en términos interdisciplinarios contribuye decididamente con esta perspectiva de análisis.

El PIIIdISA está organizado en tres subprogramas: UNQ Sustentable, Entorno Territorial y Minería, cada uno de los cuales contienen diversos proyectos de investigación. Además, en 2015 está previsto poner en marcha dos laboratorios: un Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Procesamiento digital de imágenes y un Laboratorio de Metagenómica Ambiental y Biotecnología dirigido por el Co-Director del programa PIIIdISA, Dr. Daniel Ghiringhelli.

Una de las primeras cuestiones que se plantearon al inicio del Programa fue establecer el compromiso de la UNQ con la sustentabilidad ambiental. Para ello pusimos en marcha el *Subprograma Universidad Sustentable* con el desarrollo del Plan maestro de sustentabilidad de la UNQ. Actualmente, una primera instancia del plan se desarrolla como programa piloto de separación de residuos en dos áreas de la universidad: en el Departamento de Economía y Administración y en el Área de Comedor (que es el lugar donde más residuos se generan). El retiro de los materiales potencialmente reciclables se acordó por convenio que fueran retirados por una cooperativa de recolectores urbanos (“cartoneros”) de Don Bosco-Quilmes, con el objetivo de articular una política de inclusión y vinculación de la universidad con el territorio.

Esta estrategia se relaciona con el *Subprograma Entorno Territorial* de la Universidad, desde el cual se desarrollan distintos proyectos. En el marco del proyecto de Residuos Sólidos Urbanos, se asesora y trabaja con el municipio de Quilmes para mejorar y expandir el único programa permanente de retiro diferencial de residuos denominado “Quilmes Recicla”, que opera en la localidad de Don Bosco. Asimismo, se están desarrollando distintos trabajos de fortalecimiento con asociaciones y cooperativas de recolectores urbanos. Por otro lado, en el subprograma se inscribe el proyecto de Determinación de Consorcios Microbianos en Soterramientos de Basura, vinculado al Laboratorio de Metagenómica Ambiental. Además de estos dos proyectos, están en marcha investigaciones vinculadas a Territorios social y ambientalmente vulnerables del Municipio de Quilmes. Se está desarrollando un relevamiento en el barrio de Villa Itatí para determinar las condiciones de vulnerabilidad socioambiental. Por otro lado, finalizó una investigación de Diagnóstico de las condiciones socio-ambientales de la Costa Sur del área metropolitana de Buenos Aires. Ante el avance de proyectos inmobiliarios que quieren construir en esa zona, se decidió

evaluar la biodiversidad de un sector donde perduran selvas marginales y humedales. Concomitantemente, se aprobaron recientemente dos proyectos de investigación: “La dimensión cultural del desarrollo sustentable” y “La industria papelera y el circuito del reciclaje” que están comenzando su ejecución

En el tercer subprograma del PIIDISA, el de Minería, se desarrollan dos proyectos. Por una parte, el diseño e implementación de una compleja base de información de la Mega Minería en Argentina. Por otra, el Diagnóstico Integral del Litio. Ésta investigación se desarrolla desde una perspectiva que analiza la producción del litio como un sistema complejo de interacción del sistema económico y el sistema natural. Frente al avance del extractivismo, este proyecto analiza las distintas dimensiones del modelo productivo del litio en la puna argentina, así como su complemento con Bolivia y Chile y el rol de las comunidades originarias. De esta forma, se espera contribuir a una mayor comunicación entre los tres países que tienen las mayores reservas de litio en salmuera del mundo.

Los modelos institucionales de explotación del litio en estos tres países son diferentes. Así, mientras Bolivia tiene un modelo estatal, Chile y Argentina tienen mayor participación del sector privado transnacional. En el caso de Argentina los recursos naturales están jurisdiccionalmente en mano de las provincias y no de la Nación, en consonancia con las reformas que se hicieron en los años noventa de la mano de los organismos internacionales que impulsaron la privatización y cedieron a las provincias la facultad de otorgar las concesiones. Tres provincias argentinas tienen grandes reservas de litio en salmueras: 1) Catamarca, donde se radicó la norteamericana FMC que desde 1998 exporta unas 10.000 toneladas de carbonato de litio y unas 4.500 tn de cloruro de litio; 2) Salta, donde la australiana AdyResources anunció en 2011 la producción piloto de unas 1.200 tn; y 3) Jujuy, donde la australiana Orocobre junto a la Toyota de Japón acaban de inaugurar el proyecto de litio sobre el Salar de Olaroz, mientras la canadiense Lithium Americas Corp. junto a la surcoreana POSCO, anunciaron el comienzo de la producción piloto sobre el salar de Cauchari. Si bien la casi totalidad de los salares que contienen las reservas de litio están ya concesionados, Jujuy ha declarado al litio como “recurso estratégico” asegurándose una pequeña participación en las concesiones a través de una empresa pública y recientemente ha puesto en marcha con apoyo

de organismos nacionales, un instituto de investigación sobre el litio. Cabe destacar, que el PIIDISA ha impulsado convenios entre la UNQ y la Universidad Nacional de Jujuy para avanzar en la mutua colaboración en los análisis y las propuestas relativas a las reservas de litio.

Finalmente se puede decir que en el Programa Interdisciplinario (PIIDISA) todos los trabajos que se están llevando adelante son pensados desde la complejidad para su abordaje. La producción de un conocimiento que sirva de base para realizar propuestas de acción-no sólo a las políticas públicas sino a las acciones que implementen otros actores de la sociedad- y pensados también desde el encuentro, diálogo e intercambios de saberes; es decir, desde un *encuentro de saberes* que incluye el saber científico, el saber técnico y también el saber popular. En este sentido, estamos innovando, pero con otra forma de pensar la innovación.

Integrantes del PIIDISA:

Dr. Miguel Lacabana (Director)

Dr. Daniel Ghiringhelli (Director)

Mg. Federico Moreno

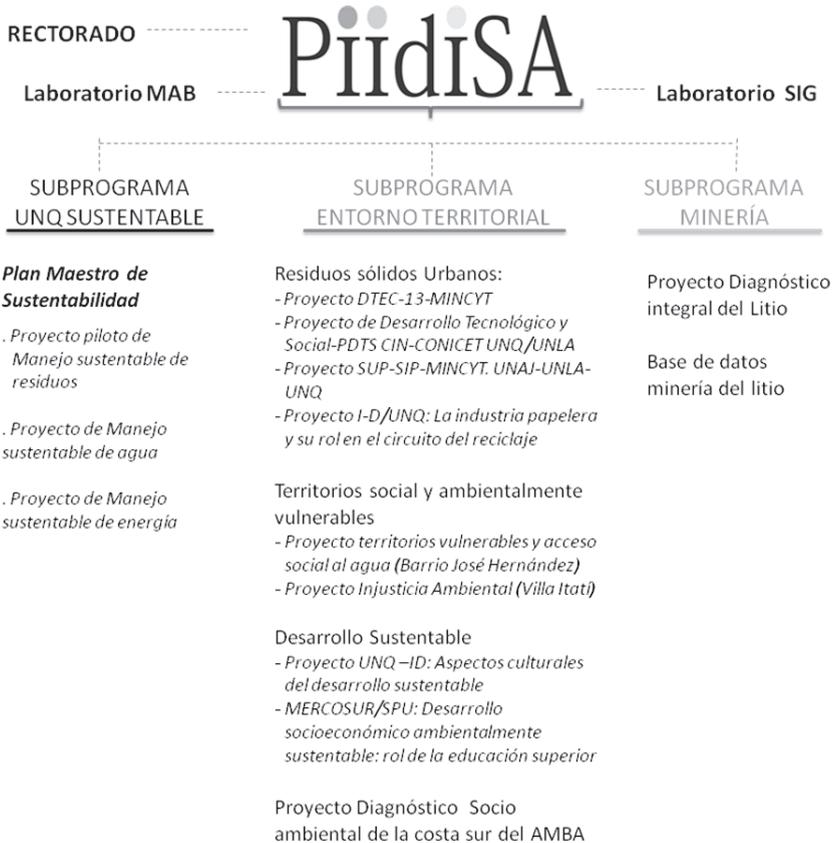
Dr. Pablo Chamber

Lic. Clara Bressano

Lic. Federico Nacif

Lic. Soledad Medina

Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socioambiental



ÍNDICE

Introducción.....	7
-------------------	---

CONTEXTO, CONDICIONES, POTENCIALIDADES

El litio y la Geopolítica de la Integración Sudamericana	17
--	----

Mónica Bruckmann

Una estrategia sudamericana para la gestión soberana de sus recursos naturales.....	18
--	----

Recursos naturales y desarrollo científico-tecnológico	21
--	----

Pensamiento estratégico de Estados Unidos	24
---	----

Fortalecimiento de la Capacidad Nacional - un enfoque global de gobierno	26
---	----

Minerales estratégicos y vulnerabilidad de Estados Unidos.....	27
---	----

América Latina en la geopolítica global.....	30
--	----

La importancia estratégica del litio	35
--	----

Bibliografía.....	44
-------------------	----

Marco económico y energético global: sobre las energías renovables	47
---	----

Roberto Kozulj

Introducción.....	47
-------------------	----

1. Rasgos estilizados del crecimiento económico durante las dos últimas décadas	48
--	----

2. Estilos de vida y consumo de energía: acerca de los límites actuales de las fuentes renovables determinada por las formas de utilización de la energía.....	59
--	----

3. Los cambios observados en el patrón de consumo de energía tras la reconfiguración del sistema productivo y las proyecciones futuras.....	64
---	----

Conclusiones	69
Bibliografía.....	70
Transformaciones disruptivas de los sistemas tecnológicos de baterías e impulsión automotriz: Desafíos tecnoproductivos para Suramérica..... 73	
<i>Alexis Mercado y Karenia Córdova</i>	
Introducción.....	73
Cambios en los sistemas tecnológicos de y en torno de la industria automotriz	76
¿Pueden los sistemas tecnológicos disruptivos promover una revolución tecnológica?	81
Elementos socioinstitucionales que impulsan los cambios en los sistemas tecnológicos	85
El progresivo impacto en la producción y la economía.....	88
Desafíos para Suramérica.....	92
Complementariedad industrial.....	99
Conclusiones	101
Citas bibliográficas	103
La industrialización del litio en América Latina: alternativa productiva para la soberanía energética..... 107	
<i>Iván Aranda Garoz</i>	
Introducción.....	107
Las coordenadas del litio frente a las necesidades globales de almacenamiento de energía.....	113
Vehículos eléctricos y suministros: los efectos tractoros sobre la producción	116
Implicaciones de la selección tecnológica en el modelo de industrialización	120
El problema de la optimización de los parámetros característicos.....	122
Escalas y tecnologías de producción a la carta.....	123
Modelos de negocio: ¿La carta de presentación de los socios?	125
La importancia histórica de la ciencia y la tecnología en la industrialización de América Latina	127

Alcance y alternativas para la industrialización del litio en América Latina.....	131
Prospectiva sobre los sectores del almacenamiento litio-intensivos en América Latina.....	133
Escenarios de desarrollo de la cadena de valor del litio: Industrias y producción	136
Consecuencias de la selección del producto estrella	142
Proyecciones de rentabilidad económica y social	144
Dimensionado a escala regional para el Caso b).....	151
La vanguardia de la industrialización en el marco del ABC del litio latinoamericano.....	153
Los modelos regionales de industrialización: El caso de Bolivia.....	155
Desarrollo en etapas de la cadena de valor e integración regional.....	158
Conclusiones	163
Bibliografía.....	164
¿Secar la tierra para sacar litio? Conflictos socio-ambientales en la minería del litio	171
<i>Axel Anlauf</i>	
Resumen Hidrológico.....	172
Problemas de estudios de impacto ambiental	174
Niveles de extracción y posibles impactos.....	175
Las comunidades locales	179
Conflictos por la minería del litio	181
¿Desarrollo para las comunidades?.....	183
Reflexión final	185
Bibliografía.....	186
Modalidades del litio: Pensando el subsuelo político de un recurso natural.....	193
<i>Nathaniel Freiburger</i>	
Introducción.....	194
1. Recursos naturales y política.....	195

2. ¿Qué contiene un vial?	202
3. Explorar las modalidades, detectar los modos	209
4. El desacuerdo, el litio y lo político	210
Bibliografía.....	214

MODELOS PRODUCTIVOS NACIONALES

El litio en Argentina: de insumo crítico a commodity minero.....	219
<i>Federico Nacif</i>	
1. Introducción: forma social y carácter estratégico	219
2. De reserva pública nacional a concesión privada provincial 1930-1975: Nuevo insumo crítico para el desarrollo nacional	226
3. El litio y las políticas del nuevo desarrollismo sostenible	250
4. Reflexiones finales.....	275
Bibliografía.....	284
Universidad Nacional de Jujuy: litio y desarrollo sustentable	293
<i>Lizardo Gonzalez</i>	
Antecedentes.....	293
Situación Actual.....	294
Instituto de Geología y Minería (IDGyM).....	296
Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas sobre el Litio y sus Aplicaciones Gral. Manuel Savio.....	296
Consorcio Asociativo Público-Privado “Litio Argentino”	297
Comisión Asesora del Rectorado sobre Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico relativos al Litio.....	298
Formación de Capital Humano especializado en Litio: 1ª. Escuela provincial de litio.....	299
Facultad de Ciencias Económicas (FCE) Centro de Estudios en Comercio Internacional (CECI).....	299
Facultad de Ingeniería	300
Instituto de Tecnologías Mineras e Industriales (INTEMI).....	300
Proyectos de Investigación.....	301
Conclusiones	301

Un proyecto 100% estatal. Industrializando Carbonato de Litio y Cloruro de Potasio con dignidad y soberanía	303
<i>Luis Alberto Echazú Alvarado</i>	
Una mirada retrospectiva.....	305
La intervención del Estado en el Salar de Uyuni.....	306
El intento de entrega del Salar de Uyuni a transnacional Lithco Corporation.....	309
Reducción del área de reserva fiscal del Salar de Uyuni	313
Vientos de cambio	314
La iniciativa regional del Sud Oeste	315
Nueva Ley Minera N° 535	319
La Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos	319
Un efímero decreto.....	320
Nuevo impulso al proyecto con la creación de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos	321
La Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos.....	322
Tecnología boliviana en la obtención de Carbonato de Litio del Salar de Uyuni.....	326
Composición del cristal de Li_2SO_4 para la producción de Li_2CO_3	327
La GNRE abastece Cloruro de Potasio al mercado nacional.....	333
Planta Piloto de baterías de ion Litio.....	334
Obras civiles en La Palca.....	335
Descripción y organización de equipos en la planta.....	336
Inversión	337
Avances.....	337
Tecnología.....	338
Perspectivas	339
Impacto económico y social	339
ESPECULACIONES EN TORNO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LITIO EN BOLIVIA	
<i>Juan Carlos Montenegro Bravo</i>	
	340

Reciclaje de residuos del proceso de obtención de carbonato de litio del Salar de Uyuni.....	343
<i>Juan Carlos Montenegro y Edwin Limbert Bustillos</i>	
Introducción.....	343
El yeso sin calcinar	344
El yeso calcinado o fraguable	345
Procedimiento experimental	346
Resultados.....	348
Conclusiones	351
Bibliografía.....	352

Modelo productivo del litio en Chile: antecedentes, procesos productivos, marco legal, avances y proyecciones y evaluación crítica.....	353
<i>Mario Grágeda, Pedro Vargas y Svetlana Ushak</i>	
1. Antecedentes del Litio.....	353
2. Procesos productivos en Chile	359
3. Marco legal de explotación del Litio en Chile y Evaluación Crítica	368
4. Avances y proyecciones	372
Referencias.....	378

Comisión Nacional del Litio en Chile. Principales Conclusiones y Propuestas para una Política Pública	381
<i>Pedro Pavlovic</i>	
Introducción	381
Principales Propuestas para una Política Pública	383
Medidas de Corto Plazo:	386

ANEXOS

Anexo 1.....	389
1. Recursos.....	389
2. Producción primaria	391

3. Demanda global.....	395
4. Glosario básico	398
Anexo 2.....	399
Documentos normativos	399
Anexo 3.....	447
Programa Institucional Interdisciplinario de Intervención Socioambiental	447
El contexto institucional	447
Núcleos Productivos Estratégicos	449