

**HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES**

## INVESTIGACIÓN

**Industria, ciencia y política en el Triángulo del Litio***Fornillo, Bruno\**; *Gamba, Martina\*\****Resumen**

Las baterías de litio están en el centro de un nuevo paradigma energético al ser un reservorio de electricidad para la generación renovable, darle movilidad a los dispositivos eléctricos y fuerza a los vehículos. Los andes sudamericanos contienen las mayores reservas en salares del mundo, pero aun es incierto si a partir de ellas puede realizarse el tránsito y la agregación de valor que va del salar a la baterías. Abordamos, entonces, la interrelación histórica y actual entre ciencia, política e industria de las baterías en Argentina, Bolivia y Chile, para dar cuenta del estado concreto en el que se encuentran estos países para afrontar el desafío de producir localmente los acumuladores de energía. El trabajo se basa en fuentes primarias, secundarias y en entrevistas en profundidad que hemos realizado en los tres países mencionados durante los años 2017 y 2018.

**Palabras clave:** ciencia, tecnología, litio, industria, Sudamérica

---

El presente artículo se escribió en el marco del proyecto de investigación «La energía del Litio en Sudamérica» financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y llevado adelante por el Grupo de Estudios en Geopolítica y Bienes Comunes del IEALC-UBA. Recibido el 28/11/2018 y aceptado el 04/02/2019. DOI: <https://doi.org/10.33255/3058/447>

**Autores:** \*Investigador Adjunto de CONICET en el Instituto de Estudios de América Latina y el Caribe (IEALC), Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires (Argentina). \*\*Becaria posdoctoral de CONICET en el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Universidad Nacional de La Plata/CONICET (Argentina).

**Contacto:** [bmfornillo@gmail.com](mailto:bmfornillo@gmail.com)



## **Industry, science and politics in the Lithium Triangle**

### **Abstract**

Lithium batteries are in the center of a new energy paradigm. Lithium batteries are a reservoir of electricity for renewable generation, give mobility to the electrical devices and give power to the vehicles. The South American plateau contains the largest lithium resources in the world, but it is still uncertain if the transit to the batteries can be made. We analyze, therefore, the historical and current interrelationship between the science, politics and industry of the batteries in Argentina, Bolivia and Chile, to know if these countries are in the face of the challenge of producing locally energy accumulators. The work is based on primary, secondary sources and in depth interviews that we have made in the three countries mentioned during 2017 and 2018.

**Keywords:** science, technology, lithium, industry, South America

## **Indústria, ciência e política no Triângulo do Lítio**

### **Resumo**

As baterias de lítio estão no centro de um novo paradigma energético, sendo um reservatório de eletricidade para a geração renovável, dando mobilidade aos dispositivos elétricos e força aos veículos. Os Andes sul-americanos contêm as maiores reservas em sal do mundo, mas ainda é incerto se a partir delas podem ser feitos o trânsito e a geração de valor agregado que vão do sal às baterias. Abordamos, então, a inter-relação histórica e atual entre ciência, política e indústria das baterias na Argentina, Bolívia e Chile, para dar conta do estado concreto em que esses países se encontram para enfrentar o desafio de produzir localmente os acumuladores de energia. O trabalho é baseado em fontes primárias, secundárias e em entrevistas em profundidade que realizamos nos três países mencionados durante os anos 2017 e 2018.

**Palavras-chave:** ciência, tecnologia, lítio, indústria, América do Sul

## I. Introducción

El litio es el elemento químico central para confeccionar los acumuladores que utilizan los dispositivos eléctricos cotidianos, los vehículos eléctricos que se lanzan al mercado y los reservorios de electricidad que utiliza la generación renovable, es decir, constituye un basamento del entramado industrial-energético de una sociedad renovada. En este sentido, se ubica en el corazón de la transición energética que habrá que encarar a nivel global a causa del agotamiento físico del combustible fósil y de las peligrosas consecuencias ambientales que acarrea su quema (los hidrocarburos son responsables del 67,3% de las emisiones de CO<sub>2</sub> –Bajzelj *et al.*, 2013–). El litio es, por tanto, un prisma privilegiado para dar cuenta de la situación de nuestra región respecto de las alternativas al desarrollo que apunten a los desafíos que demanda el naciente siglo XXI. Así, una faceta central de la «cuestión litio» reenvía a la capacidad para escalar en su cadena de valor, esto es, pensar las dinámicas gracias a las cuales se logran productos de mayor valor agregado, especialmente los acumuladores de energía. Este tránsito atañe, en nuestra región, a una sinergia particular de las esferas de la ciencia, la industria y la política.

En este artículo nos proponemos caracterizar la interrelación que existe entre las áreas de ciencia e innovación, y las esferas de la economía y la política que se asocian a la cuestión litífera en el Triángulo del litio conformado por Argentina, Bolivia y Chile. Más precisamente, en una primera parte, luego de historizar brevemente el surgimiento de la problemática litífera en cada país, describimos la dimensión técnica, científica y de innovación de las técnicas de extracción del recurso (del carbonato de litio y de productos químicos primarios en general –la obtención de hidróxido de litio, por caso–). En una segunda parte, presentamos las oportunidades para la confección de productos químicos secundarios como materiales activos para las baterías o de la misma producción de células de energía. Por último, tenemos por objetivo final analizar las interrelaciones entre la dimensión científica, política y económica de la «cuestión litio», con el propósito de vislumbrar hasta qué punto existen políticas integrales y efectivas para con el recurso capaces de gestar nuevas alternativas al desarrollo.

Antes de comenzar, debemos realizar una serie de aclaraciones importantes. En primer lugar, al ponderar este tránsito no adoptamos una visión ingenua que suponga que cada país deba controlar y tener bajo su mando el conjunto de la cadena de valor litífera. Segundo, no consideramos que se tenga que encarar la industrialización desde el trabajo sobre el carbonato o hidróxido de litio y desde ahí ascender paso a paso en la cadena de valor

(podría comenzarse por ensamblar acumuladores y de ahí descender). En tercer lugar, no nos proponemos discutir si «a» (extracción) o «b» (baterías). No menospreciamos en lo más mínimo el crecimiento tecnológico en las etapas ligadas a la extracción. Por el contrario, tratamos concretamente los beneficios que puede traer enfocarse en la tecnología de extracción de la materia prima y los derivados del litio (hidróxido, litio metálico, etc.) factibles de realizarse en el Triángulo del litio. A su vez, tampoco consideramos que las baterías sean la única producción a prestarle atención o que se deban producir baterías para todos los usos (obtener  $Li^6$  o  $Li^7$  para la energía nuclear también supone crecer en conocimiento). Cuarto, no desconocemos la gran asimetría –en recursos, mercados, *know how*, innovación, etc.– que existe entre nuestros países y aquellos que cuentan con tecnología de punta. En todo caso, sí afirmamos que es preciso contar con una estrategia que tienda a gestar la mayor cantidad de valor en términos locales, internalizar el excedente, apuntar a poseer el dominio tecnológico de la mayor cantidad de procesos posibles y diagnosticar nichos concretos donde asentar la producción. ¿Cómo se originó la problemática litífera en el Triángulo del litio? ¿Cuáles son los intentos para agregar valor al recurso? ¿Qué interrelaciones existen entre las esferas de la ciencia, la industria y la política de nuestros países? ¿Contamos con políticas nacionales de carácter integral –es decir, cuando menos coordinadas y proyectadas entre las diferentes escalas y carteras de gobierno–, para con el recurso? ¿Qué luz nos arroja la comparación entre los países litíferos? Estas son algunas de las preguntas que intentamos responder.

En cuanto a nuestro marco teórico, partimos de la premisa presentada por Jorge Sábato y Natalio Botana, según la cual es necesario integrar al sistema científico-tecnológico a la trama del desarrollo latinoamericano (Sábato y Botana, 1968; López Hurtado, 2014). Esta perspectiva, tradicional en las ciencias sociales latinoamericanas, postula la existencia de un triángulo que tiene por vértices el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Al ser parte de una región de desarrollo relativo, corresponde precisamente al gobierno administrar y gestionar las interacciones dentro del triángulo para lograr un crecimiento integral de nuestras economías. En otras palabras, se trata de que las instituciones políticas fomenten el avance del sistema de investigación en su interacción con la estructura productiva hasta alcanzar sociedades basadas en el conocimiento, la autonomía económica y la agregación de valor. A partir de este encuadre, el escrito se fundamenta en un trabajo de campo realizado entre los años 2015 y 2018 en una pluralidad de países, provincias –o departamentos–, zonas y ciudades. En Argentina, principalmente en Buenos Aires, Salta y Jujuy; en Bolivia, en La Paz, Potosí y

Tarija; en Chile, en Santiago y el Desierto de Atacama. A su vez, el corpus se ha constituido sobre la base de bibliografía secundaria –parte de ella hemos venido elaborando desde el año 2011– y soportado en documentos de Estado, de instituciones públicas y privadas, planes estratégicos, estadísticas, información de medios periodísticos, entre otros recursos. Paralelamente, en relación a la problemática planteada, hemos realizado 23 entrevistas a diferentes actores: políticos de instituciones y organizaciones diversas, investigadores, funcionarios públicos, empresarios y trabajadores.

## II. La emergencia histórica del litio como problema en Sudamérica

En la primera mitad del siglo XX, el geólogo Luciano Catalano se dedicó a recorrer importantes extensiones de los salares del noroeste argentino y catalogar los recursos allí existentes (fue el primero en descubrir uranio en la Argentina). Ya por 1965 afirmaba:

La defensa nacional debe establecer el monopolio fiscal productivo (...) [de] todas las fuentes naturales de energía (...) y las materias primas necesarias a esos fines, tales como lo son los minerales de uranio, torio, berilio, litio (...), que sabemos que existen en buena cantidad y calidad en nuestro país. (Catalano, 1965: 9).

Estos descubrimientos, que originalmente quedaron bajo la órbita de las instituciones nacionales del Estado, estuvieron vinculados a la importancia que iría adquiriendo la energía nuclear en el país.

En Chile, apenas tres años antes, la compañía Anaconda buscaba agua en el Salar de Atacama pero, en cambio, encontró una multiplicidad de compuestos en la baja salmuera, litio entre ellos, lo cual motivó a que el Instituto de Investigaciones Geológicas del Ministerio de Minería estudie el Salar (un primer análisis amplio fue publicado en 1974). Por entonces, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), instancia estatal encargada de incentivar las políticas de desarrollo, creó el Comité de Sale Mixtas en 1977 para supervisar el desarrollo del mineral y realizó varios estudios adicionales sobre la fisonomía del Salar de Atacama. Esta atención inicial se vinculó a la sanción del Decreto Ley 2886 que dictó Pinochet en 1979, declarando al litio recurso estratégico del Estado por su importancia en la energía nuclear, parte de un proceso que había comenzado con la creación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CEChN), y estaría marcado por el influjo belicista de la dictadura (Lagos, 2017).

También en los tempranos sesenta, la Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF) del departamento de Potosí, en Bolivia, llevó adelante investigaciones

sobre los recursos del Salar de Uyuni junto con la Academia de Minas de Freiberg, de Alemania, en parte gracias a profesores visitantes como Manfred Wolf (Entrevista a Claros, 2012). Con todo, la investigación más significativa se concretó durante la dictadura banzerista. En 1973, la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) se vinculó con la *Recherche Scientifique Technique Outre* (ORSTROM), de Francia, para analizar conjuntamente los recursos minerales de los salares del sur de Bolivia, especialmente el de Uyuni. El interés económico que ofrecía la zona comenzó a despertar expectativas, y Banzer la declaró reserva fiscal mediante el D.S. 11 614, bajo el propósito de comercializar los recursos no-metálicos, principalmente la sal (Echazú, 2015). La potencialidad de Uyuni incluso llamó la atención de la Administración Aeronáutica y Espacial de Estados Unidos (NASA, por sus siglas en inglés), que en 1976 estableció un convenio con el gobierno para investigar los recursos de las salinas vía satélite, dándose a conocer indicios de concentración de litio (Nacif, 2012). En suma, el despertar de la problemática litífera se vinculó estrechamente con su papel en la energía nuclear, con la potencial comercialización de los recursos de las salinas, y supuso un primer avance protagonizado por un abanico disímil de actores: investigadores pioneros, gobiernos militares, una empresa casual en búsqueda de agua y potencias ávidas de conocimiento y recursos.

Ahora bien, en Chile muy tempranamente emerge el interés por el litio, pero ya como una fuente novedosa de acumulación de energía, componente clave de las baterías del futuro. En ningún otro país de Sudamérica como aquí se estaba tan a tono con las investigaciones de los países centrales sobre la importancia del litio en relación a un entramado productivo que lo excedía, es decir, para pensar el desarrollo en relación con los acumuladores de energía. Véase lo siguiente, en el lejano año 1983 –hace más de tres décadas y cuando las baterías de Ion-litio ni se habían inventado–, Miguel Córdoba advertía en su artículo «Litio: bases para una estrategia de desarrollo», publicado en la revista *Creces*, de la necesidad de usar al litio como caso testigo para una política que apunte a crecer en las cadenas de valor de los recursos naturales. A su vez, postulaba la posibilidad de utilizar el elemento químico en la realización de baterías, de manera indudablemente pionera por lo temprano del anuncio (Córdoba, 1983). Esa tónica será compartida, ya que la misma posición desplegará Gustavo Lagos (1984) apenas un año después, y de nuevo sucederá en 1985, cuando el ingeniero chileno Guillermo Baltra Aedo, que realizaba sus trabajos en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sostuviese que Chile no podía perder la tercera oportunidad que le brindaba el litio luego de los sinsabores sufridos con el salitre y el cobre. En sus palabras:

donde el litio muestra su real perspectiva es en el futuro, principalmente en sus aplicaciones energéticas. La modesta y pequeña pila que actualmente usa litio, por ejemplo, puede ser expandida a empleos de más potencia, en baterías secundarias de alto poder específico muy apropiadas para automóviles (y esto significaría un crecimiento explosivo de la demanda por litio) (Baltra, 1985: 2).

Se trataba de investigadores que formaban parte de un mundo académico pionero y entusiasta, cuya especificidad era que participaban de primera mano de la tecnología naciente en los países centrales, pero a su vez intervenían sobre la situación chilena, a la que más de uno prestaba atención con esperanza renovada (no pocos habían migrado a causa de la irónicamente llamada «beca Pinochet»).

Con todo, en Chile no solo despuntó el anuncio académico de una chance que el país no debía dejar pasar, sino que poseía visos prácticos concretos. La Comisión Chilena de Energía Nuclear y CORFO, en el año 1983 y luego en 1986 –cuando se realiza el Primer Simposio Chileno sobre Litio– sostienen un programa titulado «Investigación de nuevos productos y aplicaciones de litio», que contará con un financiamiento hasta 1991. En efecto, desde su surgimiento en 1977, el Comité de Sales Mixtas contrató varios proyectos de investigación en litio en diferentes instituciones locales hasta su disolución a fines de los años ochenta (Lagos, 2017: 105). Se trataba, por tanto, de una atención que el Estado chileno le brindaba al quehacer con el litio, pero que irá menguando con el paso del tiempo. Por caso, en 1991 el recientemente creado Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) rechazó el proyecto «Desarrollo de materiales de litio para uso en baterías», que agrupaba a seis instituciones que venían analizando la cuestión litífera bajo la dirección de los investigadores Guillermo Gonzales y Gustavo Lagos (Entrevista a Gonzales, 2017). Ciertamente, desde que se creó el FONDEF se presentaron 8 proyectos vinculados al tema litio, de los cuales solo uno fue aceptado y otro obtuvo un subsidio, el resto fue rechazado (Departamento de Ingeniería de Minas, 2002: 23). En suma, la ebullición intelectual inicial, que no poco estaba alimentada por ingenieros muy inclinados a la aplicación concreta, perdió el empuje que se palpa en sus inicios: «se realizaron dos simposios sobre el litio en los noventa pero el tema perdió fuerza» (Lagos, 2017: 105). A la hora de buscar la causa central de la desatención cada vez mayor del Estado debemos remitirnos al lugar cada vez más significativo cedido a la órbita privada en la cuestión litífera chilena, adonde migraron las investigaciones de más peso. En este sentido, varios testimonios recabados coinciden en subrayar que en el transcurso de la década de los noventa va lenta pero persistentemente

feneciendo la investigación de litio que tan temprano había empezado en Chile –de hecho, se cerró el Comité de Sales Mixtas– (Entrevista a Gonzales y a Gustavo Lagos, ambas en 2017). Este eclipse sobre la cuestión litífera lo ilustra la misma revista *Creces* que tanto hábito vanguardista había acogido: editó cuatro artículos referidos al litio en los tres años que van de 1983 a 1986, pero solo publicó igual cantidad en los 30 años siguientes.

Para 1981 se conocen los primeros resultados de ORSTROM que certifican los grandes recursos bolivianos de litio, ubicando a Uyuni como el mayor reservorio del mundo (5 500 000 toneladas). A la par, comienzan los intentos de licitar su explotación por parte de diferentes gobiernos, sea en dictadura o en democracia (Echazú, 2015). Empero, el de mayor repercusión fue el intento durante el mandato de Paz Zamora (1989-1993) de ofrecer por 40 años la explotación del Salar a la internacional FMC. El convite se topó con fuertes resistencias de las comunidades locales, del comité cívico departamental, de la Universidad Tomás Frías, de modo que las tensiones regionales terminaron por sepultar el proyecto empresario, bajo una presión social que incluso amenazó la gobernabilidad a escala nacional. Un nuevo intento en 1992, jalonado por intensos debates parlamentarios y nuevas resistencias, llevó a que la propia firma desistiera definitivamente de la posibilidad de radicarse en Bolivia (Calla Ortega, 2014). Significativamente, por entonces, la Universidad Tomás Frías y la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz llevaron adelante, hasta su conclusión, la elaboración a nivel de factibilidad del «Proyecto de planta piloto para obtención de carbonato de litio», pero en aquella época no contó con el financiamiento público que imaginaban (Entrevista a Claros, 2012). Igualmente, el conflicto surgido en torno a la explotación del salar hizo que Bolivia fuera el primer país donde la discusión y el debate sobre la cuestión litífera adquirieron un estado público de alcance nacional.

En términos amplios, el interés por el litio en Argentina, Bolivia y Chile ganará en intensidad a principios del milenio, cuando el litio se asocie a escala mundial con la acumulación energética del futuro, y esa evidencia se vincule con la constatación de las grandes reservas andinas. De todos modos, cada país reaccionó frente a la fiebre del oro blanco de manera diferente, en consonancia con la historicidad que acusaba la temática a nivel local. En Argentina, el primer contacto científico serio con las baterías de litio surge entre los años 2005 y 2006, cuando se le encarga a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) la fabricación, testeo y control de la batería de un satélite argentino, el SAC D, que pondría en órbita Estados Unidos, a partir de un convenio de vinculación que existía entre ambos países. Fue por entonces

que una serie de investigadores, Juan Collet (del Centro Atómico Constituyentes), Arnaldo Visintin (del Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas –INIFTA–), y Daniel Barraco (que por entonces era miembro del directorio de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales –CONAE– y hoy se desempeña en la Universidad Nacional de Córdoba) tomaron conocimiento de la existencia del nuevo tipo de baterías. En aquel momento pensaron que podría ser económicamente rentable realizar las baterías para que la utilicen los satélites argentinos, ya que eran de un precio significativo (rondaba el millón y medio de dólares) y de gran complejidad, puesto que debía asegurarse su supervivencia en el espacio. La iniciativa no prosperó, la CONAE no estaba muy interesada en destinar recursos (humanos, económicos, físicos) a una tarea que no estuviese en estrecha sintonía con la ya de por sí complicada gestión de la confección del Satélite (Entrevista a Collet, 2013). En este país, por tanto, el grueso de la investigación sobre litio se inicia con la atención de aquellos que poseían una trayectoria en electroquímica y venían investigando otro tipo de acumuladores, de hidrógeno fundamentalmente, desligada de manera casi absoluta de la explotación del litio que FMC realiza en la provincia de Catamarca desde 1989 (Fornillo, 2015).

Los momentos constitutivos iniciales de cada país respecto de la cuestión litífera son significativos, puesto que emplazan una serie de rasgos destinados a durar. En Chile, el interés por el litio surgió de la mano de ciertos científicos que poseían una percepción aguda de lo que sucedía con el litio a nivel internacional. Más temprano que tarde, cobró preeminencia el avance de las empresas privadas sobre el área extractiva, adonde se mudaron las investigaciones de más peso, sin interés por una perspectiva vinculada al desarrollo general se centraron en la pura faena extractiva, donde SQM, por caso, se volvió especialista. Asimismo, sobresalió la existencia de núcleos atomizados de investigación casi sin articulación entre sí, pero que incumbieron a un buen número de universidades, y con pocas perspectivas de desarrollo sostenido de ciencia básica y poca aplicación tecnológica, pese a lo *aggiornados* que se encontraban esos mismos núcleos respecto de los que se investigaba a nivel internacional. Por último, y de manera vinculada, emergieron proyectos que duraban un tiempo determinado y luego se veían obligados a interrumpirse, a causa de la ausencia de un financiamiento sostenido, lo cual redundaba en que las investigaciones también se opacaban. En este sentido, tras una primera atención que le propició el Estado chileno a la investigación, ciertamente al compás de su presencia en el área extractiva y de la relativa injerencia de CORFO, esa misma atención fue declinando cada vez más, propiciando una suerte de ondulación en las investigaciones públicas de Chile.

Al otro lado de los andes, la extracción de litio se produce en Argentina a espaldas de lo que sucede en los núcleos de investigación centrales del país e incluso no suscita la atención de las instancias nacionales de gobierno. Por el contrario, la única explotación de litio que existía desde 1998 por parte de FMC mereció apenas la consideración aislada y menor de la provincia de Catamarca y Salta, incentivada por la federalización y el traspaso de los recursos a las provincias que produjo la reforma constitucional del año 1994. Denotando una historicidad singular, la comprobación de la existencia de litio surgió gracias a un descubrimiento individual embebido de un impulso nacional desarrollista, pero terminó más temprano que tarde en manos de la empresa FMC. Entre tanto, de manera independiente surgió el interés científico por el litio como clave de la acumulación energética mucho tiempo después. Aquí, es la tradición científica local vinculada a la investigación en electroquímica, que posee cerca de 70 años, la que particularmente se trasladó del hidrógeno, por ser solidaria y vecina, al análisis del litio, dando cuenta de la importancia de las trayectorias de investigación independientemente de las mudanzas de las tecnologías de vanguardia.

Por último, el conflicto acontecido en Bolivia representó el fondo histórico que hizo de la cuestión del litio un problema social compartido y la condición inicial para que en 2007 fuera la propia Federación Regional Única de Trabajadores del Altiplano Sur (FRUTCAS) la que le presentará al poder ejecutivo –del cual el sindicato se siente parte orgánica–, el proyecto de que el litio quede bajo mando estatal, que aun hoy lo tiene en sus manos (Calla Ortega, 2014) . Un impulso estimulado por el físico belga Guillaume Roelants, que mantenía una relación estrecha con el sindicato local (Entrevista a Héctor Córdoba, 2017). Sin lugar a dudas, este rol central del Estado es la marca continua de la cuestión litífera boliviana.

### **III. Tecnología y extracción de litio: organicidad, insularidad y privatización**

La etapa inicial de la cadena de valor litífera está compuesta por las técnicas necesarias para extraer los recursos de los salares y por los productos químicos primarios que transforman esa materia prima naciente. En el caso de Bolivia, la nueva Constitución del Estado Plurinacional sancionada en 2009 concibe a los recursos evaporíticos como un bien estratégico y no como un *commoditie*, reservando al Estado su explotación, comercialización y uso (CEPB, 2010)<sup>1</sup>. El avance sobre el litio boliviano ha quedado en su totalidad bajo dominio del poder ejecutivo paceño, que en un proyecto de tres fases gestiona de principio a fin la cadena productiva, buscando tener injerencia sobre la totalidad de la

tecnología que va del salar a la batería<sup>2</sup>. A partir del año 2007 se llevó adelante la instalación de la infraestructura productiva sobre el Salar de Uyuni, y allí mismo se montaron laboratorios, espacios de investigación y testeos, etc. El núcleo del pensamiento científico técnico boliviano estuvo destinado a pensar la técnica más apropiada para extraer el litio de ese salar. Durante este largo período, el mayor obstáculo ha sido encontrar una técnica de extracción que permita obtener los recursos evaporíticos de manera eficaz, rentable y sustentable, para así comenzar la producción a gran escala.

Al principio se probó una técnica de extracción que generaba muchos residuos y no utilizaba comercialmente el magnesio. En efecto, la «línea de los cloruros», que recibió un reclamo desde Chile por la patente del método, empleaba la cal para separar al litio de otros compuestos al inicio del proceso de extracción de la salmuera, técnica que hubiese generado aproximadamente 4000 toneladas por día de lodos de encalado, casi un millón y medio de toneladas de residuos cada año (Calla, 2014). Además, a causa de la especial composición del salar el magnesio se desechaba como residuo en vez de comercializarse. Esta última fue la causa central por la cual se dejó de lado y se reemplazó por otra técnica: la «línea de los sulfatos». La actual «línea de los sulfatos», al utilizar el encalado al final del proceso de evaporación y concentración de los compuestos en piletas, genera muchos menos residuos –3 toneladas de residuos por cada una aprovechada– y logra obtener el magnesio para la comercialización, ya que se extrae previamente al proceso de encalado (Entrevista a Pozo, León, 2017 y GNRE, 2016)<sup>3</sup>.

La particularidad de la investigación local sobre el proceso extractivo reside en que se vincula directamente a un proyecto en manos del Estado, que patentó y aplica la «línea de los sulfatos» para su propio usufructo. Bolivia no tardó tanto más de lo que suele demorar la puesta en producción de los salares, en torno a los siete años, e incluso no se le cerró una oportunidad, todo lo contrario, puesto que el precio del carbonato de litio ha aumentado notablemente en el último tiempo. Es importante resaltar que la capacidad científica boliviana está abocada a generar tecnología local, poniendo la investigación y su aplicación al servicio de un proyecto que se declara de beneficio público. En este sentido, es loable la disposición del conjunto del sistema científico a trabajar en el desarrollo de servicios y procesos de alta tecnología relacionados con el proceso extractivo. El problema acerca del método de extracción se encuentra saldado para quienes conducen el proyecto litífero boliviano, de modo que se espera comenzar con la producción masiva –15.000 toneladas anuales– (momento en el cual se comprobará la efectividad final y última de la técnica nueva) (Entrevista a Montenegro, 2017). A fines de 2018 la planta

de producción de potasio ya está concluida –y el mercado de Potasio es muy amplio, las primeras partidas se dirigen a Brasil, que lo consume *in extenso*-, y la planta de producción de carbonato de litio se encuentra en construcción por parte de la empresa China Asociación Beijing Maison Engineering, que la erige bajo la modalidad «llave en mano»<sup>4</sup>. Bajo esta impronta, la gestión estatal del proyecto de recursos evaporíticos fue creciendo cada vez más. En principio, ocupaba un lugar entre otros dentro de la Corporación Minera de Bolivia, luego pasó a lograr una mayor independencia al constituirse la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE) y actualmente se ha fundado la empresa autónoma Yacimientos Litíferos Bolivianos (YLB), que tomará el control de la totalidad de la cadena de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni. De igual modo, quien ha apalancado constantemente el proyecto litífero, Alberto Echazú, ha dirigido cada etapa y hoy es viceministro de altas tecnologías energéticas.

En Argentina se encuentran en producción dos salares, el de Hombre Muerto en manos de la corporación estadounidense FMC y el Salar de Olaroz-Cauchari, bajo el control de la firma australiana Orocobre (aunque todos los salares poseen concesiones privadas). Las dos cuentan con sus propias técnicas y procesos de extracción, cuyas patentes dominan e instrumentan de modo privado y confidencial (de hecho, detentan sus propios laboratorios i+D o recurren a universidades extranjeras con las que mantienen una tradición de colaboración –Entrevista a Flexer, 2018–). En el ámbito público, un centro de investigación cercano al área extractiva lo constituye el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU), emplazado en las viejas oficinas administrativas de lo que antiguamente era la principal siderúrgica de Latinoamérica, Altos Hornos Zapla, en Palpalá. Su dependencia es múltiple, depende de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJU), del CONICET, del gobierno provincial y, entre otras instancias, también se busca que la empresa público-provincial Jujuy Minería y Energía Sociedad del Estado (JEMSE) se articule con él, de modo que recibe presiones múltiples, atenciones y desatenciones varias y fondos diversos. Desde el año 2015, el interés del nuevo gobernador Gerardo Morales por la cuestión litífera logró vehicular un cúmulo mayor de fondos nacionales que aceleraron su construcción. Actualmente, tal como nos comentaba el Rector de la UNJU, el CIDMEJU tiene como uno de sus directores a Arnaldo Visintin, bajo el propósito de combinar las dos líneas centrales de la investigación del litio en la Argentina; la constituida por el eje Buenos Aires-Jujuy, y la conformada por el eje La Plata-Córdoba, que se aboca a baterías contemporáneas, que más abajo describiremos (Entrevista a Tecchi, 2017). Sin embargo, aun resulta incierta la

combinación de ambas líneas. Se espera que un futuro la provincia de Jujuy, a través de JEMSE, cuente con litio y el CIDMEJU proporcionaría la fuente de recursos humanos y de conocimientos, forjando una suerte de «cluster del litio» local (Entrevista a Simone, 2017)<sup>5</sup>.

En efecto, existe un eje de investigación que vincula a los nodos de Jujuy y Buenos Aires. El grupo de Electroquímica de Litio del Instituto de Química de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) de la Universidad de Buenos Aires, bajo la dirección de Ernesto Calvo, junto a Victoria Flexer –que alguna vez fue su discípula– del CIDMEJU de Jujuy, estudian métodos de extracción de litio de salmueras «limpios». Ernesto Calvo recibió el premio *Bright Minds Challenge* (Mentes brillantes) el 13 de junio de 2017 en la ciudad de Amsterdam, por el desarrollo de un método electroquímico que fue patentado en Argentina en 2015 para extraer litio de las salmueras empleando paneles solares como fuente de energía. Sin embargo, esta técnica posee dificultades para aplicarse en escala masiva –dos informes técnicos de YTEC y la empresa Clorar así lo establecen– y, además, no existe salar público donde aplicarse. La misma Victoria Flexer advierte que los salares del país, inclusive aquellos que están sin explotar, están en manos privadas y por eso, «por más que yo tenga una nueva técnica, se la tengo que vender a alguien» (y algo semejante sucede con el litio preciso para las investigaciones, que es importado)<sup>6</sup>. El empuje general jujeño es loable, puesto que desde hace tiempo busca crecer en la cadena de valor, fundamentalmente desde que de manera pionera Rodolfo Tecchi –hoy rector de la UNJU– insistió en caratular al litio como recurso estratégico en la provincia. Con todo, la provincia no posee aún litio propio (las empresas no venden en el país ni tienen interés económico ni obligación de hacerlo), tampoco un salar donde aplicar una técnica de extracción novedosa, no existe una empresa provincial robusta –en concreto, el 8,5 % del capital accionario de Sales de Jujuy, a partir de un préstamo que todavía debe devolver, la deja subsumida a la lógica de acumulación y decisión de las empresas trasnacionales–, ni impuestos sustanciales que abonen las empresas privadas de la renta de la extracción de litio para destinar estratégicamente a encarar nuevos desarrollos, de modo que nos encontramos con una iniciativa científica sin un entorno sólido que la haga real y palpable. En cierto sentido, las iniciativas para crecer aguas arriba requieren en Argentina tanto ahínco como realizar baterías, sin contar que efectivamente son complejas técnicamente y se topan con un mercado no menos cerrado, ya que hay cuatro grandes firmas que lo dominan (SQM, Talison, FMC, Albemarle, según Ströbele-Gregor, 2015). En Chile, tal como mencionábamos, al compás de la definitiva privatización de la extracción litífera que se consolida en los años noventa y de la desatención

de la CORFO, se evidencia una migración de la investigación sobre procesos extractivos hacia las compañías privadas. En este sentido, no sería apropiado afirmar que el análisis y la investigación sobre la cuestión litífera eclipsan por completo luego de su temprana aparición, más bien se realizó puertas adentro y de forma privada, una característica que se sostendrá en el tiempo. Por entonces, la novel SQM formó un Centro de Investigación y Desarrollo de tecnologías del litio, que a través de los años creó 16 patentes internacionales sobre procesos extractivos de litio, y en la actualidad posee trabajando no menos de 18 personas en Investigación y Desarrollo, a tal punto que el vicepresidente de SQM afirma que 25 geohidrólogos se encuentran trabajando en sus instalaciones, los mejores y casi todos los que hay en Chile, incluso extranjeros (Entrevista a Jiménez, 2017). La ondulación chilena es bastante clara, mientras disminuyen las investigaciones públicas sobresale el predominio del trabajo técnico a nivel privado, con SQM como insignia.

Ahora bien, una escalada de valor y de obtención de productos químicos primarios lo constituye el pasaje de carbonato de litio a hidróxido de litio, o la extracción directa del salar de hidróxido o la elaboración de litio metálico. Las estimaciones suelen indicar que la demanda de compuestos de litio para cátodos de batería crecería de las 55 000 t LCE (carbonato de litio equivalente) en 2014 a cerca de 220 000 t LCE en el año 2025, subiendo la participación del hidróxido de un 10 % a 36 % con respecto al carbonato, cuyo precio suele ser un 40 % mayor (Entrevista a Spadillero, 2018). En la Argentina, el proyecto de Olaroz exporta el carbonato y es la propia Toyota la que lo transforma en hidróxido en sus plantas niponas. Pese a ello, uno de los principales proyectos del CIDMEJU consiste en investigar acerca de la producción de hidróxido de litio a nivel planta piloto, donde estaría involucrada la empresa Laring, que trata y comercia materias químicas orgánicas (un proyecto que en verdad existe hace más de cinco años –Fornillo, 2015–). Para poner en funcionamiento esta planta haría falta, cuando menos, financiamiento y la provisión constante de carbonato del litio, cerca de quince toneladas mensuales, con las cuales hoy no cuenta el país (aunque en un futuro JEMSE tendría litio en sus manos, en principio menos que sus pares bolivianos y chilenos, con lo cual habría que ver si logra escala competitiva en este rubro). Otro proyecto promovido desde el gobierno jujeño lo comanda la empresa Clorar, dedicada a la consultoría, investigación, desarrollo y diseño de procesos y equipos para la industria química, para obtener litio metálico por electrolisis de sales fundidas. El proyecto es relevante en cuanto a que un kilo de litio metálico vale 120 U\$D y el costo de producirlo son 42 U\$D (7 kilos de carbonato de litio y 4 U\$D de energía –32 KWh–), es decir,

comporta una ganancia de 78 USD por unidad (Clorar, 2017). Sin embargo, no pasa de ser un anuncio, ya que no hay financiamiento para llevar adelante una planta piloto (Entrevista a Spadillero, 2018).

En Chile, la misma SQM exporta hidróxido de litio y espera crecer en este rubro. Si en la primera década del año 2000 los testimonios coinciden en afirmar que la investigación sobre litio en Chile se esfuma, la cuestión litio comenzará a adquirir nuevamente relevancia en la segunda década del siglo. Por entonces, las empresas extractivas avizoran que financiar la investigación «puertas afuera» podía beneficiarlas y, además, acercar legitimidad a una actividad vista como interesada solo en obtener rentas de la faena extractiva. En 2010, pegado al Salar de Atacama, se creó en Chile el Centro de Investigación Avanzada del Litio y Minerales Industriales (CELMIN), dependiente de la Universidad de Antofagasta, de la mano de una serie de ingenieros locales que buscaban producir conocimiento a la vera del salar. Entre los principales objetivos del centro se encuentra investigar y brindar valor a la materia prima, esto es, obtener bajo usufructo de la Universidad, el Centro y sus investigadores productos de sales de alta pureza exportables a mercados de la industria química, farmacéutica y nutracéutica, entre otras. En 2015, por ejemplo, se firmó un contrato con la empresa Rockwood para investigar los modos de recuperación de agua de las piscinas de evaporación. En otros términos, poseen por finalidad realizar investigación, innovación y desarrollo tecnológico en sales inorgánicas ligadas a los compuestos de litio, sodio y potasio, para lo cual se han adjudicado varios proyectos financiados por empresas privadas y por el Estado chileno (subsidios del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional [FIC-R] y del FONDECYT). (Entrevista a Grageda, 2017).

#### **IV. Materiales activos: política estratégica, nacional y provincial**

La cadena de valor litífera se abre en un abanico de aplicaciones que van desde la producción de cerámicos pasa por la energía nuclear e incluye las células de energía contemporáneas. Los productos químicos secundarios, los materiales activos que demandan la confección de la batería, así como la parte física de la batería, implican el manejo de tecnología de punta, agregado sustancial de valor e innovación aplicada<sup>7</sup>. En términos concretos, los productos químicos secundarios para una batería consisten en sintetizar, a partir del puro carbonato o cloruro de litio y otras sales, los materiales activos base de cátodos y ánodos; la preparación de los electrodos y la síntesis del electrolito, esto es, los componentes químicos propios de los acumuladores. Estos elementos son los

de mayor precio en el costo total de una batería (el cátodo representa el 16 %, el ánodo el 8 % y el electrolito otro 8 %).

En Chile, bajo el marco de los lineamientos sugeridos por la Comisión Nacional del Litio en 2015 existe una nueva política en relación con el litio, llevada adelante en lo fundamental por la CORFO. La base sobre la que sustenta esta nueva política hacia el litio reside en nuevos acuerdos realizados entre CORFO y las dos grandes empresas que explotan el Salar de Atacama, Albemarle –antes Rockwood– y SQM. Sus lineamientos centrales implican que se extiende la cantidad de materia prima que pueden extraer y un mayor lapso de tiempo para ello. Como contraparte, Albemarle, por caso, anuncia invertir 600 millones USD, aumenta el *royalty* que deberán abonar, destina un 25 % del elemento químico extraído al mercado nacional a precio preferencial, devengan unos 12 millones de dólares anuales para investigación y unos 10 millones para las comunidades aledañas al salar (un 3,5 de las ganancias)<sup>8</sup>. Habiéndose plasmado de este modo la política litífera se ha llevado adelante la visión más *soft* de las directrices que apuntaba la Comisión Nacional del Litio, dejando de lado aquella que sostenía la necesidad de una presencia directa del Estado en la extracción y la cadena de valor, justificado en lo fundamental en la ausencia de dinero en hacienda para invertir (Entrevista a Ebensperger Jessen, 2017).

Respecto a la confección de materiales activos, desde el año 2017 Chile avanzó a partir del programa «Proyecto de Inversión de Productores Especializados de Litio en Chile» comandado por CORFO, estimulando a las empresas nacionales y extranjeras a radicarse en el país para aprovechar la materia prima. Esta opción fue posible sobre la base de los nuevos acuerdos, donde se estableció que aquel 25 % del litio extraído se debía procesar en el país mediante la fabricación de materiales activos que permitan exportar productos de mayor valor agregado y desarrollar una industria primera vinculada al litio. El programa convocó a empresas interesadas en asegurarse el suministro de litio a un precio preferencial, y por resultado se eligieron tres empresas (Molybdenum, de Chile; Samsung y Posco, de Corea y Sichuan Fulin Industrial Group, de China) que se instalarán en el país en un plazo de dos años, invirtiendo 754 millones USD, para producir cerca de 58078 ton/año de materiales cátodos<sup>9</sup>. En este sentido, controvertida o no, puede afirmarse que Chile posee una política nacional respecto al litio.

En la Argentina, la línea de investigación que se aboca al campo de las células de energía cuenta con un desarrollo amplio y cierta trayectoria. Ella está compuesta por una suerte de eje La Plata-Córdoba, esto es, el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas –INIFTA– de La Plata

–encabezado por Arnaldo Visintin– y el Laboratorio de Energías Sustentables de Córdoba –bajo la dirección de Ezequiel Leiva y Daniel Barraco–, donde se encuentran radicados más de 20 investigadores abocados a diferentes aristas del campo de las células de energía. Además, junto con la investigadora Rita Humana del Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca (el cual realizó un prototipo de batería para moto) constituyen un grupo de investigación que trabaja de manera coordinada la problemática de las baterías de litio, particularmente el desarrollo de materiales anódicos y catódicos para baterías, así como el estudio teórico de sus fundamentos.

Esta coordinación de equipos de investigación se conformó a partir del seminario «Utilización integral de litio en Argentina. Ciencia, Tecnología e Innovación al servicio del Desarrollo» llevado a cabo en el año 2011 en San Salvador de Jujuy, y se consolidó al calor de los diferentes proyectos que, promovidos desde organismos del Estado Nacional, se generaron entonces para contar con industrias abocadas a la confección de baterías. En efecto, a fines de 2011 se gestó la primera comunión entre Ministerio de Industria, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, investigadores del eje La Plata-Córdoba y las empresas Plaka y Probattery para ensamblar en el país las baterías que utilizarían las computadoras que distribuía el gobierno nacional a las escuelas públicas través del programa Conectar Igualdad, primer paso para dominar la tecnología que va del «salar a la batería». Una segunda experiencia complementaria fue fomentada por el Ministerio de Industria en 2012, que consistió en articular formalmente a los científicos con las grandes empresas electrónicas de Tierra del Fuego, ya para realizar la totalidad del proceso de producción en el país, fundamentalmente las celdas, el «corazón» de la batería. Aunque las condiciones iniciales parecían óptimas, ya que se apreciaba una cierta articulación entre mercado, industria, ciencia y política, no fueron pocos los obstáculos con los que se toparon estos proyectos. Entre ellos, la dificultad de cumplir con los plazos de entrega de las baterías y, fundamentalmente, la negación de las grandes empresas fueguinas de sostener económicamente la apuesta y la consiguiente desatención del Ministerio de Industria y el apoyo menor a emprender el salto industrial por parte del Ministerio de Ciencia, es decir, la debilidad del Estado para dirigir el accionar de los actores (Fornillo, 2015). Esta fue la última vez que el Estado nacional argentino tuvo una política en la que se coordinaron los ministerios y se le dio una proyección a la «cuestión litio».

Aunque estos proyectos de producción no prosperaron, este grupo de investigación se constituyó a partir del año 2014 como «Espacio de Innovación» de YTEC (YPF-Tecnología, conformada por YPF –51%– y CONICET –49%–), el brazo

de investigación de la empresa petrolera semipública YPF, que apuesta a desarrollar espacios de innovación en la industria energética. Desde entonces, pusieron en práctica cuatro laboratorios en Córdoba, La Plata y Catamarca, con equipamiento necesario para estudiar las baterías y se avanzó en niveles de articulación entre los científicos en pos de un objetivo que trasciende el propio campo científico: «a escala laboratorio tenemos materiales tan buenos como los comerciales. Y tenemos materiales que son inéditos» (Entrevista a Leiva y Barraco, 2017). En el último tiempo han abordado el análisis de la baterías litio-azufre, que emergen como los acumuladores de «pasado mañana» (Entrevista a Leiva y Barraco, 2017). Claro está, una especificidad de este grupo es su impulso para que las investigaciones se vinculen con la esfera productiva. Mencionemos aquí que la Argentina, a raíz de su extensa tradición en el campo de la energía nuclear, podría proyectar investigar la generación de Litio 6 y 7, cuyo valor es de 10000 U\$D el kilo.

En la provincia de Jujuy, además de promover la instalación de nuevos emprendimientos mineros, avanzan algunos proyectos de agregado de valor a nivel planta piloto e industrial. En cuanto a esto último, en 2017 el gobernador acordó en Milán (Italia) un contrato de sociedad entre la estatal-provincial JEMSE con la empresa SERI GROUP (a través de la compañía italiana FIB-FAAM) para encaminar la construcción de una fábrica de celdas de litio y baterías en la Provincia. El vínculo entre el gobierno de Jujuy y el grupo empresario italiano surgió en una reunión junto a los científicos de Córdoba y La Plata, que hace tiempo conocían a la gente del politécnico de Torino que fundó la empresa Lithops luego comprada por FIB-FAAM, uno de los mayores fabricantes mundiales de baterías de plomo-ácido. Esta es una de las causas por las cuales también iba a participar de la sociedad la estatal Y-TEC, con un 3%, aunque finalmente no se la incluyó en el convenio (Entrevista a Visintin, 2017). Se creó entonces una firma –Jujuy Litio SA–, con una participación del 60% del estado provincial y del 40% del Grupo SERI, cuyo objetivo nominal sería arrancar con plantas de materiales activos, que se localizarían en el Parque Industrial en la jujeña localidad de Perico, anunciando que haría materiales activos y en el futuro el conjunto de la batería. Básicamente aquí se asienta la esperanza de la provincia de Jujuy, en la que más adelante profundizaremos, a contramano las otras provincias litíferas de Salta y Catamarca, que en este rubro no abrigan ninguna.

En Bolivia, tras un fallido intento por establecer una suerte de *joint venture* con la empresa coreana Kores-Posco, el Estado puso en marcha, en agosto de 2017, una fábrica de materiales catódicos de baterías en La Palca, emplazada por la empresa francesa ECM Green Tech a pedido y financiada por el Estado

Plurinacional, con un costo de 26 millones de bolivianos (Entrevista a Carballo, 2017). En la planta se producirá óxido de manganeso litio (LMO) a una capacidad de mínima 1.2 kilogramos (kg) cada 100 horas, pero también producirá óxido de níquel-manganeso-cobalto litio (NMC) a una capacidad 1 kg cada 100 horas, componentes principales para la producción de baterías de litio, apuntando así a cerrar el circuito de la industrialización del litio boliviano a escala piloto. Los principales objetivos de la planta piloto son adquirir conocimiento y tecnología para la producción de química secundaria para baterías; formar y calificar a profesionales y técnicos bolivianos y optimizar los procesos para la producción industrial de materiales catódicos destinados a la fabricación de baterías a nivel industrial<sup>10</sup>. Por esta vía, Bolivia está buscando participar de la tecnología del conjunto de la cadena litífera que va del salar a la batería.

## V. Industria y comercialización de baterías

En Chile la investigación sobre el litio expresa un nuevo impulso a partir de 2010. Ese año la Universidad de Chile creó el Centro de Innovación del Litio (CIL), fundamentalmente gracias al empuje de su mentor, Jaime Alee, experto en la relación Universidad/Empresa, quien obtuvo financiamiento de parte de SQM y de Chemetall e incluso de la multinacional japonesa Marubeni. En un inicio llevaron adelante los proyectos gracias a 600 mil USD de aporte de privado, 300 mil USD de la Universidad de Chile y 100 mil USD de CORFO. La idea era crear valor para la ciencia y la industria del país a través de la investigación y desarrollo en torno a las baterías de Ion-Litio. El objetivo apuntaba a los actuales desafíos que presentan las baterías utilizadas para los vehículos eléctricos: lograr un mayor rendimiento y vida útil, recargas más rápidas y reducción de costos. El CIL montó laboratorios de investigación de modelado de baterías, de acumuladores, talleres de reconversión de automóviles a electricidad, a partir del cual realizar empaquetamiento de baterías; diagnósticos del estado de carga y salud de celdas bajo diferentes condiciones de operación; desarrollo de pack de celdas para bicicleta eléctrica; entre otras iniciativas. Aunque el centro propició algunas investigaciones de ciencia básica –en ánodos de batería por ejemplo–, y buscaban producir patentes, la estrategia fundamental consistía avanzar en la cima de la cadena de valor, en las puertas de la comercialización. El centro estaba muy ligado a generar un producto que pueda demandar el mercado, coordinando una potencial red de inversionistas, obteniendo todos los componentes de la importación de ser preciso. En julio de 2013 el CIL, de la mano de Manuel Mata, presentó la primera batería para vehículos eléctricos diseñada en el país, un sistema de batería inteligente denominada E-LI-Battery1.0, pasible

de ser alojada en autos o de servir de complemento al sistema de generación de energía renovable o de respaldo de hogares (Eli-Home). Más allá de lo innovador del intento, la iniciativa se vio interrumpida al agotarse los recursos que acercaban las empresas (Entrevista a Alee y Mata, 2017).

Por las características del sistema científico chileno, la investigación se desarrolla fundamentalmente en universidades, que carecen de financiamiento público de peso, a lo cual se suma que no cuentan con un sistema de investigación público que soporte la continuidad en el tiempo de las investigaciones, ya que el CONICYT financia proyectos específicos y no investigadores. Este es el punto base que explica la interrupción de las investigaciones, también su necesidad de vincularse a propuestas rápidamente atractivas para la comercialización, así como el relativo aislamiento de los proyectos. La dinámica de investigación que se da en Chile se despliega en los extremos de la cadena, o en la fase de extracción o ya directamente en la comercialización de las baterías, nunca desligada del financiamiento de las empresas extractivas, y sin la pretensión de controlar y desplegar estrategias en el conjunto de la cadena de valor del litio<sup>11</sup>. La tonalidad dominante es la no intervención del Estado y la confianza en la dinámica mercantil y la iniciativa privada como vía de un potencial desarrollo, incluso bajo un impulso que se busca global, a tono con histórica estrategia chilena de atender a su vínculo con los países centrales. En efecto, no es una casualidad que una antigua integrante de SQM, Daniela Desormeaux, haya creado Signunbox, consultora que procesa y comercializa información global sobre el mercado del litio y de las baterías: «*processing strategic information*», para de este modo ofrecer «*signals for decision makers*», tal como reza en su sitio web (Entrevista a Daniela Desormeaux, 2017). En suma, desde el comienzo de la década en Chile parece primar una suerte de estrategia que se quiere realista respecto de la investigación, donde se presta especial atención a la dimensión primaria de la extracción, o bien otras iniciativas que se dirigen directo a la comercialización.

Ahora bien, existe un leve viraje desde que surgió la Comisión Nacional del Litio, que entre otras recomendaciones llamaba a agregar valor en Chile, y desde entonces fue la CORFO la encargada de direccionar la situación del litio. En primer lugar, tras la estela del acuerdo, la idea consistió en erigir el Instituto Solar Minero de Chile (bajo el gobierno de Piñera llamado Instituto de Transición Energética). Emplazado en Antofagasta, a inaugurarse durante el año 2018, su presupuesto parte de los dividendos que deberán desembolsar SQM y Albemarle, y busca trazar sinergias con la Universidad de Antofagasta, Católica del Norte y también con empresas mineras. El Instituto no consiste en un espacio académico ni universitario, sino en un centro de desarrollo tec-

nológico e industrial: «Se trata de evaluar las posibilidades de escalamiento industrial y eso debe ocurrir al lado de donde están las oportunidades, de donde está el sol, el litio y la minería del cobre»<sup>12</sup>, afirmaba el ex vicepresidente de la CORFO, Eduardo Bitran. De este modo, la investigación sobre la cuestión litífera se inserta en una más amplia vinculada a la intención de Chile de incorporar energía renovable dada la profusa capacidad solar que posee en su norte, siendo uno de los países de mayor tasa de crecimiento de energía solar en Latinoamérica (aunque en el sur de Chile esa incorporación de generación renovable se basa en proyectos de mini-represas y energía eólica). De manera clara, Chile ha sabido que la cuestión litífera debe insertarse en una más amplia vinculada al cambio de paradigma energético.

A su vez, CORFO realizó un acuerdo con la Universidad de Chile que determinó la existencia de cobalto en Chile, elemento que hoy utilizan las baterías y es más estratégico que el litio, ya que su producción se da casi exclusivamente en África (Townley *et al.*, 2018). La estrategia de CORFO guarda ciertos visos de integralidad a partir de atraer a la inversión privada y generar un ambiente económico estimulante para la formación de una suerte de *cluster*, desde una provisión preferencial de materias primas, así sería si estuviesen en condiciones de ofrecer litio, cobre y cobalto. A tono con las tendencias productivas globales, Bitran expresaba que Chile debía articular energías limpias, electromovilidad, revolución digital e industria 4.0, en un contexto de innovación sistémica, tecnologías disruptivas y cuarta revolución industrial, bajo el sueño de volver sustentable la minería (el mayor consumidor de energía en Chile, con un 36 % del total) (Bitran, 2017 y BNE, 2016). La iniciativa es un tanto irrealista por lo ambiciosa, pero de todos modos no deja de indicar tanto la continua búsqueda de adaptación de Chile a políticas de desarrollo a tono con los tiempos como una suerte de política de Estado que se quiere realista y a largo plazo. Con todo, el patrón central del Estado está teñido del histórico mandato neoliberal destinado a crear las condiciones para que las empresas productoras internacionales abocadas a la industria verde, o al nuevo paradigma energético, se instalen e inviertan en el país.

En Argentina, los científicos más capacitados sobre células de energía han radicado en YTEC sus investigaciones desde el año 2014, y uno de los anhelos constantes ha sido contar con una planta piloto de producción de baterías, puesto que representaría tanto un empuje para la comercialización como un ámbito de experiencia en donde profundizar las investigaciones (Entrevista a Visintin, 2017) (un proyecto conjunto elevado a las líneas de financiamiento de ciencia del país entre la línea La Plata-Córdoba y Jujuy-Buenos Aires, llamado «Del Salar a la batería» no tuvo los recursos esperados, dando por tierra una

coordinación potencial de las investigaciones, más aun, agudizando sus distancias). El nuevo gerente general de YTEC, Santiago Sacerdote, nombrado debido al cambio general de autoridades que propició al asumir el poder ejecutivo nacional macrista, se sumó al impulso para contar con una planta piloto, pero los logros han sido relativamente escasos. En este sentido, la robustez del entramado científico local contrasta con la ausencia de iniciativas productivas y el casi inexistente apoyo del Estado para la aplicación de este conocimiento, lo cual origina límites a la investigación misma. Es un dato paradójico que en la Argentina el CONICET reporte contar con 234 investigadores abocados al litio<sup>13</sup> –entre miembros de carrera, técnicos y becarios–, que en la mayoría de los casos terminan por elaborar aquello que Kreimer (2003) denomina «conocimiento aplicable no aplicado». Hace casi una década que el Ministerio de Ciencia viene intentando involucrarse en la cuestión del litio. Ha realizado múltiples encuentros y obtenido buenos informes en 2014 –Industrialización del litio y agregado de valor local. Informe tecno-productivo– y 2018 –Oportunidades y restricciones para la construcción de eslabonamientos en torno al litio en la Argentina–. Sin embargo, estos esfuerzos terminan naufragando en la medida en que se dice a sí mismo que es posible sostener un sistema de innovación –el cual está cada vez más desfinanciado– sin establecer articulaciones con los entornos políticos y económicos donde operar. Estos sectores, además, no han hecho más que darle la espalda y mostrar su ineficacia constantemente. En todos estos años, las autoridades del área de ciencia no han podido aplicar ni coordinar las investigaciones –hay investigadores sobre litio en muchas provincias–. Bien sintomáticamente, en un encuentro convocado por el ex Ministerio de Ciencia en el que iba justamente a discutirse la cadena de valor litífera local fue inaugurada por un ex empleado de FMC que venía a recomendar que al país lo único que le convenía era exportar carbonato del litio y nada más<sup>14</sup>. Tras ello, en ese mismo encuentro, ante la pregunta de por qué no se apostaba tanto a la tecnología de extracción como a la de baterías, la respuesta es que no hay dinero para ambas (de hecho, así fue, no se aprobó un proyecto en el que se reunían las líneas de investigación Buenos Aires-Jujuy/La Plata-Córdoba, por ejemplo), capital que si destinan el Estado Plurinacional de Bolivia y que ha conseguido el estado chileno.

En la provincia de Jujuy, con el cambio de gobierno en 2015, se profundizó la atención por el litio, a lo cual se sumó el interés por las energías renovables, alineados con la intención del gobierno nacional de abrir al mercado esta fuente de recursos. A tono con ello, el día 23 de agosto de 2017 se ha creado por ley el Instituto de Energías Renovables que funcionará en el Centro de Desarrollo General Savio. Es en Jujuy donde la empresa italiana Seri y JEMSE, en diciembre

de 2017, anunciaron que se instalará una planta de producción de materiales activos, de material catódico para baterías, y otra de ensamble, asegurando que con el paso del tiempo buscará realizarse el proceso completo del salar a la batería en el país, con una inversión estimada en 60 millones USD (donde tallaría una nueva empresa, Jujuy Litio). La firma provincial JEMSE deberá contribuir con un 60% del capital, la materia prima litio –asegurada así para cualquier operación global de la firma italiana– y gestionar el mercado de las baterías (siendo el más importante la reconversión de los buses urbanos, hecho que contrasta con la intención de importarlos con arancel reducido por parte del gobierno nacional, amén de que era una posibilidad que ya había sido recomendada al Ministerio de Ciencia en el año 2015 sin que nada se hiciera –Kloster *et al.*, 2014–). Por su parte, Seri aportaría una tecnología que, de todos modos, apenas maneja y se encuentra en su fase experimental. Además, no es una gran empresa de baterías. Por si fuera poco, es un anuncio del cual no participa YTEC, mientras que el CIDMEJU no se encuentra interesado directamente en la investigación sobre baterías en la actualidad. En este caso es realmente notorio el desbalance entre lo que debe aportar la provincia y lo que asume la firma trasnacional, de manera prístina si se lo contrasta con las iniciativas que realizan los países vecinos, a todas luces mucho más favorables.

Además de los proyectos de agregado de valor encarados por la provincia de Jujuy, hay otros dos en marcha. Por un lado, YTEC posee una planta piloto de 300 mil dólares en su sede en Ensenada, provincia de Buenos Aires, con máquinas compradas a China con el objetivo de conocer la escala de fabricación y las problemáticas asociadas al escalado, pero la planta es rudimentaria. Los materiales que utilizaría son los desarrollados por los científicos de Córdoba-La Plata-Catamarca (Entrevista a Visintín, 2017). Otro proyecto que se está afrontando a nivel planta piloto es el que encara Plaka, una mediana empresa de la provincia de Córdoba. Se trata de una planta piloto de celdas construida en la Argentina, con planos diseñados por colegas de República Checa y materiales desarrollados por científicos de la Provincia. Empero, aunque permitiría hacer una batería cien por ciento argentina, «la tecnología va a ser obsoleta» (Entrevista a Leiva y Barraco, 2017). Estos últimos proyectos antes que beneficios económicos traerían la posibilidad de avanzar en el conocimiento científico, que hoy está limitado a la escala laboratorio: «Las dificultades asociadas al escalado solo las conoceremos al escalar. Seguimos resolviendo problemáticas científicas pero no las que demanda una planta piloto o industrial» (Entrevista a Flexer, 2018). Existen otros proyectos de agregación de valor como Litarsa, pero es solo un anuncio antes que algo sólido, y en el camino ha quedado la posibilidad de que la Corporación América,

una de las más grandes de Argentina, invierta en la producción de baterías (Entrevista a Visintin, 2017). Por último, el proceso termina con el ensamblado de la batería, etapa que no demanda gran saber científico y que en la Argentina actualmente se realiza a nivel industrial en dos empresas, Probattery y Plaka<sup>15</sup>, y también existe una iniciativa como Dynami, dedicada a baterías de litio ultra finas, aguardando un mercado potencial significativo. Estos espacios representan iniciativas con mayor o menor grado de robustez, pero que se encuentran dejadas a su suerte, sin un entorno que brinde condiciones para su despliegue, lo cual termina por presentar una constante enumeración de buenas intenciones de difícil concreción.

El Estado boliviano ha buscado intervenir y crecer en la confección de baterías de Ion-litio. En la zona potosina de Palca se encuentra en funcionamiento una planta ensambladora de baterías, comprada a la empresa China Linyi Gelon New Battery Materials Co., por un costo de 2,5 millones de dólares. Esta planta de ensamble posibilita la adquisición de experiencia en el tratamiento y comercialización de baterías. El gobierno plurinacional ha reaccionado frente a los mayores obstáculos con los que se enfrenta el proyecto boliviano: la debilidad del tejido industrial y el poco desarrollo del entramado científico-técnico en el país. En primer lugar, los testimonios de quienes dirigen el tránsito actual de la «Fase III» –la que corresponde a la fabricación de baterías– no dejan de subrayar la importancia del conocimiento, la tecnología y la innovación, de modo que recalcan la puesta en marcha en Palca del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Materiales Evaporíticos de Bolivia, con el propósito de acrecentar la producción de conocimiento local (Entrevista a Pozo, León y Carballo, 2017). En segundo lugar, en mayo de 2018 YLB ha realizado un *joint venture* con la alemana ACI System, una sociedad mixta donde la estatal boliviana tendrá 51% de participación, denotando cierta inteligencia de mercado que se le reclamaba (Andrade, 2017). La propuesta aceptada a ACI System prevé la inversión de 1300 millones USD –la contraparte boliviana está cifrada en unos 900 millones USD, de los cuales ya se ejecutó el 50% en las fases preliminares– para la instalación de un complejo que incluirá plantas de hidróxido de litio, de cátodos y de baterías de ion-litio de diverso tamaño y potencia, fundamentalmente destinadas al mercado europeo, que utilizarán como insumo principal el carbonato de litio que producirá una fábrica estatal<sup>16</sup>. Claro está, las dimensiones de la apuesta boliviana –que tiene por objetivo final una utilidad de 1000 millones USD anuales– contrastan con la que puede llevar adelante Jujuy y aun con el entramado privado que busca emplazar Chile.

Entretanto, una serie de anuncios de empresas transnacionales productoras de baterías aseguran que se radicarán en la región, sin que expresen por el

momento ninguna vinculación con la confección local de baterías. En Chile, las firmas chinas Vision Group, Kanhoo Group y MTL Shenzhen Group, junto a empresarios coreanos radicados en Chile prevén invertir 2000 millones USD en una planta para producir baterías de litio, en un horizonte de diez años, y utilizaría instalaciones que la Universidad de Chile posee en la Ruta 68. En Argentina, el gigante chino BYD proyecta instalar una fábrica de baterías para buses en Salta, pero es otro proyecto incierto. A su vez, Generals Motors menciona que invertirá 500 millones de dólares en las cercanías de la ciudad de Rosario para producir un modelo eléctrico que, afirma, estará disponible para 2020<sup>17</sup>. No dejan de ser meros anuncios, pero a su vez puede colegirse que cuando sea efectivamente rentable se instalarán y habrá que ver si por entonces existe la suficiente densidad regional como para blandir algún grado de autonomía. La competencia interlocal en cuanto a políticas ambientales y de seducción a los inversores que ofrezcan los mínimos costos para la fase extractiva que lleva a las provincias litíferas argentinas a competir entre sí, puede repetirse en cuanto a la normativa laboral o industrial para el conjunto de los países del hoy denominado Triángulo del litio, que podrían, de no mediar el crecimiento del desarrollo local, terminar por convertirse en un «triángulo de la maquila de baterías de Ion-Litio». Con todo, las políticas públicas entre los tres países, e incluso al interior de cada uno de ellos, son tan diferentes entre sí, que las posibilidades de una política de integración regional para con el litio se encuentra realmente alejada.

## **VI. Conjunción y disyunción de las esferas: ciencia, industria y política**

Los acumuladores de energía son un componente básico de una sociedad posfósil, con redes de generación descentralizadas y vehículos impulsados por electricidad. Contar con el recurso litio es un aspecto relevante pero cobra sentido cuando hay una infraestructura científico-tecnológica e industrias con capacidad de agregarle valor, con más razón si concierne a líneas estratégicas de desarrollo contemporáneas, como es el caso de la industria verde base del nuevo paradigma energético (Fornillo, 2017). La experiencia histórica demuestra que la acción de insertar ciencia y tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. En definitiva, evitar un papel subordinado de la región requiere incorporarse a cadenas de valor globales o bien gestar entramados productivos nacionales a partir de fronteras tecnológicas locales o bien diseñar nichos a los cuales volcar la producción, es decir, detentar una política estratégica precisa, sostenida, coordinada (Fornillo, 2015).

Entendemos que en el caso del litio, apostar por la cadena de valor que termina en la confección de baterías ofrece mayores ventajas que centrarse en la tecnología vinculada a la fase de extracción, básicamente porque el litio no es un elemento químico más, sino que forma parte de la nueva plataforma energética posfósil. Dicho rápidamente, estamos hablando ciertamente del nuevo paradigma energético que deberá hacer de base al conjunto de la sociedad por venir, donde las baterías de litio tienen un papel que cumplir, en el conjunto de la electromovilidad, por ejemplo (que representa la industria más grande del mundo, por la que China entró estratégicamente gracias a la producción de vehículos eléctricos, y de hecho la Agencia Internacional de Energía calcula que habrá 70 millones de autos eléctricos en 2025 –AIE, 2017–). Por si fuera poco, el mercado de las baterías de litio es de otro orden si se lo compara con el mercado del elemento químico primero: el monto de suministro de baterías de Ion-litio solo para vehículos ligeros puede llegar a 221 000 millones de dólares para 2024, mientras el litio, al momento en que Chile era el principal exportador mundial, representaba tan solo uno de los 30 minerales que componían el 1,4 % de las exportaciones mineras del país<sup>18</sup>. El conjunto tecnológico del nuevo paradigma energético, su inmensa industria verde (tecnología eólica, solar, electromovilidad, redes inteligentes, nueva infraestructura energética, etc.) de la que forman parte las baterías de litio, hoy en día representa la transición energética que encaran algunos países, comparable al peso del petróleo o el combustible fósil en general (lo cual, entendemos, es el basamento de una alternativa al desarrollo completa, otro universo que el beneficio político, económico, social y tecnológico que pueden acercar las tecnologías aguas arriba de la extracción del litio) (Fornillo, 2017). La veta central del litio, por lo tanto, reside en su carácter estratégico dentro del nuevo paradigma energético, de aquí los beneficios de las políticas realistas que apunten a un mayor margen de injerencia económico-tecnológica en su ruta de valor y en la creación de su sistema socio-técnico. Obviamente este camino está plagado de obstáculos para nuestros países; tan solo uno de ellos es que China supo que había que transitarlo y se abocó a dominarlo decididamente.

Sin embargo, realmente este no es nuestro problema, más aún, creemos que la dicotomía extracción vs. baterías terminaría por reproducir en las ciencias sociales y humanas una polaridad especular que puede darse en las «ciencias duras» en la Argentina por ejemplo, cuya causa de fondo en realidad es la falta de financiamiento del sistema científico. Esta falsa dicotomía oculta y lleva a desentenderse del problema real. Nuestro problema es qué tipo de política de articulación científico-industrial propician los países a partir de un esquema que busque la mayor participación de rentas y controles tecnológi-

cos locales. Visto así, resulta bastante significativo que un país como Bolivia en verdad tiene capacidad de dirigir, diseñar y participar de la renta y hasta de la tecnología del conjunto de la cadena, y Chile ha diseñado un modo de procurar participar ampliamente en gran parte de la renta y la tecnología que rodea al conjunto de la cuestión litífera. En la Argentina, además, las chances de crear tecnología en torno a la extracción no son para nada evidentes, no por capacidad tecnológica sino por otras razones: un informe que procuró dar cuenta de las oportunidades de desarrollarse en relación a la extracción litífera aseguraba que las empresas transnacionales radicadas en los salares no tienen interés en adoptar métodos de extracción alternativos, que demuestran poco interés en explotar recursos que no se encuentren en sus modelos de negocios, que existe escasa capacidad para regular la actividad de las empresas y, aunque resulte increíble, dificultades para acceder a los salares por parte de los investigadores de organizaciones públicas. El paisaje, en este país, es en la actualidad claramente regresivo.

Aunque nos enfocamos en el Triángulo del litio, queremos traer a colación una particularidad sudamericana que vale la pena considerar, el caso de Brasil. A la hora de mapear las publicaciones científicas respecto a la «cuestión litio» no debemos dejar de mencionar aquí la presencia de Brasil como un actor importante en Sudamérica. En la búsqueda de documentos conteniendo la palabra «*lithium*» en el buscador Scopus y sin restringir a áreas de conocimiento, el total de trabajos publicados es de 3593 entre los cuatro países<sup>49</sup>. De estos, la producción de Brasil es llamativamente superior: 2519 documentos contra 628 documentos de Argentina, 436 de Chile y 10 procedentes de Bolivia. De hecho, Brasil se encuentra entre los 20 países con más trabajos publicados, con un total similar al de Holanda, Suecia o Polonia y superior al de Israel, Singapur o Bélgica. Si se agrega la palabra «*batteries*» a la búsqueda y se restringe por áreas de conocimiento, el triángulo del litio más Brasil genera en conjunto 439 trabajos. Esta vez, encabeza Brasil (316), seguido por Chile (71), Argentina (70) y finalmente Bolivia con dos trabajos. En este caso, Brasil ocupa el puesto 24 en el ranking de países, presenta una tasa de crecimiento del número de documentos reportados más o menos constante e igual desde principios del siglo XXI, sin discontinuidades evidentes. Un punto a considerar, dado que este país no cuenta con reservas significativas de litio en su territorio .

Ahora bien, Chile es un país que posee especiales condiciones para estimular la concreción de un nuevo paradigma energético. Al contrario de lo que sucede en los países vecinos, carece de producción fósil de peso, la ciudad central de Santiago –donde vive casi el 40% de la población– acusa una

contaminación ambiental de peligro, no posee restricciones para importar electromovilidad y, además, cuenta con condiciones muy propicias para la generación de energía renovable, sea solar, eólica o minihidráulica. Si a eso se le suma un *elam* neoliberal general independiente del signo político de quien comande, y la decidida apelación a la inversión privada, no sería extraño que el estímulo al mercado de las nuevas industrias genere el beneplácito de las corporaciones globales, encontrando allí un espacio donde radicar su producción. Ciertamente, en ningún momento se pensó en Chile realizar el pasaje completo que va del salar a la batería; lo que parece predominar es la intensidad de los extremos de ese tránsito, es decir, una especialización en la materia prima o una apuesta a la comercialización, a la entrada al mercado por la cima. La inquietud por los modos de comercializar los avances científicos es en Chile una constante, bajo el despliegue de una suerte de apelación al realismo acerca de las posibilidades científicas, financieras y comerciales del país (aunque no carece de realismo, nunca faltó el argumento acerca de la inalcanzable cantidad de recursos que invierten los países centrales en investigación). El conjunto de los cerca de 24 millones de dólares anuales que deberán aportar SQM y Albemarle para investigación, se busca que contribuyan a conformar una suerte de «lithium valley», donde empresas, universidades e investigación se articulen para generar soluciones tecnológicas en el área del litio, la energía solar, la minería, el campo amplio de la «transición energética»<sup>20</sup>. Como contracara, la iniciativa privada es amo y señor de las posibilidades que se vislumbran, tal como afirma el vicepresidente de CORFO, Bitran: «si no hay financiamiento privado quiere decir que nos equivocamos»<sup>21</sup>.

Desde que se han creado ciertos lineamientos para con el litio a partir de la reunión de la comisión nacional, CORFO considera poseer una idea renovada de lo que quiere para el recurso, pero por otro lado esa misma idea parece navegar en cierta continuidad. Su iniciativa consiste en fabricar materiales catódicos, lo cual supone una escalada de valor en la fase química del proceso, con el objetivo de emplazar un *cluster* del litio. En este sentido, se trata de un proyecto que se asienta en una dinámica de la política pública chilena de hace más de cuarenta años: tener una perspectiva que busca el desarrollo por la vía de un capitalismo de corte decididamente neoliberal, y que para alcanzarlo apuesta al mercado de manera constante. Esta es una de las causas por la que no sería extraño que Chile sea el país que más rápidamente concrete la electromovilidad, la asunción de generación renovable y la comercialización de baterías de industria extranjera. La pregunta es si ese desarrollo y capacidad tecnológica podrá tener un carácter local o será un conocimiento puramente privado, como sucede con la investigación sobre

su propia actividad que lleva adelante SQM, la cual solo ha impactado en el dominio de patentes por parte de la empresa privada. La pregunta, a su vez, es si el desarrollo de un mercado puramente privado, sin control público de la tecnología y nula participación pública en el área energética, permitirá acrecentar los márgenes de bienestar de la población o redundará en mayores niveles de acumulación del sector privado, reproduciendo las desigualdades. Igualmente, errada o no, hoy Chile tiene una política para el litio.

La Argentina ha desestimado la asunción de una política para pensar el agregado de valor desde que asumió el macrismo. Si en la etapa política previa las intenciones de vincular el sector científico al industrial no fueron suficientes para gestar una real innovación, actualmente existe una política decidida para vaciar las capacidades científico-tecnológicas del país como potencial herramienta para promover el desarrollo<sup>22</sup>. Durante el año 2017, el entonces Secretario de Minería de la Nación, Daniel Melián, al presentársele la inquietud de condenar al país a una actividad litífera meramente extractiva desatendiendo el agregado de valor afirmó: «Eso es populismo puro, porque el desarrollo tecnológico no se compra en un kiosco. El único organismo público local que llegó al máximo de valor en el mundo ha sido la Comisión de Energía Atómica, que trabaja desde hace 70 años»<sup>23</sup>. Quitando el desconocimiento de que la electroquímica en nuestro país cumple exactamente siete décadas; que del actual centro dedicado a baterías –INIFTA– partieron electroquímicos a trabajar a la productora de aluminio Aluar<sup>24</sup> de Puerto Madryn en 1971; que en apenas tres años de contar con los laboratorios aptos se han logrado tener baterías a escala laboratorio empleando materiales propios prometedores, sus palabras tornan patente la desatención del Estado nacional a la cadena de valor del litio y una ignorancia comprobada acerca de lo que implica el desarrollo de un país. Por si fuera poco, resulta al menos llamativo que el Servicio Geológico Minero Argentino haya elaborado un informe detallado de las tenencias disponibles de litio en la Argentina para su explotación –*Argentina Lithium Map*– junto con el Servicio Geológico de Estados Unidos, y se apreste a acompañar una iniciativa semejante con la República Popular China, lo que induce obviamente a preguntarse por que las dos mayores potencias globales ofrecen su contribución a conocer de manera fehaciente las reservas de litio local. La Argentina posee materias primas claves, tiene conocimientos en productos químicos secundarios y la única etapa que no se estaría abordando en el país es la del armado de celdas de baterías, la parte más costosa desde el punto de vista técnico. El sistema científico abocado a la investigación de litio persevera con sus desarrollos, pero desligado de cualquier instancia de producción, dado que el sector empresarial tampoco realiza una inversión

de peso en el área química de desarrollo de materiales o en la industria de baterías; y además el gobierno no lo obliga ni lo estimula. Nos encontramos, en definitiva, frente a una lógica de corte extractiva, ya que predominan corporaciones globales que exportan el carbonato de litio sin ninguna agregación de valor, favorecida por un estado que le crea las condiciones para llevarlo adelante. Así, la política pública, la industria y el sistema científico se hallan desarticulados, y cada esfera languidece de forma aislada.

Actualmente, solo el gobierno de Jujuy pareciera encarar acciones tendientes a integrar verticalmente la cadena de agregación de valor, aunque se ve limitado por el presupuesto provincial y la casi nula participación del Estado Nacional, quedando subordinado a la lógica de las empresas privadas. Y el propio impulso de Jujuy, de una escala mucho menor que en los países vecinos, adolece de limitaciones propias. Por ejemplo, ni siquiera se plasma la posibilidad de dedicarse a la química primaria: la implementación de la planta piloto para producción de hidróxido de litio no se concreta por falta de financiamiento y por «falta de carbonato. JEMSE podría garantizarlo, pero no ha mostrado interés» (Entrevista a Flexer, 2018). Desde sus inicios JEMSE estuvo abocada a captar la renta –bajo un desempeño particularmente gris– de los emprendimientos privados mineros más que a oficiar de palanca del desarrollo (Fornillo, 2015). Particularmente en Jujuy, donde pareciera haber un plan provincial, los proyectos son de diferente envergadura en cada eslabón de la cadena, se encuentran segmentados, y se encaran a partir de distintos entramados público-privados. Habrá que ver si esta atomización inicial logra superarse en pos de un proyecto mayor, si es posible avanzar luego en las etapas que hoy no se están contemplando, que rol ocupará el conocimiento desarrollado en el ámbito público en todo el proceso, y si el resultado final será en términos de beneficios para la población local que hoy pareciera no ser tenida en cuenta. En definitiva, el mapa de actores comprometidos con la agregación de valor del litio en la Argentina es, como se puede observar, por lo menos escueto. Un gobierno nacional desinteresado; un gobierno jujeño jugando su propio juego a través de JEMSE, en relativa asociación con YTEC e inciertos capitales extranjeros; una serie de pequeñas y medianas empresas encarando algunos proyectos acordes a sus posibilidades; un Ministerio de Ciencia que hace años aborda una y otra vez el problema pero que contribuye siempre de modo escuálido sin una apuesta de peso, científicos dedicados a cumplir con su rol de científicos y a generar acercamientos y contactos para poder transferir esos conocimientos al sector industrial. En suma, la Argentina evidentemente no posee una política nacional estratégica respecto del litio (Jujuy, en su soledad estructural, poco ha podido hacer hasta aquí).

Resulta ilustrativo presentar el recorrido de una empresa como Probattery –una de las firmas más grandes de la Argentina en el comercio de baterías–, puesto que en mayo de 2012 realizó una inversión que le permitió incrementar la producción y ensamblaje de baterías para el programa Conectar Igualdad, siendo uno de los principales proveedores de baterías a las escuelas públicas. En su plan de inversiones, Probattery evaluó recurrentemente la oportunidad de dedicarse a la producción de celdas de batería, no se efectivizó debido a que, entre otras cosas, el costo de producción en su momento era mayor a un 25% respecto a una batería importada desde el exterior. Sin embargo, Probattery continuó abasteciendo al programa Conectar Igualdad y se consolidó en la fase de ensamble (Fornillo, 2015). La llegada del macrismo cerró el programa Conectar Igualdad, de modo que Probattery se vio en la obligación de reducir su planta de 100 a 25 trabajadores, con la perspectiva de reducirla aun más y descontando de hecho toda posibilidad de crecer en la cadena de valor. Bajo este panorama, gracias a una iniciativa de su socio chino, reorientó su actividad a buscar una explotación de litio, asumiendo que la extracción de litio era una salvación posible ante una realidad que en nada estimula la incorporación de valor que supo proyectar en su proceso productivo (Entrevista a Freund, 2017).

En Bolivia, para consolidar la producción de los recursos evaporíticos del salar de Uyuni se culminó con la construcción de la planta industrial de potasio –a cargo de la empresa China CAMC Engineering Co.–, se están formando las líneas de piletas que se precisan para depurar la concentración de diferentes compuestos químicos, y se encuentra en marcha la construcción de la planta industrial de carbonato de litio<sup>25</sup>. «Ya no necesitamos de la suerte», afirmó Gonzalo Alfaro, Jefe de Seguridad en las instalaciones del salar, y pareciera ser cierto (Entrevista, 2017). La proyección estratégica del proyecto litífero apunta a dos niveles. Primeramente, se trata de volver sustentable económicamente el emprendimiento en breve a partir de la explotación de potasio, del cual producirá 350 000 toneladas anuales (que representa 75 millones USD aproximadamente<sup>26</sup>), para de este modo ganar en independencia operativa y evitar la ansiedad por el despegue de la explotación. Muy posiblemente Bolivia podrá insertarse en el mercado del carbonato de litio, dada la necesidad de grandes empresas y países de asegurarse el aprovisionamiento y el poco valor agregado de la materia prima. Al mismo tiempo, la constitución de la empresa mixta con ACI system, cuyos acuerdos ya se encuentran avanzados<sup>27</sup>, le asegura un nicho donde volcar su producción de litio.

Paralelamente, la reciente creación de Yacimientos de Litio Bolivianos, en febrero de 2017, apunta a darle consistencia al proyecto litífero y se encamina en la dirección más certera: separar la empresa de su actual cobertura

minera –más aun sabiendo del peso que la Corporación Minera de Bolivia y el Ministerio de Minería tienen en Bolivia–, brindarle mayor autonomía y, fundamentalmente, darle a la «cuestión litio» integralidad en toda la cadena para incorporarla a un proyecto energético nacional. Este punto es central, porque Bolivia quiere pensarse a sí misma como un pulmón energético regional, y la vía más interesante consiste en situar a la energía del litio al interior de una transformación del paradigma energético que incluye pero también excede la «cuestión litio». En efecto, el Estado ha elaborado una política integral para con el recurso, busca intervenir en toda la cadena productiva de la energía del litio y la investigación se encuentra vinculada de modo directo al entorno productivo. El proyecto de *joint venture* con la empresa alemana en 2018, donde el YLB mantiene el control, la sitúa de lleno en el campo de la producción de baterías y le asegura un mercado (apuntar a una firma alemana es estratégicamente correcto, Europa no posee fábricas de baterías importantes, pero posee una industria automotriz gigante, y hoy está perdiendo peso futuro en manos de Asia, de modo que le es vital entrar en carrera). La presencia del Estado Plurinacional suplanta al sector empresario y aviva las capacidades tecnológicas, vía de desarrollo usual en países marginales. La importancia de este impulso puede colegirse de las declaraciones del propio vicepresidente, Álvaro García Linera: «Uyuni es nuestro banco del siglo XXI, ahí está nuestro destino (...) La inversión en litio para nosotros es de carácter estratégico. Permitirá a Bolivia producir baterías de litio [y] cloruro de potasio para la agricultura»<sup>28</sup>.

No es posible saber si el proyecto boliviano de recursos evaporíticos logrará sortear las dificultades que se le presentan, como la debilidad del entorno científico y económico, pero la vinculación con un nuevo socio europeo también apunta a paliar esta debilidad. Es entendible la apuesta por soportar un desarrollo estratégico sobre la base de las propias capacidades con las que cuenta el país, más aún a la luz de la histórica sangría de recursos en manos ajenas. El gobierno plurinacional, entonces, ha desplegado una política delineada y perseverante para con la «cuestión litio»: se apuesta por crecer en la cadena de valor a partir del acuerdo con socios estratégicos, y existe un fluido diálogo entre el poder ejecutivo y las comunidades locales. Este proyecto es indisociable de la historicidad que posee la extracción del litio en Bolivia y del papel protagónico que han tenido las comunidades originarias en ella, para imprimirle el actual rumbo. De este modo, hoy por hoy marchan aunadas la esfera de la ciencia, la industria y la política pública, resta ver si el entorno contextual que baña esta férrea voluntad política abre la posibilidad para afianzar una alternativa al desarrollo clásico.

## Notas

1. Constitución del Estado Plurinacional de Bolivia (Declaración Transitoria 8, 2010, Bolivia). [««\\_VOLVER](#)
2. Bolivia posee un plan estratégico de tres fases, todas encaradas por el Estado: una primera en la que se produzca la química primaria, una segunda en la que se confeccionen materiales activos y una tercera que suponga la propia producción de baterías, asociándose con empresas extranjeras fundamentalmente en esta última etapa. [««\\_VOLVER](#)
3. La larga vinculación entre la Universidad Tomas Frías y la Universidad Técnica de Freiberg se reedita a partir de un proyecto conjunto en el año 2008, cuyo fruto es el patentamiento de la «técnica de los conos» para extraer recursos evaporíticos, litio entre ellos. Una técnica probada pero con la dificultad de extenderse a una escala productiva masiva (Entrevista a Claros, 2017). [««\\_VOLVER](#)
4. «La Planta Industrial de Cloruro de Potasio será inaugurada el domingo en Uyuni», Prensa Consulado General de Bolivia en Buenos Aires (3/10/18). [««\\_VOLVER](#)
5. En este momento se desarrollan en el CIDMEJU siete tesis doctorales; la mayoría son profesionales formados en la Universidad Nacional de Jujuy. «El 60% de la investigación se aboca a nuevas técnicas de extracción, más sustentables pero principalmente más eficientes» (Entrevista a Flexer, 2018). En el CIDMEJU también se ha comenzado a trabajar en baterías de avanzada (baterías litio-aire y baterías litio-azufre), pero aún de manera incipiente. Sumados a los estudios de extracción de litio de salmueras, en diferentes puntos de Argentina se estudia el desarrollo de métodos de extracción de litio de rocas y de baterías agotadas (en la Universidad Nacional de San Luis, a cargo de Roberto P. Orosco; en la Universidad Nacional de Cuyo, bajo la dirección de Mario H. Rodríguez y en el CINDECA de La Plata, a cargo de Andrés Peluso). Estas líneas de investigación son relevantes en cuanto a que hay proyectos de exploración en las canteras de espodumeno en Las Cuevas, una mina ubicada al noreste de la provincia de San Luis y también porque permite pensar la reutilización del litio contenido en baterías usadas, disminuyendo la cantidad de residuos. En marzo del año 2017 los científicos de Mendoza solicitaron una patente internacional por el proceso de extracción y patentaron un «método para la disolución de LiCoO<sub>2</sub> contenido en baterías ion-litio agotadas» bajo la titularidad de CONICET y la Universidad Nacional de Cuyo. Empero, al día de hoy ninguna de estas técnicas de extracción o reciclaje se ha aplicado a nivel productivo. [««\\_VOLVER](#)
6. Cita Victoria Flexer en «¿Una estrategia para explotar el litio?» TSS 5/05/2016. [««\\_VOLVER](#)
7. El pasaje que va del litio a la batería posee cuatro pasos básicos: 1) contar con los elementos químicos, el litio entre ellos; 2) el procesamiento de esos químicos, lo que se llama el pasaje del carbonato de litio a los compuestos, esto es, contar con las diferentes sales y materiales químicos procesados que se utilizan en la emulsión

- que contiene la batería; 3) producir los elementos físicos de la batería. Se requiere, por ejemplo, realizar las celdas, lo cual demanda insumos de difícil composición como los separadores (permiten el pasaje selectivo de una serie de compuestos entre el ánodo y el cátodo de una batería); 4) el ensamblado final del producto (Fornillo, 2015). [«« VOLVER](#)
- 8.** Acuerdo CORFO-Rockwood. [«« VOLVER](#)
  - 9.** «Tres Empresas Invertirán US\$ 754 millones para industrializar el Litio en el Norte de Chile». *Estrategia* (31/5/18). [«« VOLVER](#)
  - 10.** «Morales inaugura planta piloto de materiales catódicos». *Página Siete* (23/8/17). [«« VOLVER](#)
  - 11.** La fuente de financiamiento privilegiada de las mismas empresas que explotan el litio aun puede colegirse del impulso dado por la Universidad Pontificia de Chile a la investigación de materiales avanzados para el almacenamiento de energía usando sales de litio, además de nuevas tecnologías de extracción, que se llevó adelante en el Centro de Innovación UC Anacleto Agenili, financiado por Rockwood y liderado por René Rojas. O bien, el apoyo económico que recibió la misma Universidad para investigaciones relacionadas con los efectos benéficos del litio para la salud humana. «Rockwood Lithium y Centro de Innovación de la Universidad Católica firman convenio marco de colaboración». Centro de Innovación UCAA, noticias (11/08/15). [«« VOLVER](#)
  - 12.** «Chile tendrá en octubre el Instituto Solar Minero». *Periódico Lea* (27/04/17). [«« VOLVER](#)
  - 13.** Consulta RRHH página web CONICET (se seleccionó la palabra litio en la búsqueda de recursos humanos que alguno de sus trabajos contengan la palabra litio excluyendo el área de Ciencias Biológicas y de la Salud, que en la mayoría de los casos investigan el litio en tanto componente de psicofármacos). [«« VOLVER](#)
  - 14.** La referencia es realizada porque los autores se encontraban presentes en el encuentro. [«« VOLVER](#)
  - 15.** La tercera y medular etapa del armado de las celdas incluye la incorporación del BMS, el sistema eléctrico que controla el estado de carga y el estado de salud de la batería (SoC y SoH respectivamente, por sus siglas en inglés). Este tema es uno de los desafíos tecnológicos que YTEC planteó a fines del año 2017 en su Laboratorio de Ideas (un espacio de encuentro entre la empresa y científicos de la región que busca forjar proyectos de colaboración). Se trata de un tema de relevancia, considerando que el BMS es específico para cada tipo de baterías. En ese sentido, es importante destacar la existencia de una solicitud de patente, del Dr. R. H. Milocco «Método y Dispositivo para Determinar el Estado de Carga y la Capacidad de Baterías Recargables», que constituyen resultados promisorios para ser aplicados en la industria. [«« VOLVER](#)
  - 16.** «Bolivia adjudica a Alemania la construcción de su primera fábrica de producción de litio». *Energía Estratégica* (26/4/2018). [«« VOLVER](#)
  - 17.** «Grupo chino-coreano prevé invertir US\$ 2.000 mills. en planta para producir baterías de litio», *Minería Chilena* (6/11/2016). «Avanza un proyecto chino para instalar una fábrica de buses eléctricos en salta», *TELAM* (24/09/2017); «Generals Motors co-

- menzará a vender autos eléctricos en el país este año», TELAM (13/02/2018). [«« VOLVER](#)
- 18.** «The Global Market for Lithium Ion Batteries for Vehicles is Expected to Total \$221 Billion from 2015 to 2024, According to Navigant Research». *Business wire* (17/02/16) y Ministerio de Minería de Chile, 2013. [«« VOLVER](#)
- 19.** Scopus es la base de datos más grande del mundo, concentrando 22 878 revistas científicas de las 150 000 que, se estima, circulan en todo el globo (Cátedra CPS, 2015). Teniendo en cuenta que apenas el 20 % de las revistas están indexadas, el universo Scopus representaría el 75 % del total de publicaciones que pueden ser incluidas en indicadores bibliométricos. Para un debate sobre la utilización de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la producción científica, véase Cátedra CPS, 2015. [«« VOLVER](#)
- 20.** «El “Silicon Valley del litio” que alista CORFO con platas de SQM y Albemarle: Licitación será en 2019» *La tercera* (5/09/2018). [«« VOLVER](#)
- 21.** Cita Bitran en: «La proyección de litio a futuro es extraordinariamente atractiva». *Minería Chilena* (12/7/2017). [«« VOLVER](#)
- 22.** El cambio de gobierno en 2015 modificó las políticas de Ciencia y Técnica a nivel nacional. A pesar de la vigencia del Plan 2020, el presupuesto real de ciencia y tecnología cayó sistemáticamente desde 2015 en adelante; se restringieron las vacantes para ingresar a la carrera del investigador científico de CONICET, además del desmembramiento de áreas estratégicas centrales como Fabricaciones Militares, Empresa Argentina de Soluciones Satelitales, Producción Pública de Medicamentos, Instituto Nacional de Tecnología Industrial y el Plan Nuclear Argentino, entre otras. [«« VOLVER](#)
- 23.** «Litio: el oro blanco de la Argentina». *La Nación* (3/9/17). [«« VOLVER](#)
- 24.** Aluar (Aluminio Argentino S.A.) es una empresa de capitales argentinos. Es la única que produce aluminio primario en Argentina y una de las más grandes de Sudamérica. [«« VOLVER](#)
- 25.** Parte de la información fue recabada de primera mano en la visita al complejo productivo del Salar de Uyuni durante el mes de febrero del año 2017. [«« VOLVER](#)
- 26.** Noviembre 2018. Recuperado de: <http://www.indexmundi.com> [«« VOLVER](#)
- 27.** El avance de los acuerdos nos ha sido mencionado en comunicación personal por el director de la Fundación Friedrich Ebert de Bolivia, Daniel Agramont. [«« VOLVER](#)
- 28.** «La inversión en litio para nosotros es de carácter estratégico». *Prensa COMIBOL* (26/09/2017). [«« VOLVER](#)

## Referencias bibliográficas

- FORNILLO, Bruno (coord.) (2015). Geopolítica del litio. Industria, ciencia y energía en Argentina. Argentina: El Colectivo-CLACSO.
- FORNILLO, Bruno (2017) Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: antropoceno, geopolítica y posdesarrollo. *Revista Prácticas de Oficio*. V. 2. N°. 20. Argentina: IDES.
- AIE (2017). Global EV Outlook. Recuperado de: [www.iea.org](http://www.iea.org).
- ANDRADE, M. (2017). *La industrialización del litio en Bolivia*. Bolivia: CIDES-UMSA.
- BALTRA AEDO, G. (1985). El litio. Tercera oportunidad para Chile. *Revista Creces. Ciencia y Tecnología*. Chile: Universidad Diego Portales.
- BITRAN, E. (2017). Estrategia e institucionalidad para la transformación digital de la producción y los servicios. En 5to Summit País Digital, Chile. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/PASDIGITAL/pais-digital-bitran>
- CALLA ORTEGA, R. (2014). Impactos de la producción industrial del carbonato de litio y del cloruro de potasio en el salar de Uyuni (pp. 23-61). En Guzmán Salinas (ed.). *Un presente sin futuro. El proyecto de industrialización de litio en Bolivia*. La Paz: CEDLA. Recuperado de: [https://www.cedla.org/sites/default/files/un\\_presente\\_sin\\_futuro.pdf](https://www.cedla.org/sites/default/files/un_presente_sin_futuro.pdf)
- CATALANO, L. (1964). Boro- Berilio- Litio. Buenos Aires: Ministerio de Economía de la Nación, Secretaría de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería.
- CÁTEDRA CPS (2015). *Publicaciones científicas ¿comunicación o negocio editorial?* Recuperado de: <http://blogs.unlp.edu.ar/catedracps/documentos/>
- CLAROS, J. (2009). *La Universidad Autónoma Tomás Frías y su estrategia de aprovechamiento integral de los recursos naturales de la cuenca del salar de Uyuni*. Mimeo.
- \_\_\_\_\_ (2012). *El litio del salar de Uyuni. Innovación-tecnología-explotación*. mimeo.
- CLORAR (2017). Producción de litio metálico. En Taller «Desafíos y oportunidades de la industrialización del litio en Argentina». 29 de noviembre de 2017. Jujuy: Gobierno de Jujuy, MINCYT, BID.
- COMISIÓN CHILENA DEL COBRE (COCHILCO) - Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) (2001). Resumen de la Mesa Redonda: El estado de la investigación científica y tecnológica sobre el litio en Chile y sus perspectivas. Chile: Gobierno de Chile.
- CÓRDOBA, M. (1983). Litio: bases para una estrategia de desarrollo. *Revista Creces. Ciencia y Tecnología*. Chile: Universidad Diego Portales.
- DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS (2002). Estudio Económico - Jurídico de una Eventual Liberalización de la Explotación y Comercialización del Litio. Informe Final. Proyecciones e Impactos. Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- ECHAZÚ ALVARADO, L. A. (2015). Un proyecto 100% estatal. Industrializando carbonato de litio y cloruro de potasio con dignidad y soberanía. En F. Nacif y M. Lacabana (Coord.). *ABC del litio sudamericano* (pp. 303-339). Buenos Aires: CCC, Universidad de Quilmes.
- KLOSTER, M., Castello, A., Porta, F., Baruj, G. e I. Zweig (2014). *Industrialización del litio*

- y agregado de valor local: informe técnico-productivo. Argentina: CIECTI-MCYT.
- KREIMER, P. (2013). Conocimientos científicos y utilidad social. *Revista Ciencia, Docencia, Tecnología*. Vol. XIV). Argentina: UNER.
- LAGOS, G. (1984). La tecnología del litio y su disponibilidad en nuestro país. *Revista Creces. Ciencia y Tecnología*. Chile: Universidad Diego Portales.
- \_\_\_\_\_ (2012). *El desarrollo del Litio en Chile: 1984-2012*. Chile: Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- \_\_\_\_\_ (2017). *El desarrollo del Litio en Chile: 1984-2017*. Santiago de Chile: EDITEC.
- LÓPEZ HURTADO, J. (2014). Modelos interpretativos de la relación estado-empresa-universidad. *Revista Clío América* (15). Colombia: Universidad del Magdalena.
- NACIF, F. (2012). Bolivia y el plan de industrialización del litio. Un reclamo histórico. *Revista de la CCC* (14/15). Buenos Aires: CCC.
- POVEDA, P. (2014). Impacto económico de la industrialización del litio del salar de Uyuni en la región. En Guzmán Salinas (ed.). *Un presente sin futuro. El proyecto de industrialización de litio en Bolivia* (pp. 123-168) (pp. 23-61). La Paz: CEDLA. Disponible en: [https://www.cedla.org/sites/default/files/un\\_presente\\_sin\\_futuro.pdf](https://www.cedla.org/sites/default/files/un_presente_sin_futuro.pdf)
- SABATO, J. A. y Botana, N. (2011). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. En *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Ediciones Biblioteca Nacional. Colección PLACTED.
- STRÖBELE-GREGOR, J. (2015). Desigualdades estructurales en el aprovechamiento de un recurso estratégico La economía global del litio y el caso de Bolivia. *Working Paper Series*, N° 79. Recuperado de: [www.desigualdades.net](http://www.desigualdades.net)
- TOWNLEY, B., Díaz, A. y Luca, R. (2018). *Potencial de exploración y explotación de recursos de Cobalto en Chile*. Chile: Universidad de Chile-CORFO.

### Entrevistas citadas

#### Argentina

- BARRACO, Daniel. Investigador CONICET-Cordoba, 2018.
- COLLET, Juan. Investigador CONICET, CNEA, 2013.
- FLEXER, Victoria. Investigadora CONICET, Jujuy, 2018.
- FREUND, Guillermo. Director de Probattery, 2017.
- LEIVA, Ezequiel. Investigador CONICET-Cordoba, 2018.
- SIMONE, Hector. Presidente del CIDMEJU, 2018.
- SPADILLERO, Bruno. Empresa Clorar de Santa Fé, 2018 (comunicación personal).
- VISINTIN, Arnaldo. Investigador CONICET-INIFTA, La Plata, 2017.

#### Bolivia

- Alfaro, Gonzalo. Jefe de seguridad de instalaciones Uyuni, Uyuni, 2018.
- Carballo, Ronandt. Director de Electroquímica y Baterías de GNRE, La Paz, 2017.
- Claro, Jaime. Universidad Tomás Frías, Potosí, 2017.
- Córdoba, Hector. Ex presidente Corporación Minera de Bolivia, La Paz, 2017.
- León, Graciela. Área operativa GNRE, La Paz, 2017.
- MONTENEGRO, Juan Carlos. Ex director área operativa GNRE, La Paz, 2017.
- POZO, Aleida. Área operativa GNRE, La Paz, 2017.

### **Chile**

ALEE, Jaime. Centro de Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 2017.

DESORMEAUX, Daniela. Manager General Signumbox, 2017.

EBENSPERGER JESSEN, Arlene. Directora Ejecutiva, CORFO, 2017.

GIMENEZ, Daniel. vicepresidente de SQM, 2017.

GONZALEZ, Guillermo. académico en física de la Universidad de Chile, 2017.

GRAGEDA ZEGARRA, Mario. CELIMIN, correo personal, Chile, 2017.

LAGOS, Gustavo. Académico de Ingeniería en Minas de la Pontificia Universidad Católica, 2017.

MATA, Manuel. Co fundador Eli-Batt SpA, 2017.

### **Datos y Estadísticas**

CONICET (cantidad de personal cuyo título de investigación contiene la denominación «Litio». Acceso el 25 de octubre de 2018. [www.conicet.gov.ar](http://www.conicet.gov.ar)).

INDEXMUNDI (Acceso 27 de octubre ed 2018. [www.indexmundi.com](http://www.indexmundi.com))

### **Documentos de Estado**

CONSTITUCIÓN DEL ESTADO PLURINACIONAL de Bolivia.

GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORÍTICOS (GNRE). 2016. Memorias. Bolivia.

ACUERDO CORFO-ROCKWOOD.

MINISTERIO DE MINERÍA DE CHILE, Anuario de la Minería, 2013.

BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA (BNE), 2016, Comisión Nacional de Energía, Chile.