1
DOCUMENTOS
DE TRABAJO DE CENIT

Litio argentino: oportunidades, tecnologías y políticas para desarrollar su cadena de valor.

Anabel Marin, Diego Murguía y Kevin Itoiz

ISSN:
OCTUBRE | 2024

Centro de Investigaciones
para la Transformación
EEyN_UNSAM

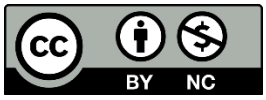
cenit

Documentos de Trabajo de CENIT es una publicación periódica que tiene como objetivo difundir resultados de investigaciones realizadas en el Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT). Trabajamos en temas de ciencia, tecnología e innovación analizando principalmente su interacción con los procesos de transformación hacia la sustentabilidad económica, social y ambiental. Buscamos que nuestras investigaciones contribuyan al conocimiento científico y al debate público.

Los temas de los Documentos de Trabajo de CENIT reflejan el amplio espectro de líneas de investigación del Centro en los campos de la economía de la innovación y de los estudios sociales de ciencia y tecnología; incluyendo: innovación en recursos naturales; bioeconomía; transición energética; desarrollo sostenible; co-producción de conocimiento; activismos; política productiva y en ciencia, tecnología e innovación; entre otros.

CENIT – Centro de investigaciones para la transformación.
cenit@unsam.edu.ar
Editado por la Escuela de Economía y Negocios – Universidad Nacional de San Martín.
inveeyn@unsam.edu.ar | Tel: +54 (11) 4580-7250 136/140

Los Documentos de Trabajo de CENIT se comparten con licencias abiertas CC BY-SA 4.0, Atribución/Reconocimiento-Compartirigual 4.0 Internacional
https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es



El contenido de esta publicación refleja únicamente las opiniones de sus autores y no representa necesariamente la posición del Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT) ni de la Escuela de Economía y Negocios (EEyN) de la Universidad Nacional de San Martín. Ni el CENIT ni la EEyN asumen responsabilidad alguna por el uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación.

Como citar: **Marin, A.; Murguía, D.; Itoiz; K. (2024), Litio argentino oportunidades, tecnologías y políticas para desarrollar su cadena de valor, Documento de Trabajo CENIT, N° 1/2024**

Autores

Anabel Marin es actualmente Investigadora Asociada y Líder del Clúster de Negocios, Mercados y Estado en el Instituto de Estudios del Desarrollo (IDS). También es investigadora de CONICET en Argentina (actualmente en licencia). La Dra. Marin es Editora Asociada de la revista *Innovation and Development* y editora invitada del número especial "Focus on Social and Environmental Aspects of Resource Extraction of Energy-Transition Minerals" en *Environmental Research Letters*. Sus proyectos actuales se centran en políticas de ciencia e innovación para el desarrollo de fármacos, políticas industriales verdes, cambios estructurales asociados a las industrias de recursos naturales; democratización de los sistemas de ciencia e innovación para los sistemas agroalimentarios; conflictos socioambientales y transiciones económicas y ecológicas, innovaciones institucionales para la gestión de recursos comunes, y la digitalización del sector de la salud. Visite https://www.ids.ac.uk/people/anabel-marin/ para más información.

Kevin Itoiz es Licenciado en Gestión Empresarial Internacional (ESEADE), Maestría en Administración de Negocios (ESEADE) y MA en Governance, Development and Public Policy por IDS, Universidad de Sussex, Reino Unido. Actualmente es Gerente de Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Diego Murguia es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) y del Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT) de la Escuela de Economía y Negocios de la Universidad Nacional de San Martín. Es investigador asociado del Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP) de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires y del Instituto para el Desarrollo de la Minería Sustentable (IDeMiS) de la Universidad Católica de Salta. Sus intereses e investigaciones se enmarcan en torno a la gobernanza para la sostenibilidad de los recursos minerales y abarcan cuestiones de cadena de valor, desarrollo local de proveedores e innovación, institucionalidad minero-ambiental y políticas públicas.

Agradecemos al Ing. Eduardo Gigante por la revisión meticulosa del manuscrito. También agradecemos el tiempo y la información brindada generosamente por todos los entrevistados.

Índice

Abstract 3
Resumen ejecutivo 5
1. Introducción 10
2. Metodología 11
3. Contexto 12
4. Análisis de las capacidades empresariales y científico tecnológicas 35
5. Políticas 59
6. Reflexiones finales y recomendaciones 67

Resumen

El litio es un mineral hoy día considerado crítico para la producción de baterías de ion de litio, una tecnología clave para la transición energética. Si bien Argentina viene expandiendo su producción y ganando terreno entre los principales países proveedores, necesita potenciar sus capacidades para aprovechar las oportunidades mientras la "ventana del litio" permanezca abierta. A partir de revisión bibliográfica y entrevistas a 25 actores clave, en este estudio analizamos la cadena de valor del litio en Argentina e identificamos los segmentos con mayor potencial para el desarrollo de capacidades empresariales, extractivas, científico-tecnológicas y de agregado de valor.

En el segmento extractivo de la cadena encontramos que Argentina ha sido pionera en el desarrollo de tecnologías de extracción directa para litio, actualmente en el centro de la atención internacional por su mayor eficiencia productiva y potencial menor impacto ambiental. Esta tecnología aún está en fase temprana de desarrollo y abre posibilidades para que las empresas mineras y los institutos de investigación nacionales puedan colaborar y avanzar en innovaciones de proceso. En esa parte de la cadena también encontramos oportunidades para potenciar aún más el desarrollo local de proveedores especializados en la fase extractiva y en el diseño de nuevos tipos de baterías. Respecto del agregado de valor y adelantándose a los objetivos que tiene Chile, vemos que Argentina, especialmente a partir de las inversiones del consorcio público-privado Y-TEC, ha logrado un relevante aprendizaje tecnológico en la producción de material catódico y otros insumos necesarios fabricar celdas y baterías de ion-litio.

En línea con las tendencias internacionales y casos exitosos como el de China en materia de desarrollo tecnológico para la electromobilidad, creemos necesario promover políticas productivas, industriales y científico-tecnológicas. Estas deben aprovechar los desarrollos acumulados en tecnologías de frontera y lograr mayor vinculación de empresas con el ecosistema nacional de ciencia y tecnología en la búsqueda de soluciones productivas, de innovación tecnológica asociada a la electromobilidad y para la sostenibilidad ambiental y social en el manejo de la cadena de valor del litio.

Palabras clave: innovación tecnológica; sostenibilidad ambiental; industrialización del litio; alianzas público-privadas; política pública

Abstract

Lithium is a mineral today considered critical for the production of lithium-ion batteries, a key technology for the energy transition. Although Argentina has been expanding its production and gaining ground among the main supplier countries, it needs to enhance its capabilities to take advantage of opportunities while the "lithium window" remains open. Based on a bibliographic review and interviews with 25 key actors, in this study we analyze the lithium value chain in Argentina and identify the segments with the greatest potential for the development of business, extractive, scientific-technological and value-added capabilities.

In the extractive segment of the chain we find that Argentina has been a pioneer in the development of direct extraction technologies for lithium, currently at the center of

international attention due to its greater productive efficiency and potential lower environmental impact. This technology is still in the early stages of development and opens possibilities for mining companies and national research institutes to collaborate and advance process innovations. In that part of the chain we also find opportunities to further promote the local development of suppliers specialized in the extractive phase and in the design of new types of batteries. Regarding the added value and anticipating the objectives that Chile has, we see that Argentina, especially from the investments of the public-private consortium Y-TEC, has achieved relevant technological learning in the production of cathode material and other inputs necessary to manufacture lithium-ion cells and batteries.

In line with international trends and successful cases such as China in terms of technological development for electromobility, we believe it is necessary to promote productive, industrial and scientific-technological policies. These must take advantage of the accumulated developments in frontier technologies and achieve greater linkage of companies with the national science and technology ecosystem in the search for productive solutions, technological innovation associated with electromobility and for environmental and social sustainability in the management of the lithium value chain.

Keywords: technological innovation; environmental sustainability; lithium industrialization; private-public alliance; public policy

Resumen ejecutivo

Introducción

Argentina, junto con Chile y Bolivia, forma parte del "Triángulo del Litio", hogar de las mayores reservas y recursos de litio del mundo. Si bien Australia es el principal productor global de compuestos de litio, el Triángulo del Litio posee el 53% de los recursos globales y ofrece ventajas económicas y ambientales significativas para su extracción. Ello explica que Chile sea el segundo productor global detrás de Australia, y Argentina el cuarto detrás de China. Dentro del Triángulo, Argentina se diferencia por un régimen liberal de regulación del litio el cual ha sido efectivo en atraer inversión privada para exploración y explotación: desde 2010 hasta 2022, recibió la mayor inversión anual promedio en exploración litífera a nivel global, capturando el 61% del gasto en exploración de América Latina. Con una reserva de litio de 3,6 millones de toneladas, se ubica en el tercer puesto del ranking global. Con miras a futuro, y a diferencia de Chile, los nuevos proyectos argentinos están en continuo avance: durante 2024 comenzó la producción comercial en el cuarto proyecto de litio (Centenario-Ratones en Salta) y hoy día hay cuatro proyectos en construcción avanzada. Nuestras proyecciones indican que, de mantenerse la tendencia actual hacia la puesta en producción de proyectos en factibilidad, de los proyectos en construcción y la ampliación de proyectos operativos, Argentina podría estar produciendo 166 kilotoneladas de carbonato de litio equivalente (CLE) a fines de 2025 (vs 51 kilotoneladas en 2023) y cerca de 480 kilotoneladas de CLE hacia 2035 (ver Figura 4 en el informe).

La explotación de litio en Argentina presenta oportunidades sustanciales para el cambio estructural, promoviendo el desarrollo de capacidades en sectores relacionados. Sin embargo, las tendencias históricas muestran que las actividades extractivas a menudo operan como enclaves con desarrollo limitado de proveedores especializados y actividades de valor agregado.

Este estudio utiliza evidencia de fuentes secundarias y 25 entrevistas semi-estructuradas con actores clave a lo largo de la cadena de valor del litio, incluidas empresas mineras, proveedores y funcionarios para explorar capacidades y barreras para la diversificación productiva en base al litio en Argentina.

El informe analiza la cadena de valor del litio desde la extracción hasta la producción de baterías de iones de litio para almacenamiento de energía. Identificamos en qué segmentos de la cadena hay presencia de empresas argentinas y analizamos oportunidades para que Argentina se integre en diversas etapas de la cadena de valor, desde la extracción de materia prima hasta la fabricación de componentes de baterías.

Evidencia Empírica y Hallazgos Clave

1. Capacidades para la Extracción:

La mayoría de los proyectos de extracción de litio en Argentina están liderados por empresas extranjeras. Participantes nacionales notables incluyen JEMSE e YPF Litio, aunque su participación sigue siendo limitada en comparación con los actores internacionales. Con respecto al desarrollo tecnológico, Argentina ha sido pionera en el desarrollo e implementación de tecnologías de Extracción Directa de Litio (DLE), actualmente en el centro de la atención internacional debido a su mayor eficiencia productiva y a la posibilidad de tener menor impacto sobre los recursos hídricos. Argentina se destaca por ser pionera en el desarrollo de dicha tecnología: desde 1998 el proyecto Fénix de Arcadium Lithium (ex Livent) en Catamarca utiliza un método híbrido que combina DLE y técnicas tradicionales de evaporación. Más recientemente la empresa Eramet ha comenzado la producción comercial en el proyecto Centenario-Ratones con un proceso productivo 100% basado en la tecnología de DLE y existen desarrollos de la empresas Tecpetrol e Y-TEC, entre otras. En materia de I+D respecto de tecnologías de extracción existen proyectos conjuntos de Y-TEC y el Centro De Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJu) enfocados en desarrollar métodos de extracción eficientes y sostenibles ambientalmente.

2. Capacidades para el Agregado de Valor:

Argentina se inserta en la cadena global de valor del litio principalmente como productora de compuestos de litio (carbonato de litio grado batería y grado técnico, y en menor medida cloruro de litio - en un futuro próximo también se producirá hidróxido de litio) que se utilizan como precursores (junto a otros minerales como el cobalto y el níquel) en la sinterización del material catódico. Este último junto a los materiales activos del ánodo, electrolitos, separadores y otros componentes son los necesarios para la fabricación de celdas de baterías. Sin embargo, en Argentina también hay desarrollos interesantes de mayor complejidad tecnológica en otras etapas de la cadena de valor y con gran potencial. El caso más relevante es el de la empresa Y-TEC, un consorcio público-privado cuyo objetivo ha sido la puesta en marcha de una planta de celdas y baterías de ión-litio denominada UniLiB y con plantas en Berisso (provincia de Buenos Aires) y Santiago del Estero. El objetivo de dicha iniciativa, la cual incluye la producción nacional de material catódico, electrolitos y separadores, ha sido principalmente de aprendizaje tecnológico con la idea de producir baterías nacionales con fines sociales. El cambio de gobierno nacional en diciembre de 2023 impulsó cambios en la gestión de dicha empresa y de la empresa YPF lo cual generó incertidumbre con respecto al futuro de la iniciativa UniLiB. Sin embargo, es clave continuar la implementación de mecanismos institucionales de transferencia de las capacidades adquiridas entre el sector empresarial y el sector científico-técnico.

Otros casos menos conocidos pero de gran relevancia y que abordamos en este estudio son el caso de Dynami, una empresa nacional *start-up* de baterías ultradelgadas y los casos de las empresas productoras de vehículos eléctricos. El primer caso da cuenta de cómo la existencia de recursos humanos calificados asociados al sistema nacional de ciencia y tecnología y especializados en la industria del litio fue un factor clave para el surgimiento y desarrollo de dicha empresa la cual está desarrollando tecnología de punta en el muy dinámico mundo de las baterías para vehículos eléctricos. Los casos de los fabricantes nacionales de vehículos eléctricos (VEs) como Volt o Coradir demuestran cómo la existencia de un sector automotriz convencional desarrollado ha sido la base para el incipiente desarrollo del sector de VEs en Argentina. Sin embargo, la falta de una legislación nacional de promoción de la electromovilidad que provea incentivos a la demanda y la falta de capacidades empresariales y técnicas para la producción nacional de baterías son limitantes muy relevantes para que dichas empresas puedan escalar la producción y mejorar la calidad de los VEs.

3. Provisión de Productos y Servicios Especializados:

El desarrollo de los proyectos de litio está impulsando un sostenido crecimiento del ecosistema de proveedores que se insertan en la cadena mediante la provisión de bienes y servicios de diferente complejidad tecnológica en las diversas etapas de los proyectos.

La etapa de construcción de los proyectos representa la más intensiva en términos de demanda de insumos y aquella donde, si bien limitada en el tiempo (1 a 3 años), se inserta el mayor número de proveedores argentinos. En este trabajo identificamos una amplia presencia de proveedores nacionales operando en los proyectos en construcción. Dentro de ellos se destacan dos segmentos: en primer lugar el de obras civiles, viales e ingeniería de proyectos, en general en manos de grandes empresas argentinas, en su mayoría radicadas fuera de las provincias litíferas. En segundo lugar se destaca el segmento de geo-sintéticos para revestimiento de pozas de evaporación con presencia de empresas nacionales de tamaño medio operando en la fabricación de las membranas como en su colocación y mantenimiento (casos de Rappachiani, IPESA, SIGSA). También en el segmento metalúrgico identificamos dos empresas familiares (Ferigutti, BSD) que han atravesado un proceso intensivo de capacitación y crecimiento sostenido a la par del desarrollo de algunos proyectos de litio. Estos casos dan cuenta de cómo los proyectos de litio han logrado impulsar el desarrollo de capacidades empresariales en empresas nacionales, las cuales están en una mejor posición de poder competir dentro y fuera del mercado nacional.

Respecto de la etapa de producción, si bien es la más duradera en el tiempo (puede alcanzar los 40 años en algunos yacimientos litíferos), requiere una provisión regular más acotada de insumos y servicios. En relación a los insumos, los más importantes para los proyectos mineros de litio que emplean la tecnología evaporítica son los reactivos químicos que se consumen en el proceso productivo del carbonato y/o cloruro de litio, en particular la cal, el carbonato de sodio (o soda ash), ácidos, sulfatos y soda cáustica. Respecto de la cal encontramos que en Jujuy se destaca un proveedor histórico (Los Tilianes) el cual ha ampliado su capacidad productiva y es el principal abastecedor de los proyectos en producción en dicha provincia, con perspectivas a abastecer a nuevos emprendimientos. Además, existen proveedores en otras provincias que podrían también abastecer el mercado interno. En relación a la soda ash, los proyectos de litio dependen casi en su totalidad de importaciones. En relación a otros químicos necesarios para el proceso productivo también encontramos que, dado el desarrollo de la industria química en Argentina, existen proveedores que ya están realizando inversiones en previsión del aumento de la demanda y pueden proveer los insumos necesarios en cantidad y calidad. Ejemplos de ello son la empresa petroquímica Río Tercero (provincia de Córdoba) o la empresa Ledesma quienes ya abastecen a los proyectos de litio con soda cáustica y ácido clorhídrico.

Perspectivas Futuras y Recomendaciones

Las proyecciones sugieren un crecimiento significativo en la capacidad de producción de compuestos de litio en Argentina. Fomentar el desarrollo de las capacidades y de la I+D tanto aguas abajo como aguas arriba es fundamental para maximizar la ventana de oportunidad que ofrece el desarrollo tecnológico asociado a la transición energética, el mercado de los vehículos eléctricos y de las baterías de ión-litio.

En primer lugar resulta clave, en línea con las tendencias internacionales, mantener una política productiva e industrial que aproveche los desarrollos empresariales en tecnologías de frontera asociadas al litio e incorpore al sistema nacional de ciencia y tecnología en el mismo. Aguas abajo ello implica asegurar que los aprendizajes tecnológicos realizados por el consorcio Y-TEC sean transferidos al ecosistema de ciencia y técnica y que existan sinergias entre ambos para poder mantener una continuidad en los trabajos de I+D realizados. Aguas arriba existe gran presión en el mercado internacional por reducir el impacto ambiental en la extracción de los minerales como el litio. Por ello, los grandes avances en tecnologías de extracción directa en Argentina representan una gran oportunidad para la innovación (el segmento aún no está consolidado), para la transferencia y el trabajo conjunto entre empresas privadas e institutos de investigación del sistema científico-tecnológico nacional. Ello requiere, sin embargo, superar las limitantes que hasta ahora han obstaculizado la implementación de agendas de trabajo comunes entre investigadores y empresas como ser cuestiones burocráticas, falta de incentivos y horizontes temporales disímiles para obtener resultados.

En segundo lugar, es necesaria una mayor coordinación de políticas entre el gobierno nacional y los gobiernos provinciales en cuestiones clave para el desarrollo de la cadena de valor en Argentina. En primer lugar, es necesario retomar discusiones en torno a la ley de electromovilidad en tanto la misma es imprescindible para avanzar en la construcción de un mercado interno y en la potenciación de las capacidades de las empresas existentes para poder exportar. En segundo lugar, y en línea con las tendencias internacionales atestiguadas por Australia o Chile, es necesario articular mejor los incentivos a las empresas para avanzar en el agregado de valor. El ejemplo chileno, si bien actualmente cuenta con retrasos en la puesta en marcha de las plantas productoras de material catódico, es un buen ejemplo de una política sostenida en el tiempo para el agregado de valor al litio. Ello implica abordar cuestiones irresueltas como es el acceso a compuestos de litio de manera diferencial para empresas, consorcios o instituciones públicas dedicadas a la I+D enfocadas en el agregado de valor.

Otros desafíos a abordar son:

Coordinación de Políticas: Mejora de la coordinación entre los gobiernos nacional y provinciales para crear un entorno regulatorio favorable. Que las provincias dueñas de los recursos (Catamarca, Salta y Jujuy) tengan una política coordinada y homogénea que permita el desarrollo regional de los proveedores pymes locales.

Alianzas Público-Privadas: Fomentar la colaboración entre instituciones públicas y empresas privadas para impulsar la innovación y la inversión, especialmente en el desarrollo tecnológico aguas arriba (optimizar procesos productivos, fomentar desarrollo conjunto público-privado de métodos de extracción con menor consumo de agua, etc.) y aguas abajo en lo referido a agregado de valor.

Sostenibilidad Ambiental: Implementación de salvaguardas ambientales estrictas para mitigar el impacto de la extracción de litio en los ecosistemas locales y las comunidades.

Compromiso Social: Facilitar diálogos y acuerdos entre las partes interesadas para abordar conflictos sociales y asegurar la distribución equitativa de los beneficios del desarrollo del litio.

Desarrollo de capacidades: Es importante fortalecer capacidades productivas, científico tecnológicas y sociales. En general se reconoce que las dos primeras son importantes, aunque no se invierte suficiente, pero es importante subrayar que las capacidades sociales son centrales, porque sino no será posible establecer los acuerdos que se necesitan para impulsar el sector de manera articulada entre los diferentes actores.

1. Introducción

La Argentina, junto con Chile y Bolivia, forma parte del llamado "Triángulo del Litio" ,donde se concentra la mayor cantidad de reservas y recursos de litio a nivel global. En esa región el litio se encuentra en depósitos de salmueras ubicados bajo los salares altoandinos. Si bien Australia continúa siendo el principal productor global de compuestos de litio, la producción en los países del Triángulo presenta perspectivas favorables. Ello se debe a que dichos países no sólo concentran el 53% de los recursos globales de litio, sino que también detentan ventajas comparativas económicas y ambientales para su extracción y comercialización[1].

En los últimos años las inversiones en minería de litio se han expandido a gran velocidad en las provincias del norte argentino (Catamarca, Salta y Jujuy), impulsadas por la creciente demanda global del mineral asociada a la transición energética y la electromovilidad, y se prevé continuarán aumentando en los próximos años. En 2023 Argentina ocupó, detrás de Australia y Canadá, el tercer puesto con mayor inversión exploratoria para litio (Ministerio de Economía, 2024). Sin embargo, si se toma el período 2010-2022, Argentina fue el país que, en promedio, recibió más inversión para la exploración de litio a nivel global, concentrando además 61% de todo el gasto en exploración para litio en América Latina (D´Angelo y Terré, 2024).

La explotación del litio en Argentina abre importantes oportunidades para avanzar en procesos de cambio estructural fomentando el desarrollo de capacidades en sectores vinculados. Una mayor conexión de la actividad minera del litio con el entramado productivo local puede favorecer la generación de capacidades empresariales y laborales necesarias para fomentar un proceso de diversificación productiva.

Sin embargo, la experiencia histórica indica que la expansión de la actividad extractiva en muchos casos se lleva adelante bajo condiciones de enclave, con limitado desarrollo de proveedores especializados y aprendizajes en actividades de agregado de valor. Para disminuir este riesgo es importante desarrollar capacidades tradicionales y nuevas científicas, tecnológicas, productivas y políticas, tanto para el trabajo en las empresas como en las instituciones del sector científico y el sector estatal. Estas deben cubrir cuestiones ingenieriles, de negocios, sociales, políticas y humanas, necesarias para entender las características del recurso local, las posibilidades de producción, las oportunidades económicas, y los riesgos sociales y ambientales entre otros aspectos fundamentales. Se necesitan además capacidades empresariales para el desarrollo de negocios competitivos a nivel local, nacional, regional e internacional.

En este artículo nos centramos fundamentalmente en las capacidades empresariales y técnicas, pero nos referimos a las institucionales también cuando tienen relevancia para entender aspectos importantes para las capacidades empresariales, tecnológicas y productivas. El artículo tiene tres objetivos: (i) identificar y analizar las oportunidades existentes para el desarrollo de capacidades empresariales, (ii) identificar las capacidades empresariales y tecnológicas existentes y los desafíos principales y (iii) discutir estrategias

[1] Asimismo, los principales derivados de litio que producen los países del Triángulo (carbonato de litio, cloruro de litio e hidróxido de litio) conllevan un mayor valor agregado que el principal producto litífero exportado por Australia (litio en concentrado de espodumeno).

posibles para el aprovechamiento de las oportunidades y el abordaje de los desafíos. La investigación utiliza evidencia recolectada a través de una revisión de fuentes secundarias y literatura sobre el caso de estudio sobre el triángulo del litio. La información secundaria fue empleada de base y contexto para la realización de 25 entrevistas semi-estructuradas a empresas mineras, proveedores, y otras empresas relacionadas con la cadena de valor. También entrevistamos funcionarios provinciales y nacionales para entender la situación política y evaluar la viabilidad de las oportunidades de desarrollo.

Luego de esta introducción, en la sección 2 explicamos brevemente la metodología de recolección de evidencia empírica. Luego, en la sección 3 el artículo incluye una discusión del contexto litífero global, regional y nacional, incluyendo los proyectos vigentes en Argentina. La sección 4 explica la cadena de valor: desde la extracción de litio en el salar hasta la producción de baterías de ión-litio para almacenamiento energético. El análisis de la cadena de valor permite entender cuáles son las oportunidades de inserción en las diferentes etapas para Argentina. En la Sección 5 analizamos la evidencia empírica recolectada para entender en qué segmentos se han desarrollado capacidades empresarias en Argentina. Dividimos en tres tipos de capacidades: para la extracción, para el agregado de valor y para la provisión de productos y servicios especializados requeridos en la etapa de extracción y agregado de valor. Finalmente terminamos con una síntesis de las oportunidades y discutimos recomendaciones de políticas.

2. Metodología

La evidencia empírica se recolectó en base a una revisión de estudios existentes y a trabajo de campo realizado a través de 25 entrevistas semi-estructuradas a informantes clave (véase detalles en Anexo 1). La selección de los informantes se realizó con el criterio de cubrir los diferentes actores a lo largo de toda la cadena de valor del litio y con un criterio geográfico incluyendo actores en las tres provincias litíferas. Se entrevistaron también actores localizados en otras provincias pero localizados en el segmento aguas abajo de la cadena (productores de vehículos eléctricos en San Luis y Córdoba, *start-up* de baterías ultradelgadas en Buenos Aires).

Durante el segundo semestre de 2023 se entrevistaron empresas mineras, cámaras y proveedores mineros, funcionarios del gobierno nacional y de gobiernos provinciales (Tabla 1).

Tabla 1: Resumen de las entrevistas realizadas.

Sector	Organización	Número de entrevistados
Gubernamental	Gobierno nacional	5
	Gobierno provincial (Salta, Jujuy y Catamarca)	4
Empresario	Empresa minera de litio privada	2
	Empresa minera de litio pública	1
	Empresa tecnológica público-privada	1
	Empresa *start-up* de baterías	1
	Empresa productora de vehículos eléctricos	2
	Proveedor minero	7
	Proveedor minero de comunidades indígenas	1
	Cámara de empresas mineras	1
	Cámara de proveedores mineros (nacional y provincial)	2
Investigación y desarrollo	Instituto de investigación especializado en métodos de extracción de litio	1

Fuente: elaborado en base a Anexo 1.

Las entrevistas se realizaron de manera virtual y fueron registradas digitalmente. El procesamiento de las mismas incluyó una revisión temática de acuerdo a la guía de preguntas para cada una y la selección de citas ilustradoras de los puntos de vista argumentados por los informantes clave.

3. Contexto

3.1. Contexto global

Más del 73% de las emisiones de gases de efecto invernadero con gran impacto en el cambio climático provienen de la producción de energía (Ritchie et al, 2020). Para reducir estas emisiones, se debe transitar hacia sistemas de energía de bajo carbono, un cambio que requerirá cantidades sustanciales de minerales y metales (Bainton et al, 2021).

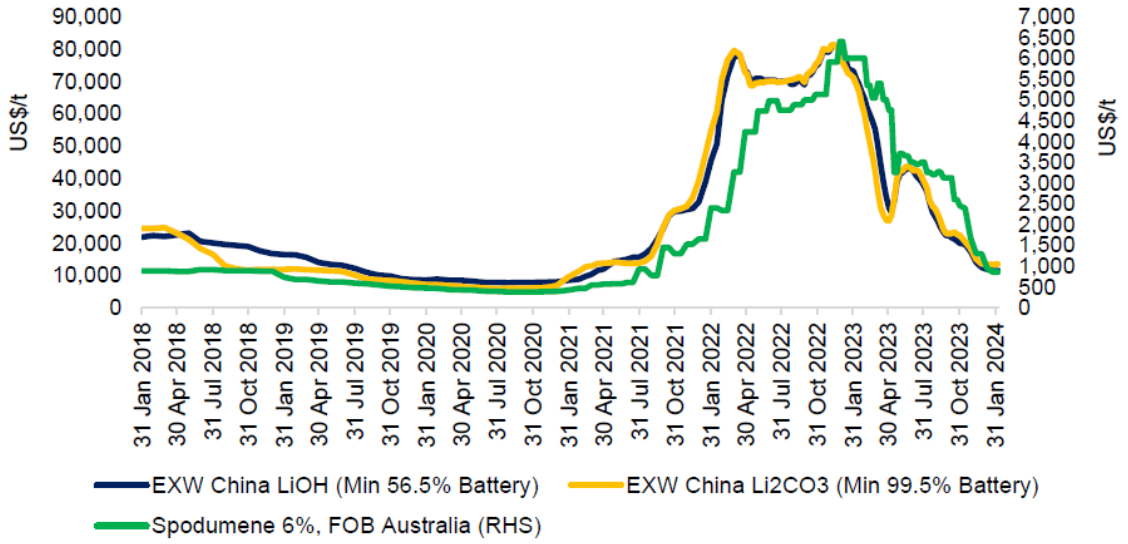
Uno de los minerales que se requieren para la transición energética hacia sistemas bajos en carbono es el litio. El litio es un insumo clave para la producción de baterías que se requieren para el almacenamiento de energía de bajo carbono. La producción de baterías es el principal uso a nivel global del litio (80%), teniendo luego otros usos industriales como la producción de cerámica y vidrio, etc. Las baterías se utilizan para vehículos eléctricos, aparatos electrónicos y almacenamiento de energía generada por fuentes renovables. Según proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la demanda de litio sería la de más rápido crecimiento entre los minerales necesarios para la transición energética. Bajo un escenario conservador, su demanda podría multiplicarse por seis veces para 2040[2] (IEA, 20242), superando el crecimiento de la demanda de grafito, cobalto y níquel, todos minerales esenciales para el almacenamiento de energía en baterías .

Los precios de los compuestos de litio han atravesado gran volatilidad dado que el mercado de litio es relativamente nuevo y pequeño y ha estado tradicionalmente dominado por acuerdos de compra (confidenciales) de mediano y largo plazo entre privados. Los precios spot en las bolsas de valores asiáticas se forman en base a bajos volúmenes de transacción y por lo tanto está sujeto a fuertes influencias en su formación. Todo ello dificulta saber el real precio de los compuestos de litio, lo cual en los últimos años ha comenzado a cambiar a través de empresas especializadas que informan índices de precios (Taquiri et al. 2023).

La evolución de los precios spot del carbonato de litio indica que comenzaron a aumentar a partir de 2006 impulsados por la demanda para baterías la cual no era satisfecha y continuaron aumentando junto con la capacidad productiva hasta el año 2019. Hacia 2006 el precio promedio del carbonato era de USD 1500/t, llegando a USD 4350/t en, USD 6500/t en 2015 y USD 11.000/t en 2018 (Ministerio de Economía, 2024). En 2019 la situación de mercado se revierte y caen las cotizaciones. Durante el 2020 la caída en la oferta global debido a la pandemia del COVID19 impulsó una recuperación de los precios de todos los compuestos de litio (carbonato, hidróxido y concentrado de espodumeno), los cuales alcanzaron niveles récord durante el año 2022 (Figura 1).

Figura 1: Precios spot de derivados de litio y concentrado de espodumeno (2018-2024).

[2] Bajo el escenario conservador que refleja las políticas actuales (denominado STEPS - *Stated policies scenario*) la demanda de litio pasaría de 165 kt Li en 2023 a cerca de 1000 kt Li en 2040.



Fuente: Oxford Energy / Benchmark Minerals. LiOH = hidróxido de litio grado batería, Li2CO3 = carbonato de litio grado batería, EXW = ex-works China.

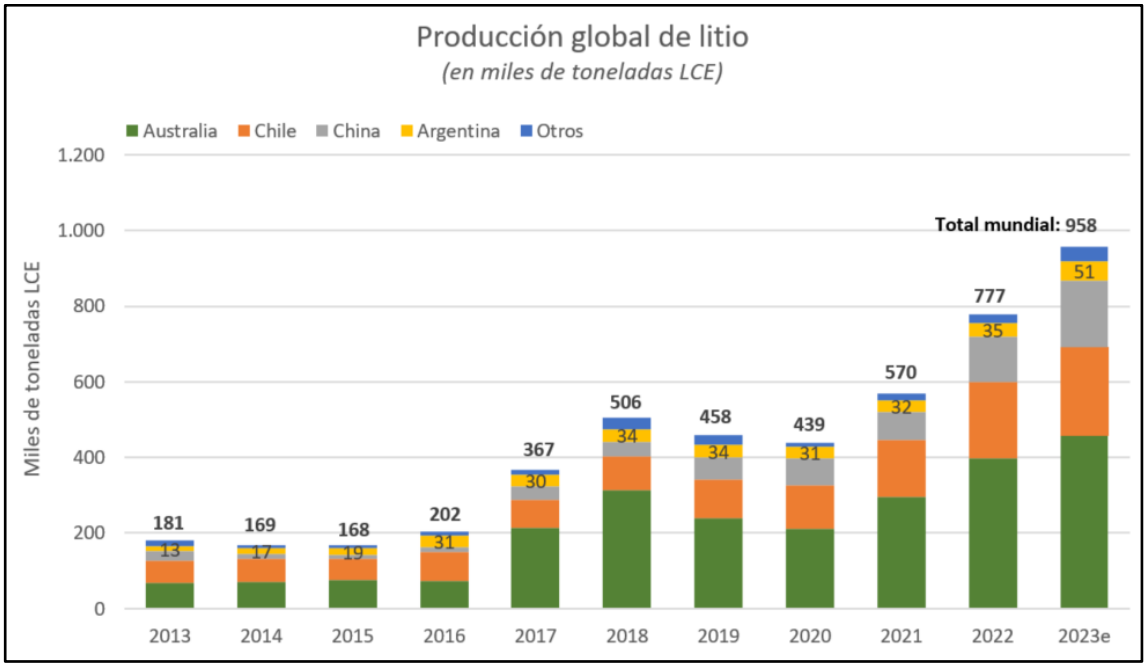
La expansión acelerada de la oferta junto con un crecimiento de la demanda menor al esperado generó un exceso de stock; ese factor, sumado a una caída en la demanda de vehículos eléctricos en China y una demanda de vehículos eléctricos en EE.UU. con muy lento avance, indujeron una fuerte caída en los precios de cerca del 80% con respecto a los picos de 2022. Al 31 de mayo de 2024 los precios se sitúan cercanos a niveles de 2021: el precio spot en China (sin incluir IVA) de la tonelada métrica de carbonato de litio (mín. 99.5%, grado batería) es de USD 13.000, de hidróxido de litio (min. 56,5%, grado industrial) de USD 10.490 y del concentrado de espodumeno (australiano, 6%, CIF) USD 1115[3]. Estos precios son elevados en relación a su cotización histórica.

A futuro las consultoras especializadas indican que el balance de mercado continuará superavitario en el corto plazo por lo cual se estima que los precios promedio del carbonato de litio continuaría en el rango de los USD 15.000 a USD 20.000 por tonelada (Ministerio de Economía 2024). A modo de ejemplo, USD 20.000 es el precio promedio que obtuvo la empresa Arcadium Lithium para todos sus productos de litio vendidos durante el primer cuartil de 2024.

Si se observa en términos históricos, la sostenida y creciente demanda global por litio, y los incrementos en el precio, han venido impulsando un aumento en la oferta global, la cual ha pasado de 181 kilotoneladas[4] (en adelante kt) de carbonato de litio equivalente (en adelante LCE) en 2013 a más de 900 kt LCE en 2023 (Figura 2).

[3] Según https://www.metal.com/Lithium
[4] Remite a toneladas métricas. 1 kilotonelada equivale a 1000 toneladas.

Figura 2: Producción global de litio por principales países productores (2013-2023).



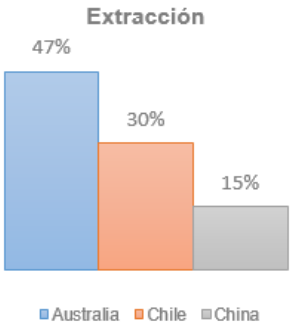
Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio Geológico de EE.UU (USGS). Cifras redondeadas. Datos de 2023 son estimados. No incluye la producción en EE.UU.la cual es baja (en 2022 fue de 5000 LCE).

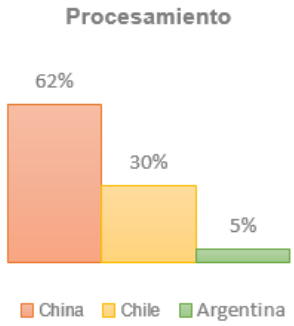
En Argentina se estima que el costo de producción de los compuestos de litio en los salares ronda entre los 4 y 6 mil dólares por tonelada es decir, a precios al momento de hacer este informe la rentabilidad económica asociada a la producción de una tonelada de LCE y su venta según precio spot (USD 13.000/t) es, en grandes números, de aproximadamente entre un 50% y 60% aunque logró ser mucho mayor en su precio de pico máximo (alrededor de USD 80.000/t).

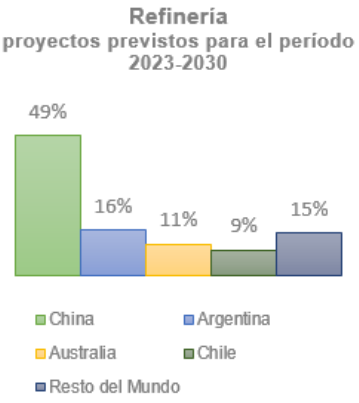
Para entender las posibilidades de inserción global de Argentina en las cadenas globales de valor es importante tener en cuenta dos fenómenos que caracterizan el mercado global.

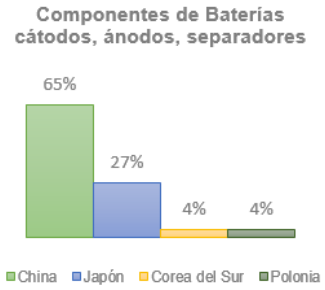
Uno es la creciente importancia de China como proveedor tanto de minerales críticos como de insumos claves para la transición energética. En el caso de la producción de vehículos eléctricos, por ejemplo, China es el tercer productor mundial de litio, y tiene una posición dominante en la mayor parte de los segmentos de la cadena de valor, incluida las etapas de producción de componentes de baterías, celdas y el ensamblaje de la batería de ion de litio (ver Figura 3). EE.UU. y Europa son altamente dependientes de China en el suministro de minerales críticos y están implementando diferentes estrategias para reducir dicha dependencia.

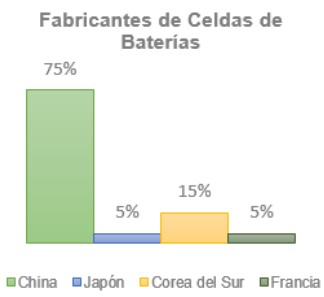
Figura 3: Participación de China y otros países en las distintas etapas de la cadena global de valor de baterías de litio y automóviles eléctricos.









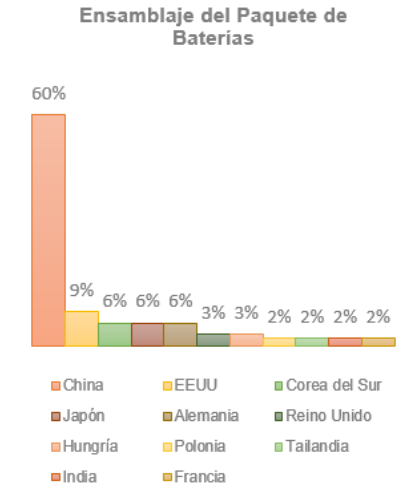


Actores clave

Nichia	BTR Energy	Samsung SDI
Umicore	Nippon Carbon	LG Chem
Toda Kogyo	Nogbo Shanshan	Panasonic
Beijing Easpring	Hunan Tech	Sony
Ningdo Jinhe	CapChem Tech	Hitachi
GEM	Tinci Materials Tech	SEC Envision
Shanshan Energy	GTHR	LEJ
Xiamen Tungsten	Panax-Etec	BYD
Hitachi Chem	Mitsui Chem	Lishen
UBE	Do-Fluoride	Skl
Mitsubishi Chem	Ningbo Chem	CATL

Actores clave

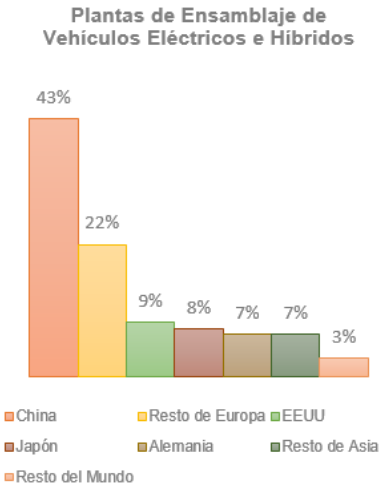
LG Chem	Panasonic	CATL	SK Innovation
BYD	Samsung SDI	Guoxuan High Tech Power	
Envision AESC	Farasis/Funeng	EVE Energy	Lishen
Microvast	SAFT	SVOLT	



Actores clave

Alrededor de 144 compañías incluyendo:

LG Energy Solution
Panasonic-Tesla
BYD
BYD-Changan JV
SK Innovation
CATL
CATL-SAIC JV
Guoxuan High Tech
Funeng



Actores clave

Alrededor de 115 compañías incluyendo:

Aston Martin	Mazda
BMC	McLaren
BYD	Nio
Daewoo	Renault-Nissan-Mitsubishi
Daihatsu	Stellantis
Ford	Subaru
VW Group	Suzuki
Fujian Motor	Tata
GM	Tesla
Golden Dragon	Toyota
Great Wall	Volvo Group

Fuente: basado en IEA (2023b), Sánchez-López (2022) y datos de la industria (2021).

En este contexto se difunden las acciones diplomáticas y estratégicas para reconfigurar las cadenas globales de valor, como por ejemplo la iniciativa *Minerals Security Partnership,* una alianza liderada por EE.UU. junto a la Unión Europea, Japón y otros países[5] que busca reducir la dependencia de China y construir cadenas de suministro más resilientes bajo principios de minería responsable. Otra iniciativa relevante es la Ley de Reducción de la Inflación de EE.UU., un paquete extraordinario de incentivos fiscales para la transición energética con beneficios para fabricantes de baterías de vehículos eléctricos. En el marco de dicha ley los vehículos seleccionados para obtener beneficios son los destinados para uso individual que cumplan con ciertos requisitos de procedencia de los metales y componentes usados para la fabricación de las baterías. Un porcentaje de los metales empleados en una batería (incluido

[5] A mayo de 2024 está conformada por EE.UU., la Unión Europea, Australia, Canadá, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, India, Italia, Japón, Corea del Sur, Noruega, Suecia y el Reino Unido.

litio) debería provenir de minas de EE.UU. o países que tienen tratado de libre comercio en vigencia con EE.UU., como Chile. Argentina está en discusiones para avanzar en un acuerdo bilateral con EE.UU. que incluya al país como proveedor pero no ha firmado aún. Con objetivos similares la Unión Europea introdujo en 2024 el Reglamento de Materias Primas Fundamentales (o críticas) (2024/1252) cuyo objetivo es brindar un marco para garantizar el suministro seguro y sostenible de dichas materias primas a la Unión Europea. En dicho marco es que la Comisión Europea viene realizando asociaciones estratégicas con países ricos en minerales críticos como Australia, Canadá, Chile y Argentina, todos relevantes para asegurar el funcionamiento de la cadena de suministro de minerales como el litio.

El otro fenómeno relacionado, es la tendencia global hacia una nueva ola de mayor intervencionismo estatal en la extracción y en la formulación de planes y políticas productivas e industriales para el agregado de valor en los países ricos en recursos de litio y otros minerales críticos para la transición energética (Tabla 1).

Tabla 1: Políticas industriales en países ricos en minerales críticos (selección).

País	Mineral	Política(s)	Referencia
Australia	Litio y otros minerales críticos	Australia es el principal exportador de litio en el mundo y lo realiza mediante concentrado de espodumeno, un producto de bajo valor agregado. en paralelo hace años está impulsando políticas públicas para no solo exportar ese commodity sino otros productos. Producto de ello desde fines de 2022 el país también está exportando hidróxido de litio grado batería. Desde hace varios años el gobierno australiano está impulsando consorcios público-privados para avanzar en el desarrollo de componentes y baterías lo cual incluye coordinación gubernamental y formación de recursos humanos.	National Battery Strategy (2024) Política "Future Made in Australia"
Bolivia	Litio	Desde 2006 Bolivia mantiene una política nacionalista para la extracción y refinación del litio la cual ha limitado el desarrollo del sector.	-
Chile	Litio	Chile, donde el litio es un mineral de interés nacional y no concesible a partir de 1979 (Decreto n° 2887), promueve la colaboración público privada y al capital privado como socio estratégico para el desarrollo sostenible del litio. En mayo de 2024 la empresa estatal de cobre Codelco firmó un acuerdo con la empresa SQM para producir litio de manera conjunta desde 2025 hasta 2060 e incrementar la producción. En 2016 y 2018 CORFO, la agencia gubernamental propietaria de pertenencias mineras en el Salar de Atacama, renegoció los contratos suscritos con las empresas Albemarle y SQM estableciendo una cuota de hasta el 25% de la capacidad de producción de las operaciones mineras la cual debe vender los	Estrategia Nacional del Litio (2023)

		compuestos de litio (carbonato, hidróxido) a precio preferencial para elaborar productos de mayor valor agregado en Chile. En abril de 2023 la empresa china BYD ganó la licitación para la primera cuota de SQM, siendo ganadora de la segunda cuota la empresa china Yongqing, filial de Tsingshan. Véase más detalles en la sección 5.1	
Indonesia	Níquel	A través de sucesivas políticas implementadas entre 2009 y 2019, el gobierno de Indonesia, a fines de abril de 2022, prohibió progresivamente la exportación de mineral de níquel, exigiendo que el níquel se procese internamente para su exportación.	Regulación 1/2014 Regulación 96/2019
Namibia	Litio y otros minerales críticos	En junio de 2023 el gobierno namibio prohibió la exportación (sin procesar) de minerales ricos en litio y otros minerales críticos.	-

Fuente: elaboración propia.

En dicho contexto, la Argentina, con el 12% de las reservas y 21% de los recursos globales de litio (en salmuera), contrasta con un régimen liberal donde el sistema privilegia la estabilidad fiscal, el otorgamiento de beneficios impositivos y regulaciones laxas en términos de desempeño o vinculación con el sistema productivo local (Obaya, 2021). Si bien se han impulsado proyectos de ley para nacionalizar el recurso, dichos intentos han enfrentado una fuerte resistencia del lado de las provincias ricas en recursos de litio (Catamarca, Salta y Jujuy) y no han prosperado. El sector empresario ve a esta característica del sistema argentino como un factor positivo, sin embargo puede ser una limitante importante para el diseño de políticas que incentiven el desarrollo productivo de largo plazo.

3.2. Contexto regional y nacional

El 53% de los recursos mundiales de litio y más del 46% de las reservas (USGS 2024), es decir los recursos económicamente viables de ser extraídos y procesados, se encuentran en el "Triángulo del Litio", un área geográfica que abarca Chile, Argentina y Bolivia . El Litio no es solo el metal y elemento más sólido de la naturaleza, sino que es de los materiales menos escasos a nivel global (65 partes por millón (ppm)). El desafío se encuentra en poder extraerlo de manera económicamente sustentable, es decir que el costo de producción no supere su precio de mercado. Productores de Litio como Australia o Brasil lo extraen a través de roca dura volcánica (pegmatita) u otras sedimentarias. En el "Triángulo del Litio" el material se encuentra en salmueras continentales (*continental brines* en inglés) desde donde, en principio y aunque dependiendo del nivel de concentración del Litio, resulta más sencillo, económico y ambientalmente más sustentable obtener el material.

Argentina posee 22 millones de toneladas de recursos de Litio detectados, ocupando el segundo lugar a nivel global, y 3,6 millones de toneladas de reservas (U.S. Geological Survey, 2024). Las salmueras que contienen el mineral se concentran en el noroeste del país, particularmente en las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy. A mayo de 2024 hay 3 (tres) proyectos en etapa de producción, 5 en construcción y más de 30 en etapas previas como prospección, exploración avanzada, prefactibilidad, factibilidad o evaluación económica (véase listado en Anexo 2). Todo ello configura un total de, al menos, 48 proyectos litíferos activos en Argentina. Se espera que en julio de 2024 se ponga en producción el proyecto Centenario Ratones, lo cual supondría el cuarto proyecto productivo de litio en Argentina.

Del total de 130.000 toneladas anuales producidas a nivel global, Argentina contribuye con el 5%, ocupando el cuarto lugar detrás de Australia (47%), Chile (30%) y China. China lidera en el mercado de carbonato con el 58% del mercado, seguido por Chile con el 29% (IEA, 2021).

En la última década la participación de Argentina en la oferta global creció pasando de producir 13 kt LCE en 2013 a 35 kt en 2022 (Figura 2). Si analizamos la oferta solo de carbonato de litio, Chile y Argentina son los dos mayores jugadores en el comercio mundial. A futuro se espera que Argentina y Chile continúen abasteciendo una parte importante del mercado global del litio, especialmente de carbonato, ya que entre ambos cuentan con el 46% del total global de las reservas (Chile con el 33% y Argentina con el 12,8%) (USGS, 2024).

Un atractivo de los recursos litíferos argentinos para la inversión internacional es su posicionamiento dentro de la curva global de costos, ya que se sitúan dentro de los cuartiles de costos más bajos (CEPAL, 2023).

3.2.1 Historia y potencial de producción futura de litio en Argentina

La primera producción de litio en Argentina se registró en 1936, a partir de mineral de espodumeno. Sin embargo, los antecedentes más modernos de producción y exportación de compuestos de litio son a partir de 1997 cuando la empresa FMC Lithium-Minera del Altiplano SA (ex Livent Corp., actual Arcadium Lithium) comenzó a operar el proyecto Fénix en el Salar del Hombre Muerto en Catamarca (Nacif, 2020) y a proveer de carbonato de Litio a Sony Electronics para la primera producción de baterías de litio-cobalto (Dirección de Economía Minera, 2021). Fénix fue el primer y único proyecto operativo hasta la entrada en producción en 2016 del proyecto de la empresa Sales de Jujuy (*joint venture* entre la ex Allkem, actual Arcadium Lithium, y Toyota) en el Salar de Olaroz (Jujuy). Más recientemente, en junio de 2023, la empresa Minera Exar SA (perteneciente a un *joint venture* entre Lithium Argentina y Ganfeng) anunció el inicio de la producción pre-comercial en el proyecto Cauchari-Olaroz en Jujuy. Así, a junio de 2024 Argentina cuenta con tres proyectos litíferos en producción.

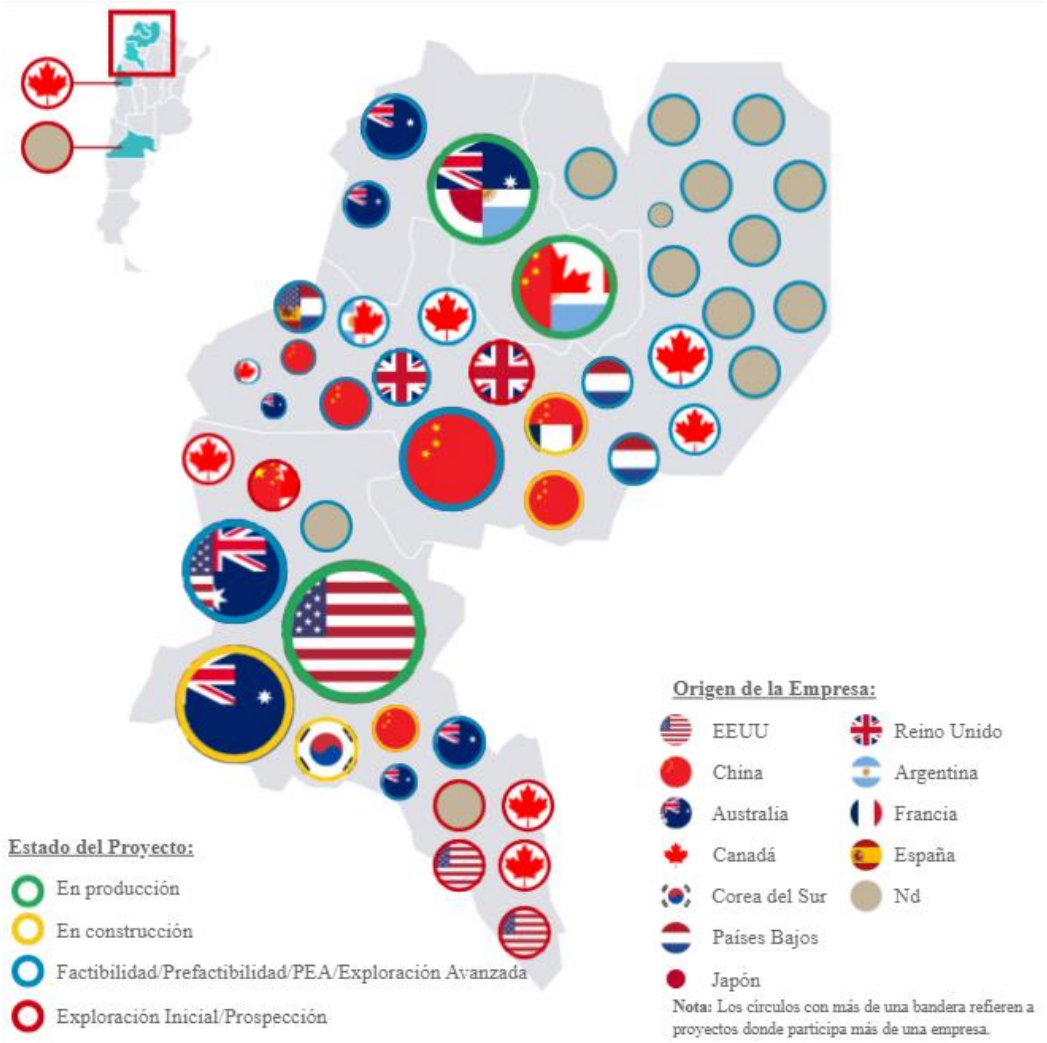
Los compuestos de litio que se producen actualmente en Argentina son mayormente carbonato de litio (grado técnico y grado batería) y, en menor medida, cloruro de litio en salares de dos provincias: Jujuy (proyectos Olaroz y Cauchari-Olaroz) y Catamarca (proyecto Fénix). Salta todavía no cuenta con proyectos extractivos en producción, aunque se espera que en julio de 2024 comience a operar el proyecto Centenario-Ratones, el cual constituirá el cuarto proyecto operativo en Argentina. Sin embargo, Salta participa de la cadena de valor ya que en el parque industrial Güemes se produce cloruro de litio a partir de la salmuera enriquecida en el proyecto Fénix (Catamarca). En un futuro próximo se espera que en ese mismo parque industrial se comience a producir fosfato de litio e hidróxido de litio en una instalación industrial vinculada al proyecto extractivo Sal de Oro (en construcción) en Salta perteneciente a la empresa coreana Posco, y más adelante en otra instalación similar vinculada al proyecto Mariana de Ganfeng.

Las actividades mineras de litio han crecido bajo el dinamismo de inversiones extranjeras las cuales han aprovechado el régimen liberal de gobernanza del recurso argentino (Obaya, 2021). A diferencia de los países vecinos, Argentina no considera al litio como un recurso estratégico en su normativa nacional. Su explotación está regulada por el marco normativo minero que abarca todo tipo de minerales. El marco actual que regula la explotación de litio, cobre y otros minerales fue sancionado durante la década de 1990 y sus principales instrumentos comprenden la Constitución de la Nación, el Código de Minería y la Ley de Inversiones Mineras (ley 24.196 y modificatorias), principal instrumento federal que brinda incentivos económicos a la inversión minera. A este último instrumento se adiciona el Régimen de Incentivos para Grandes Inversiones (RIGI) sancionado en junio de 2024, el cual

amplía los incentivos económicos para la inversión en grandes proyectos de diversos sectores. Estos instrumentos configuran un régimen federal, de carácter liberal y abierto a las inversiones privadas que, en comparación con lo que sucede en los países vecinos, delinea ciertos límites con respecto a las políticas productivas y tecnológicas (Obaya, 2022).

Con respecto al litio, la gran mayoría de los proyectos mineros avanzados se encuentra en manos de capitales de EE.UU, China, Australia y Canadá, entre otros capitales extranjeros (Figura 3). Las participaciones de capital argentino ocurren a través del Grupo Integra el cual cuenta con concesiones para explorar sobre más de 200.000 hectáreas, la empresa Tecpetrol a través de los proyectos Olapacato (Salta), Tolillar (Salta) y de concesiones en el Salar del Hombre Muerto, salar de Arizaro y en la cuenca de Laguna de Guayatayoc y la empresa SMG Srl en el proyecto Arizaro. También se destaca la participación minoritaria de la empresa estatal JEMSE en dos proyectos operativos.

Figura 3: Origen del capital en proyectos de litio en Jujuy, Salta y Catamarca.



Fuente: elaboración propia en base al SIACAM/Tablero Global del Litio y a CEPAL (2023). Actualizado a julio de 2023. Nd = información no disponible.

Si bien aún no están disponibles los datos oficiales de las cantidades y el valor exportado, según estimaciones de las empresas mineras, la producción acumulada durante 2023, con tres proyectos operando, habría alcanzado las 55 kt LCE con un valor exportado de entre US$ 1000 y US$ 1200 millones. Esto supone un incremento considerable con el valor de las exportaciones en 2022 (US$ 696 millones). Las exportaciones de litio en 2022 explicaron el 18% del total de exportaciones mineras (US$ 3.878 millones) y el 0,8% del total de las exportaciones argentinas (US$ 88.446 millones).

Se espera que en los próximos años la producción de compuestos de litio y co-productos[6] aumente considerablemente debido a la ampliación en la capacidad productiva de dos de los proyectos en operación (Fénix en Catamarca y Olaroz en Jujuy)[7] y a los nuevos aportes productivos de cinco proyectos que se encuentran avanzados. En relación a estos últimos, el más avanzado es el proyecto Centenario-Ratones (Salta) el cual se espera comience con su fase productiva en julio de 2024. A ese proyecto le siguen cuatro en construcción: tres de ellos en la provincia de Catamarca (Tres Quebradas, Sal de Vida y Sal de Oro) y uno en la provincia de Salta (Mariana).

Si se asume un escenario donde los 12 proyectos mineros de litio hoy día más avanzados se ponen en marcha[8], la producción comercial de compuestos de litio en Argentina podría alcanzar 166 kt LCE/año para fines de 2025 y 480 kt LCE/año en 2035, es decir, se multiplicaría la producción actual (en 2023 cerca de 50 kt LCE/a) por 9 veces (Figura 4). La cantidad exportada podría incluso ser superior dado que existen al menos otros 33 proyectos en estado de evaluación económica preliminar, exploración y prospección (véase Anexo 2).

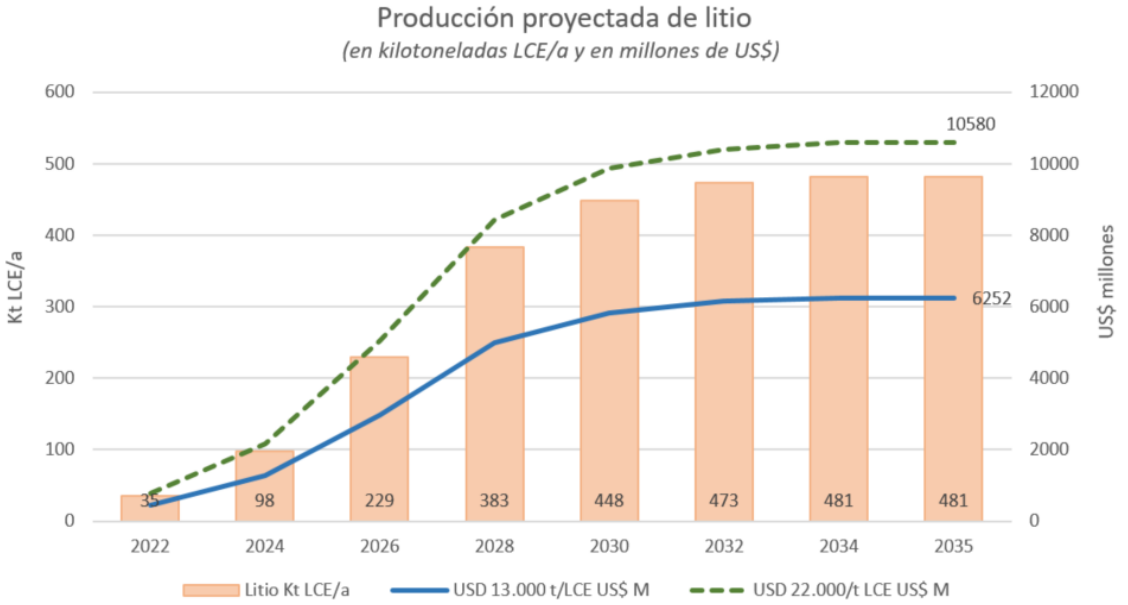
En términos monetarios, el aumento del valor de las exportaciones dependerá, además de las cantidades producidas y exportadas, de la evolución del precio internacional de los compuestos de litio. Asumiendo un precio promedio a largo plazo de US$ 13.000 por tonelada de LCE, y la puesta en marcha de los 12 proyectos mencionados (véase proyectos #4 a #15 en Anexo 2), las exportaciones litíferas podrían alcanzar en 2035 un valor anual cercano a US$ 6250 millones, lo que representa un incremento de casi 9 veces el valor de las exportaciones de litio en 2022 (US$ 696 millones). Sin embargo, si se asume un precio de US$ 22.000 por tonelada de LCE, similar al precio promedio de liquidación de exportaciones de las dos empresas que operaban en 2022 (US$ 20.000/t LCE), el valor de las exportaciones anuales podría ascender hasta más de US$ 10.000 millones (Figura 4).

[6] Algunos proyectos (Mariana, Tres Quebradas y Sal de los Ángeles) planifican co-producir potasio.

[7] Para el proyecto Fénix la empresa Arcadium Lithium tiene previsto ampliar la capacidad productiva a 70 kt LCE/a mientras que en el caso de Olaroz se planifica alcanzar una capacidad productiva de 42,5 kt LCE/a.

[8] El escenario asume la puesta en producción (y producción continua a partir de entonces) de los siguientes proyectos: Centenario-Ratones y Tres Quebradas en 2024; Sal de Oro y Mariana en 2025; Sal de Vida y Pastos Grandes en 2026; Kachi, PPG y Rincón Lithium en 2027, Salar del Rincón en 2028 y Salar de Cauchari en 2029.

Figura 4: Argentina. Producción proyectada de litio (2024-2035).



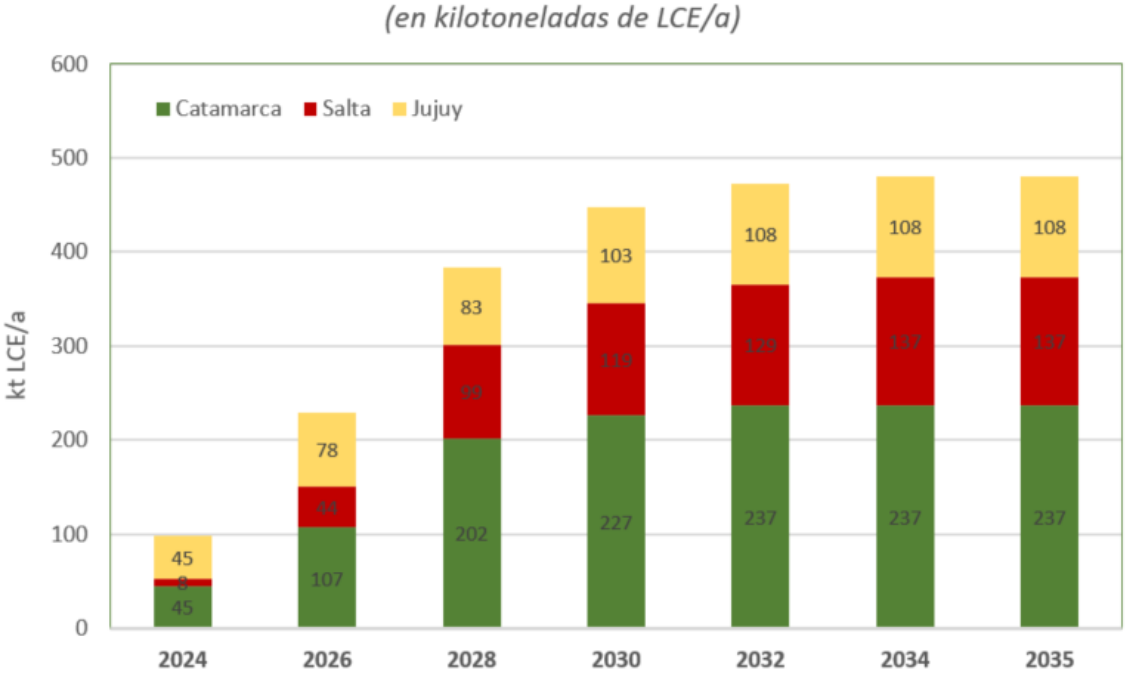
Fuente: elaboración propia. Asume la puesta en producción de 12 proyectos adicionales (proyectos #4 a #15 en Anexo 2) a los tres operando en la actualidad (Fénix, Olaroz y Cauchari-Olaroz). Véase datos por proyecto en Anexo 3.

En relación con la distribución geográfica de la producción, Catamarca sería la provincia que, al igual que en la actualidad, lideraría la producción del país, seguido por la provincia de Salta, la cual se espera sea la de mayor crecimiento (Figura 5). De acuerdo a las proyecciones presentadas, la primacía de Catamarca como la principal jurisdicción productora de litio depende de que se concreten los anuncios de ampliación de la capacidad instalada en el proyecto Fénix y que comience a operar, además de los emprendimientos que están actualmente en construcción, el proyecto Kachi. En Salta, además del proyecto Centenario-Ratones, los proyectos Mariana, Salar del Rincón, PPG, Pastos Grandes y Rincon Lithium serían los que impulsarían la entrada en escena de la provincia como zona productora de compuestos de litio con relevancia.

Para viabilizar los proyectos en exploración, sin embargo, es necesario avanzar en varios frentes que se volverán más críticos a medida que se avanza con la factibilización. Estos incluyen la infraestructura energética (de gas, conexiones con el sistema eléctrico), de transporte (Banco Mundial, 2023) y digital y la disponibilidad de agua, de proveedores y de capital humano, especialmente de calificación media. La creciente demanda de bienes y servicios para las distintas etapas del negocio minero abre oportunidades para los proveedores locales y para la mano de obra local; sin embargo, hay exigencias en términos de calidad, certificaciones y experiencia que no siempre están disponibles. En relación al empleo, en 2022, la minería de litio empleó cerca de 2.500 personas de manera directa (incluyendo contratistas) en los emprendimientos productivos y cerca de 1000 en proyectos en etapa exploratoria y financiación. Casi un 40% de dichos empleos se generaron en la provincia de Jujuy, 32% en Salta y casi un 15% en Catamarca, seguido por Mendoza (7%) y

otras de menor importancia[9]. La situación en el mercado de trabajo vinculado al litio ya presenta hoy día déficits, con anuncios por parte de las empresas operadoras de dificultades de reclutar personal para puestos medios y con perfil técnico. A futuro, la puesta en marcha de los proyectos avanzados podría incrementar el empleo directo (incluyendo contratistas) a más de 4.300 personas y los empleos en exploración y financiación a más de 1.800, es decir, un total de más de 6.000 personas. Dichos empleos se generarán con mayor preponderancia en Catamarca, seguido de empleos en Salta y luego Jujuy. Para un análisis pormenorizado respecto de las necesidades de capacitación laboral para la cadena del litio en Argentina véase un informe reciente de la Organización Internacional del Trabajo (Grosso et al. 2024).

Figura 5: Producción proyectada de litio a futuro por provincia (2022-2035).



Fuente: elaboración propia en base a proyecciones en la Figura 4.

Del mismo modo, la mayor presión extractiva en el territorio también incrementará considerablemente los desafíos, riesgos e impactos ambientales y económico-sociales en proporciones desconocidas, por ejemplo, en materia de impacto acumulativo sobre los recursos hídricos subterráneos causados por el bombeo de salmuera de varios proyectos en el mismo salar (caso emblemático de Salar del Hombre Muerto).

En lo que sigue en este informe nos concentramos en las oportunidades y capacidades para el agregado de valor, integrando a nivel nacional actividades de industrialización y tecnológicas.

[9] Ver base de datos del SIACAM aquí.

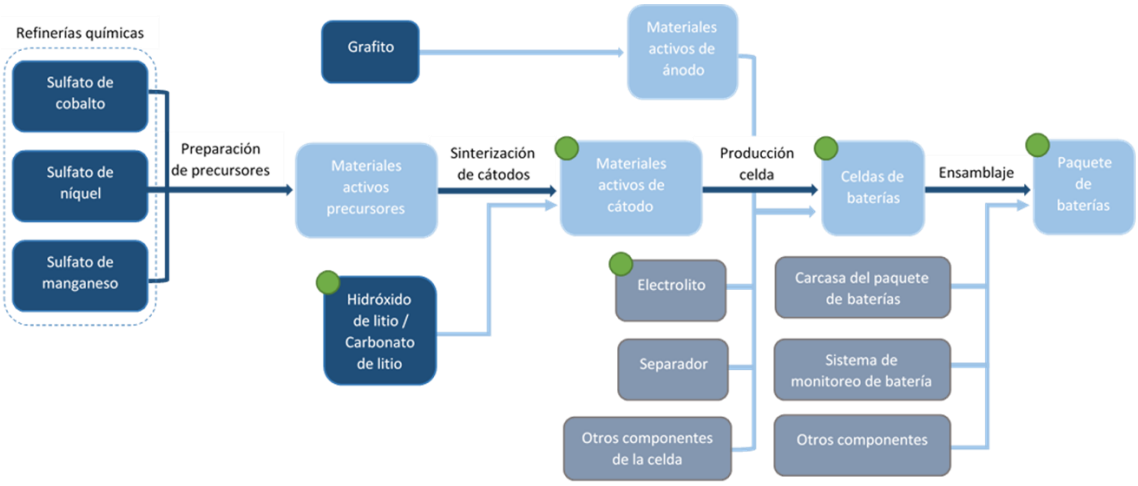
Cadena de valor del Litio: del salar al uso de la batería

Cualquiera sea el proceso de extracción de litio, a partir de roca (pegmatita) o de salmuera, el producto que se obtiene es el mismo: precipitado de litio o carbonato de Litio (Li2CO3). Este se utiliza como materia prima principal para la producción de equipos de almacenamiento de energía, como las baterías o para la producción de otros compuestos como el hidróxido de Litio (LiOH), el bromuro de Litio (LiBr) o el cloruro de Litio (LiCl) con el que se produce el Litio metálico (Li). El material que actualmente se utiliza en los cátodos de las baterías de Li-IoN es el hidróxido de Litio (LiOH) o el carbonato de Litio (Li2CO3) dependiendo el tipo de batería y su material catódico.

Para producir baterías de ión-litio la cadena comienza con la fabricación de los precursores (sulfato de cobalto, de níquel y de manganeso), es decir, de los materiales activos que se van a utilizar junto con el litio (ya sea en forma de carbonato o de hidróxido) en el proceso de sinterización del cátodo (Figura 6). La gran mayoría de los materiales precursores se fabrican directamente en plantas químicas de baterías como aquellas de las empresas Huayou o BASF. En 2019 China representó globalmente el 70% de la capacidad de producción de materiales activos de cátodos y tiene planes de expandirse aún más (Jones et al. 2021).

Los materiales activos de cátodos se combinan junto con los materiales activos de ánodo, electrolitos, separadores, colectores de corriente, carcasas y otros componentes para la fabricación de las celdas (Figura 6). Las celdas individuales se ensamblan en módulos de batería que luego se ensamblan en un paquete con un sistema de monitoreo, aislamiento, calefacción (si es necesario). Estos paquetes de batería ya están listos para su uso en vehículos eléctricos, teléfonos móviles o cualquier otro dispositivo que lo requiera. Luego de llegar al final de su vida útil, la batería es recolectada y debiera ingresar a un circuito de reciclaje o disposición final.

Figura 6: Cadena de valor de la batería de litio.



Nota: Los círculos verdes indican presencia en Argentina.
Fuente: Elaboración propia en base a Jones, Acuña y Rodriguez (2021)

Argentina se inserta en la cadena global de valor del litio principalmente mediante la producción y exportación de compuestos de litio (mayormente carbonato de litio, en menor medida cloruro de litio, y a futuro hidróxido de litio) que se emplean para la producción de material catódico fuera del país. Sin embargo, existe presencia nacional en algunos eslabones de mayor complejidad tecnológica. El más conocido es el caso de la empresa Y-TEC cuyo

objetivo ha sido la puesta en marcha de una planta de celdas y de baterías de ión-litio, incluyendo la producción en Argentina de material catódico, electrolitos y separadores. Otros casos menos conocidos que abordamos en este informe son el de las empresas productoras de vehículos eléctricos y de la empresa Dynami, una start-up de baterías ultradelgadas (Tabla 2) (véase mayores detalles en la sección 4.2 de este informe).

Tabla 2: Etapas de industrialización del Litio desde salmueras

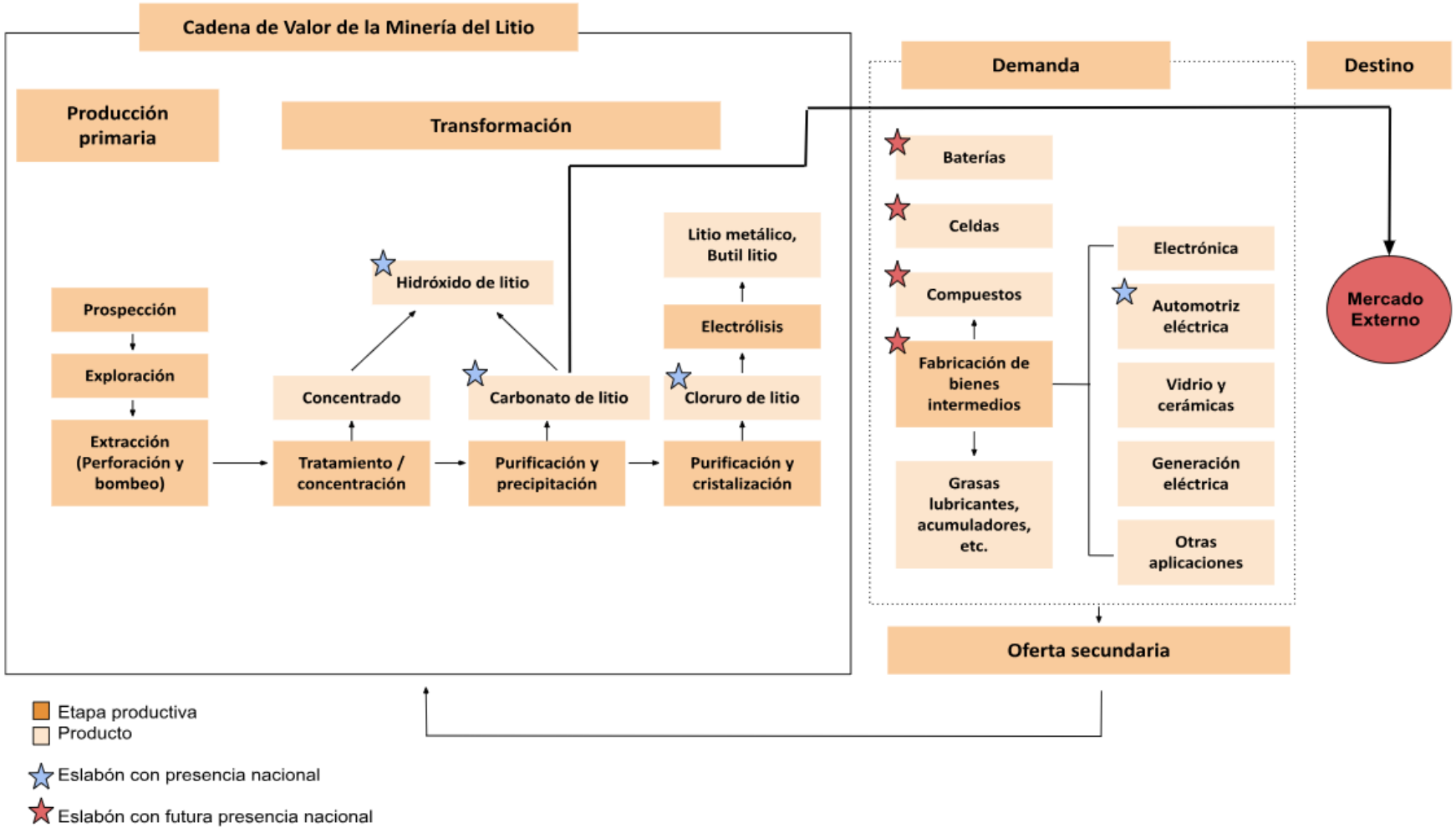
	Etapa	Insumos / Servicios (INPUT)	Proceso / Acciones		Producto Final (OUTPUT)	Actores en Argentina
			Evaporítico	Directo (DLE)*		
Upstream (Aguas arriba)	1) Construcción	Proveedores de bienes y servicios Insumos importados y nacionales	12 meses Piletones	Modular, Flexible	Planta de Litio en funcionamiento	Livent (proyecto Fénix con planta de carbonato en Salar del Hombre Muerto, Catamarca y planta de cloruro de litio en Güemes, Salta) Sales de Jujuy Minera Exar POSCO (construyendo planta de hidróxido de litio en Salta)[10]
	2) Extracción de Litio	Reactivos químicos (cal viva, otros) Salmuera, agua, energía Membranas / resinas	12 meses	Horas-días	Salmuera concentrada en Litio	
	3) Refinamiento: Producción de compuestos de Litio (derivados de litio)	Salmuera concentrada en Litio Reactivos químicos (soda ash, cal, ácido clorhídrico, cloruro de bario etc.)	Proceso químico (refinación)		-Carbonato de Litio (grado batería y grado técnico) - Hidróxido de Litio -Cloruro de litio	

[10] Incluimos solo los proyectos en operación

Midstream	4) Producción de material catódico/activo Producción de sales de litio y electrolitos	LFP Litio Hierro Fosfato Litio, fósforo y flúor	NMC Litio Níquel Manganeso Cobalto	NCA Litio Níquel Cobalto Aluminio	Síntesis del material catódico, para LFP de fosfato de hierro y litio Producción de fluoruro de litio y pentafluoruro de fósforo	Material catódico de tipo LFP, NMC o NCA Hexafluorofosfato de litio y electrolitos para baterías de ion-litio	YTEC (LFP) Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) YTEC/CONICET Clorar Ingeniería SA
Downstream (Aguas abajo)	5) Manufactura de la celda de batería	Cátodo (Litio +/- 10%) Ánodo (Grafito) Electrolito Separador			Producción/ensamble de la celda de la batería	Celdas de Batería	YTEC Dynami
	6) Manufactura de batería para Almacenamiento, Autos híbridos o eléctricos (EVs)	Celdas de baterías (importadas) Industria automotriz			Ensamblado de la celda de batería y unificación en packs (normalmente 6)	Baterías de ion litio	YTEC Coradir (Tito) Volt Motors Otros productores de EVs

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Cadena de valor del litio en salmuera.



Fuente: adaptado y actualizado en base a Subsecretaría de Programación Microeconómica (2018).

Extracción - métodos evaporíticos y de extracción directa

El proceso comienza con la exploración de los salares que contienen Litio en salmuera donde se hacen diversas pruebas para encontrar de donde extraer el de mayor concentración y menor contaminación de otros minerales para que el proyecto sea viable. Luego de esta primera etapa se construye la infraestructura necesaria para extraer y procesar el Litio.

En proyectos de extracción con tecnología evaporítica, el que se utiliza mayormente en Argentina, la infraestructura consiste básicamente en la instalación de bombas para bombeo de salmuera y agua, tuberías, piletones, infraestructura para energía eléctrica, residuos y una planta química para producir el compuesto de litio deseado. La salmuera es extraída a través de bombeo intensivo por tubos desde 30-50 metros de profundidad y es depositada en una serie de piletones de baja profundidad y gran extensión a la intemperie (usualmente denominada pozas de evaporación solar) donde la erosión y la evaporación a través de la radicación solar logran generar una salmuera con cada vez con mayor concentración de Litio.

El material es traspasado entre varios piletones hasta que se logra un concentrado aproximado de 8% de Litio (cuando el original que se encuentra en la salmuera es de aproximadamente 0,3%). Este proceso, de evaporación, tarda entre 12 y 18 meses hasta obtener la concentración deseada.

En la salmuera se encuentran otros compuestos además del Litio como el potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos. Además del Litio, a través del proceso de evaporación también se extraen sales como cloruro de potasio, cloruro de sodio, sulfato de potasio, sulfato de sodio.

El desafío de este proceso es purificar la salmuera hasta lograr un compuesto de Litio con alto grado de pureza. La presencia de boro, sulfatos y magnesio es lo que dificulta y encarece el proceso y es lo que busca evitarse en la etapa de exploración identificando regiones donde la concentración del mineral tenga menor concentración de elementos impuros, como por ej. el magnesio.

Una vez realizado el proceso de concentración por evaporación solar, la salmuera concentrada en Litio es sometida a diversos procesos químicos de purificación y precipitación en una planta química donde se le agrega soda ash, sodio y trióxido de carbono (Na2Co3) y carbonato de Calcio (CaO), ácido clorhídrico, entre otros reactivos químicos, hasta obtener un precipitado de carbonato de Litio (LiCO3).

Si bien en el proceso para la obtención del carbonato de Litio no utiliza agua como un insumo del proceso productivo, esta forma parte de la salmuera y al realizar la perforación existe el riesgo de mezclar el agua dulce para consumo con el agua salada implicando una potencial salinización del suelo. Además, al producirse la evaporación solar en los piletones que contienen la salmuera, hay una gran cantidad de agua que se evapora. Por otra parte, los proyectos si utilizan agua salobre subterránea para el funcionamiento de las plantas industriales en los yacimientos y para uso sanitario en campamentos, lo cual debe ser tenido en cuenta como una presión adicional sobre los recursos hídricos subterráneos. Dado que los salares se localizan en zonas áridas donde el agua es un recurso escaso y muy valorado, existe gran preocupación social por la amenaza que representa el uso del método por evaporación y agregado de cal-soda para producir compuestos de litio a los humedales y a las actividades económicas tradicionales de la Puna.

En 2022, Argentina se ubicó como cuarto productor mundial de compuestos de litio después de Australia, Chile y China con el 5% y 33 mil toneladas de carbonato de Litio equivalente.

Otro método alternativo al evaporítico, pero que aún se encuentra en una etapa de experimentación, sin un diseño dominante, es el de extracción directa de litio (EDL, o DLE por sus siglas en inglés - *direct lithium extraction*) . Este método consiste en bombear la salmuera y filtrar el litio, lo que, en teoría, permite devolver la salmuera restante (o agotada)

al medio subterráneo del cual fue extraída (lo cual se denomina reinyección). La filtración del litio se realiza mediante diferentes métodos, como por ejemplo la nanofiltración o electrodiálisis con membranas, intercambio iónico o mediante solventes. En todos los métodos de EDL lo que se busca es separar selectivamente al ion litio de los otros componentes presentes en la salmuera (sodio, potasio, magnesio, etc.). La principal ventaja productiva de todos estos métodos es el tiempo de extracción, el cual conlleva una escala de horas en vez de los 12 a 18 meses requeridos tradicionalmente por la evaporación solar. Además, los procesos de DLE evitan los tiempos y costos de construcción de piletones y el tiempo necesario para la evaporación y concentración de la salmuera por lo cual la producción de litio es más rápida [11]. Eso explica por qué los métodos de EDL son muy eficientes.

Además, los métodos de EDL no dependen de las condiciones climáticas y permiten que, en vez de tener una gran planta para producir el carbonato de litio cerca de los grandes piletones, se pueda trabajar con plantas modulares. Estos métodos pueden ser 100% de EDL o estar combinados de manera híbrida, es decir, combinar plantas de evaporación con el de extracción directa, como es el caso de la mina Fénix operada por Arcadium Lithium (ex Livent Corp.) en Catamarca.

Los principales beneficios teóricos de las diferentes tecnologías de tipo DLE es que permitirían nivelar la curva global de costos de producción, controlar mejor y acelerar los tiempos de la producción, producir de manera mucho más eficiente y reducir los impactos ambientales, especialmente la huella hídrica (Tabla 3) y los grandes volúmenes de residuos.

[11] Por otro lado, los procesos de DLE simplifican la obtención de Litio de grado batería (99,5%).

Tabla 3: Comparativa de métodos para la extracción de litio (espodumeno, salmuera convencional y DLE).

Métodos de extracción de litio	Roca Dura	Salmuera	
	Minería	**Evaporación**	**DLE**
Tiempos de producción (extracción a producción)	Semanas - meses	Meses - años	Horas - días
Tasas de recuperación de litio	60-80% (procesamiento)	40-60%	70-90%
Costos	Medio - Alto	Bajo	Bajo - Medio
Gastos de capital (capex)	Variado según el grado/conversión química	US$23-34.000 / tpa LCE	US$26-34.000 / tpa LCE
Gastos de operación (opex)		US$3.300-4.900/ t LCE	US$2.800-3.600/ t LCE
Producto de litio	Concentrado de Espodumeno (5-6% de Li_2O)	Carbonato de litio (Li_2CO_3) / Cloruro de litio (LiCl)	Carbonato de litio (Li_2CO_3) / Cloruro de litio (LiCl)
Proceso	Calentamiento, enfriamiento, trituración y tostado	Evaporación atmosférica escalonada, procesamiento de planta	Adsorción (Ad), Intercambio Iónico (IX), Extracción con Solventes (SX), Membrana
Requisitos adicionales de procesamiento	Sí	No (sujeto al uso final)	No (sujeto al uso final)
Requisitos de área de tierra	Alto	Alto	Bajo
Dependencia del clima	Sí	Sí	No
Consumo de agua	Alto	Medio - Alto	Bajo - Medio (sujeto a disponibilidad de reinyección)
Consumo de energía	Alto	Bajo (evaporación solar gratuita)	Medio
Emisiones	Alto	Bajo	Bajo

Generalizado; El intercambio iónico (IX) a menudo ya se utiliza en procesos de sorción y estanques para la eliminación de impurezas; La intensidad de capital y los gastos operativos de la salmuera se basan en escenarios modelados según GSe que se detallan a continuación.

Fuente: traducido y adaptado de Goldman Sachs Global Investment Research.

Este método sin embargo aún está en desarrollo y se está experimentando con alternativas, todas las que en esta etapa todavía presentan desafíos de implementación a escala. Además tiene una gran desventaja, y es que es más intensivo en el consumo de energía y por tanto en emisiones de dióxido de carbono, es intensivo en el uso de agua y tiene costo de producción por tonelada de LCE en la mayoría de los casos mayores a los de las tecnologías evaporíticas tradicionales. Resultados de investigación recientes del CIDMEJu indican que es urgente cuantificar el consumo de agua fresca asociado al método de extracción directa[12].

[12] Las estimaciones necesitan comparar la utilización de agua extra que requieren los métodos de extracción directa en relación a la que evitan perder durante el proceso de evaporación solar, cuando se pierde mucha agua. Se estima que para extraer 5 toneladas de carbonato de litio equivalente deben evaporarse entre 1000 y 2000 m3 de salmuera, o sea, del orden del millón de litros de salmuera (Calvo 2022). Los procesos evaporíticos consumen el doble de salmuera.

Ello se debe a que algunas tecnologías de EDL podrían requerir mayores volúmenes de agua fresca que algunas tecnologías evaporíticas, comprometiendo su aplicabilidad en zonas áridas (Vera et al. 2023). Así, la mayor necesidad de agua industrial implica además que necesita estar cerca de una fuente de agua.

Tabla 4: Ventajas y desventajas del sistema evaporítico vs DLE

Sistema	**Evaporítico**	**DLE**
Patentes	Patente vencida	Diversos métodos patentados, en desarrollo
Tiempos de construcción y extracción	Construcción 12 meses y extracción en 12 meses	Sistema modular, construcción y extracción rápida
Tipo de Salmueras	Solo en salmueras grandes	Su flexibilidad permite extraer Litio de salmueras más chicas manteniéndose rentable al no tener que construir.
Eficiencia de la producción	Baja	Alta
Riesgos ambientales	Riesgo de contaminación de reservas de agua dulce	Riesgo de contaminación de reservas de agua dulce
Impacto ambiental	Alta tasa de evaporación de agua y salmuera (el líquido se evapora y se pierde a la atmósfera)	Posibilidad de re-inyectar la salmuera una vez que se extrae el litio

Fuente: elaboración propia.

Existen tres tipos de tecnología de extracción directa en procesos de experimentación por distintas compañías, en distintos estadios:

1) Método de absorción con soportes de base de aluminio (Livent y Eramet/Tsingshan en Argentina y empresas de origen chino como Lanke Lithium o Zangge Mining que utilizan la tecnología desarrollada por la empresa china SunResin)
2) Método de intercambio iónico (como aquellos en desarrollo por la empresa LIlac Solutions de EE.UU. o E3 Lithium para el proyecto Clearwater de Canadá).
3) Método de extracción por solvente base a Titanio (Dionex, Francia)

Hasta el momento ninguno de los tres métodos ha mostrado una ventaja absoluta en relación al principal objetivo que buscan: la alta recuperación de litio.

Los métodos de extracción directa siguen luego de extraer la salmuera concentrada (limpia de magnesio) un proceso similar al que se utiliza con el proceso tradicional o evaporítico.

Refinamiento

Con el precipitado de carbonato de Litio, que se obtiene por cualquiera de los métodos anteriores, se produce cloruro, carbonato o hidróxido de Litio.

Al carbonato se llega por un proceso de purificación y precipitación. El carbonato de litio puede ser de una pureza entre 99% (grado técnico) y 99,5% (grado batería) en forma de granulado o de cristales. El de grado batería es el que es utilizado para la producción de material catódico para algunos de los tipos de batería de Litio (ver Tabla 5 abajo).

El precipitado de carbonato de Litio se convierte en hidróxido de Litio (LiOH) en un proceso químico de cristalización agregando agua (H20). El hidróxido de Litio (LiOH) es un polvo blanco, que se utiliza como materia prima para la producción de material catódico de baterías de litio y es comercializado como hidróxido de litio monohidratado. Necesita tener una pureza mínima 56,5% (caso SQM Lithium de Chile del Salar de Atacama) para la producción de material catódico de la batería.

Además, del precipitado de carbonato de Litio se pueden obtener otros compuestos como el bromuro de Litio (LiBr) que se utiliza en sistemas de aire acondicionado y control de humedad; o el cloruro de Litio, que es el material del cual deriva el Litio Metálico (Li). También es utilizado en la industria del aluminio, la cerámica (puntualmente en esmaltes para porcelana), vidrio y en la medicina como antidepresivo o para la producción de hidróxido de Litio (LiOH), que es otro de los compuestos que se utilizan para crear material catódico para las baterías.

El proceso de refinación del litio es dominado por China con casi el 90% y seguido por Chile. Puntualmente el proyecto de SQM en el Salar de Atacama produce Carbonato de Litio con un mínimo de 99% de pureza e hidróxido de Litio con el 56,5% requerido por el mercado.

Fabricación de compuestos de la celda de Litio, material catódico y ensamblaje

Nos concentramos en el proceso de fabricación de baterías de alta potencia (60 kWh) de almacenamiento de energía, para vehículos eléctricos y de uso doméstico.

Una batería de litio está compuesta por un cátodo (polo positivo), un ánodo de grafito (polo negativo), un separador y el electrolito. Dentro de estos compuestos lo más costoso, pesado, con mayor valor agregado y que determina la característica de la batería es el material catódico o material activo del cátodo.

Una vez obtenidos los compuestos para la fabricación de la batería, siendo el más importante el material catódico, se procede a construir la celda de batería de Litio. Las celdas de batería se ensamblan e interconectan entre sí normalmente en secuencias de a seis (celdas) para finalmente obtener la batería relativamente de peso liviano con gran capacidad de almacenamiento de energía.

La fabricación de compuestos, material catódico y ensamblaje se encuentra principalmente en Asia, siendo China el líder de este proceso.

El cátodo tiene en todas sus variantes compuestos de Litio (carbonato o hidróxido), pero también necesita de otros minerales. Una batería de Litio sólo contiene aproximadamente un 10% de compuestos de Litio. Los otros minerales son el níquel, manganeso, cobalto, aluminio, hierro y fosfato. De acuerdo con la combinación de estos minerales para formar el material catódico se producen distintos tipos de baterías de Litio útiles para diferentes propósitos.

La Tabla 5 describe los diferentes tipos de baterías según la composición química.

Tabla 5: Baterías según su composición química.

Cómo difiera la química de las baterías por el contenido mineral:
Batería Li-Ion de 60 KWh

		NMC811 Niquel (80%) Manganeso (10%) Cobalto (10%)	**NMC523** Niquel (50%) Manganeso (20%) Cobalto (30%)	**NMC622** Niquel (60%) Manganeso (60%) Cobalto (60%)	**NCA+** Niquel Cobalto Oxido de Aluminio	**LFP** Litio Hierro Fosfato
	LITIO	5 KG	7 KG	6 KG	6 KG	6 KG
	COBALTO	5 KG	11 KG	11 KG	2 KG	0 KG
	NIQUEL	39 KG	28 KG	32 KG	43 KG	0 KG
	MANGANESO	5 KG	16 KG	10 KG	0 KG	0 KG
	GRAFITO	45 KG	53 KG	50 KG	44 KG	66 KG
	ALUMINIO	30 KG	35 KG	33 KG	30 KG	44 KG
	COBRE	20 KG	20 KG	19 KG	17 KG	26 KG
	ACERO	20 KG	20 KG	19 KG	17 KG	26 KG
	HIERRO	0 KG	0 KG	0 KG	0 KG	41 KG

Fuente: https://www.worldenergytrade.com/metales/mineria/principales-minerales-bateria-vehiculo-electrico

En 2020, el 72% de las baterías utilizadas para autos eléctricos (EVs) previo a la incorporación de China en el mercado, estaba compuesto por Litio, Níquel, Manganeso y Cobalto (NMC). Otro tipo de batería es la del tipo NCA de un cátodo compuesto por Litio, Níquel, Cobalto y Aluminio. Todas las baterías necesitan grafito por su coste y cobre como colector de corriente para el ánodo.

Las baterías de tipo LFP (Litio, Hierro y Fosfato) tienen la particularidad de no utilizar Níquel. Estas últimas son más económicas no solamente porque reemplazan el níquel por minerales más baratos, sino también porque utilizan el carbonato que es más económico que el hidróxido de Litio.

Las baterías de tipo LFP son las que están siendo más utilizadas para autos de gama estándar por líderes de la industria como automotoras chinas y Tesla. Por esta razón el precio del carbonato de Litio subió exponencialmente en los últimos años.

Uso final: almacenamiento de energía, principalmente en movilidad eléctrica

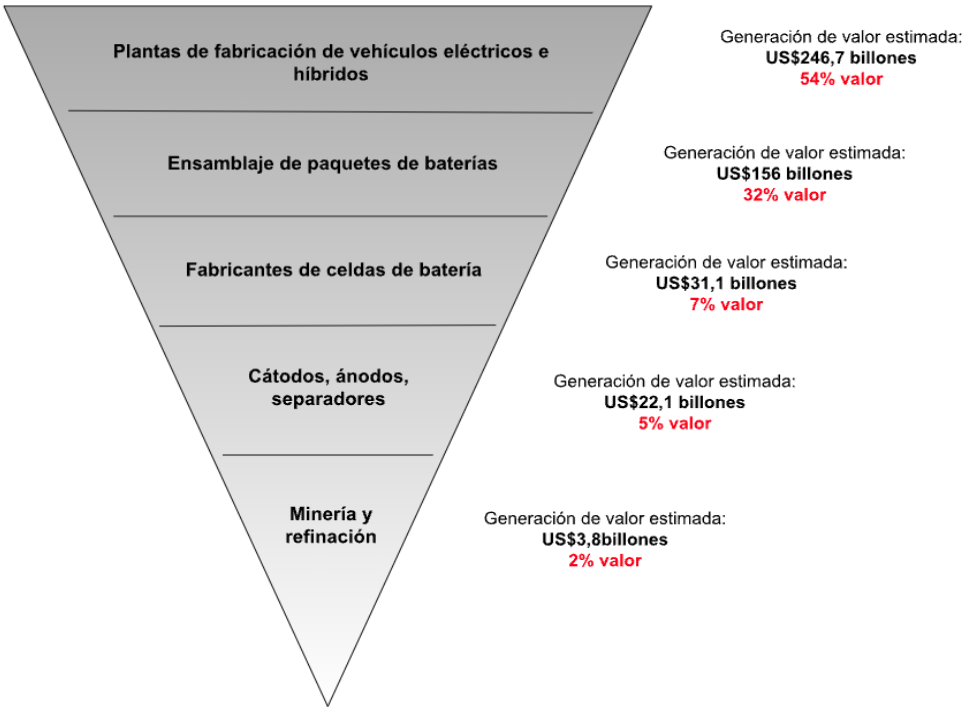
El uso final de la cadena de valor del Litio es el almacenamiento de energía eléctrica en baterías relativamente livianas. Estas pueden tener diversos usos, actualmente la mayor demanda de Litio y de este tipo de baterías viene del flamante mercado de los vehículos híbridos o eléctricos. En esta última etapa de la cadena se suma entonces la cadena de la industria automotriz. La cadena de valor continúa luego con el reciclado de las baterías y su posterior reciclaje para obtener los materiales contenidos para su posible re-uso.

La Figura 8 muestra una estimación del valor que se genera en cada etapa de la cadena global de valor. Estas estimaciones muestran claramente que la etapa de extracción, con los

precios de mercado actuales, es la de menor valor agregado (2%) y la que por lo tanto tiene menos capacidad de extraer beneficios económicos. A medida que nos movemos hacia arriba en la producción de cátodos, celdas de batería, ensamblado de baterías y vehículos, el porcentaje de valor que se puede extraer aumenta. Así, la etapa de armado de vehículos eléctricos es la de mayor valor agregado (54%).

En lo que sigue analizamos en qué etapas las empresas y actores del sistema científico en Argentina se están insertando en la cadena y cómo.

Figura 8: Valor generado en las diferentes etapas de la cadena



Fuente: Sanchez-Lopez (2023) con base en Austrade (2018) y Fortune Business Insights (2020).

4. Análisis de las capacidades empresariales y científico tecnológicas

En esta sección analizamos tres tipos de capacidades:. Capacidades para la extracción del mineral; capacidades para el agregado de valor aguas abajo y; capacidades para provisión de insumos y servicios especializados requeridos en el proceso de extracción y agregado de valor.

4.1. Capacidades de extracción

Primero describimos las empresas que están haciendo extracción, luego qué capacidades tecnológicas de extracción se están utilizando y desarrollando domésticamente y finalmente los principales proyectos de I & D.

Empresas

En la actualidad los proyectos de extracción de litio en operación, en construcción y en exploración en Argentina están liderados casi en su totalidad por empresas multinacionales. A diferencia de otros países con minerales críticos para la transición, como Bolivia y Chile, en América Latina y, Zimbabue e Indonesia en África y Asia, los cuales están avanzando diferentes proyectos para incrementar la participación de empresas del sector público o de orígen nacional en la extracción de estos minerales, en Argentina esta participación es mínima.

Una excepción es el caso de la empresa pública de la provincia de Jujuy, Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado – JEMSE, la cual tiene: a) el 8,5% de las acciones del *joint venture* Sales de Jujuy S.A. el que explota el Salar de Olaroz para producir carbonato de Litio (acciones Clase B), b) el 8,5% de la Minera Exar que explota el salar de Cauchari-Olaroz y, c) tiene derecho al 5% de la producción de litio a precio preferencial que en la actualidad no se utiliza.

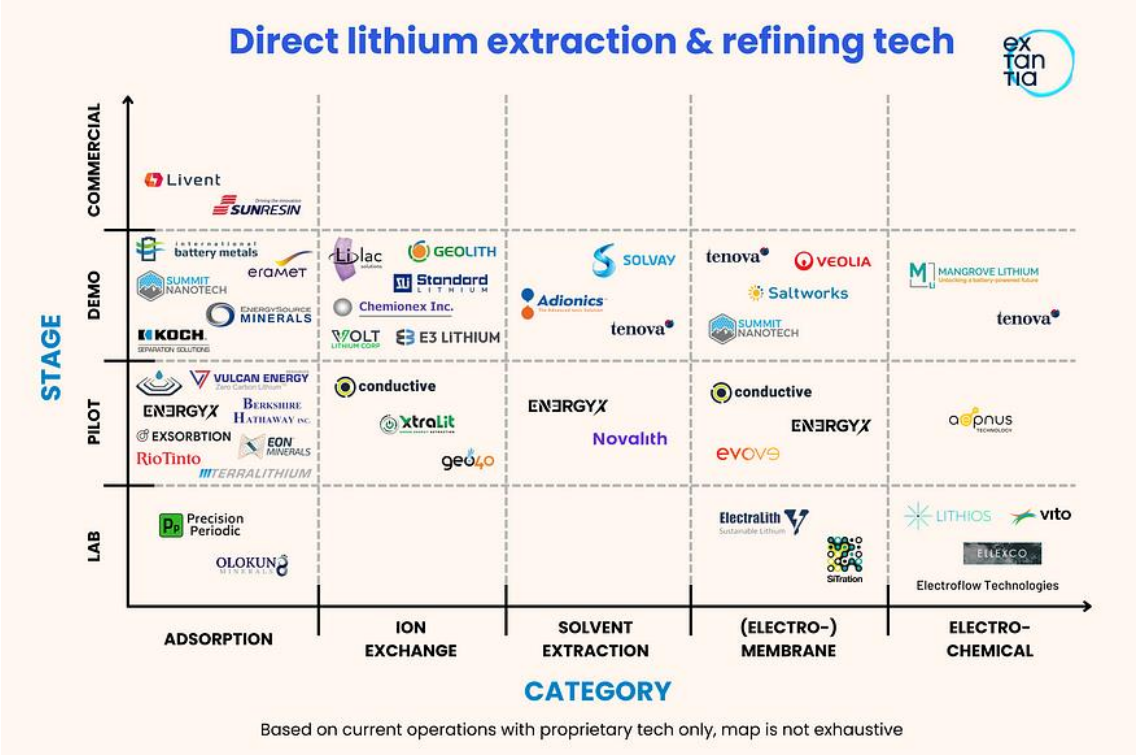
En exploración, sin embargo, está activa la empresa YPF Litio, perteneciente a la petrolera estatal YPF, la cual hace algunos años comenzó a realizar exploraciones en algunos salares. Para estas actividades utiliza asociaciones estratégicas con otras empresas estatales. Una de ellas, emblemática, es la asociación que en 2023 hizo con la empresa estatal catamarqueña CAMYEN para comenzar exploraciones en un salar ubicado en la zona de Fiambalá, provincia de Catamarca. Un gran desafío que enfrenta la empresa, según nuestras entrevistas, es que los salares más ricos ya han sido concesionados a empresas multinacionales por los gobiernos de las otras provincias .En Salta, por ejemplo, la empresa está licitando para un proyecto de extracción para asegurarse acceso asociado a planes de industrialización, pero todavía no lo han conseguido.

También de capitales de origen argentinos, aunque privados, se destacan dos consorcios. Por un lado el Grupo Integra, perteneciente al empresario José Luis Manzano, el cual a través de la empresa Integra Lithium, cuenta con concesiones para explorar y extraer litio en 243.000 hectáreas. De estas concesiones un total de 163.000 hectáreas están en áreas de salmuera y otras 77.000 hectáreas zonas donde el litio se extraería de roca dura (Ancasti en Catamarca). Por el otro, la empresa Tecpetrol, perteneciente al Grupo Techint, la cual está avanzando con su proyecto en Olacapato (Salta) el cual ya cuenta con una planta piloto de extracción directa de litio. Tiene una capacidad de producción de 25 toneladas LCE promedio por año y una capacidad de procesamiento de 1.200 litros de salmuera por hora. Asimismo, en octubre de 2023, Tecpetrol compró el 54% del paquete accionario de la empresa canadiense Alpha Lithium la cual es titular de 27.500 hectáreas en el salar de Tolillar (Salta), 5072 hectáreas en el salar del Hombre Muerto (Catamarca) y 6000 hectáreas en el salar de Arizaro (Salta), todos en etapa de exploración. Ello se suma a las concesiones que tiene Tecpetrol en el área de la cuenca de Laguna de Guayatayoc (Jujuy), área de gran conflictividad social con comunidades indígenas.

Capacidades productivas y tecnológicas de extracción

El desarrollo de nuevas técnicas de extracción y procesamiento de litio de extracción directa y otros, es un área altamente intensiva en conocimiento. Este tipo de desarrollos se encuentran actualmente en la frontera tecnológica y constituyen una oportunidad no solo para las empresas que los desarrollan sino para toda la cadena de valor. Las empresas líderes globales en el desarrollo de tecnologías de extracción son la empresa china SunResin (tecnología de adsorción) quien gestiona operaciones híbridas en China, la empresa canadiense Summit Nanotech, y empresas de EE.UU. como Lilac Solutions, EnergyX, Koch Technology o IBAT de John Burba y otras nuevas como Adionics (Francia) (Figura 9).

Figura 9: Empresas involucradas en el desarrollo de la tecnología DLE.



Fuente: Extantia. https://medium.com/extantia-capital/the-technology-overview-closing-the-lithium-supply-gap-with-direct-lithium-extraction-dle-and-d686e0e7a923

En operación en la actualidad, solo China y Argentina tienen proyectos de litio que aplican métodos de extracción directa o DLE. En China están en producción los proyectos Yiliping Lake, Chalkhan Lake y Mahai Lake los cuales producen de manera conjunta cerca de 47 kt LCE/año. En Argentina el proyecto Fénix, de la empresa Arcadium Lithium (ex Livent) en Catamarca, produce cerca de 22 kt LCE/año con un método híbrido (DLE por absorción y evaporítico). Allí se extrae la salmuera del salar del Hombre Muerto mediante bombeo utilizando un proceso de patente propia de adsorción selectiva. Luego se hace evaporación solar para producir carbonato de litio en Catamarca y cloruro de litio en Salta.

Así, en 2022 cerca del 10% de la oferta global de litio fue producida por operaciones que utilizan el método DLE, todas ellas de absorción. En el caso de las empresas chinas el proveedor de la tecnología es la empresa china Sunresin, que es la dueña de al menos 10 patentes para tecnologías de DLE. En contraste, en el caso de Livent los desarrollos de la tecnología (y las patentes) son propios.

Argentina fue uno de los primeros países en el mundo en el que se empezó a experimentar con procesos de extracción directa de Litio en 1997. Lo hizo la empresa FMC (ex Livent, actual Arcadium Lithium) en Catamarca explotando una patente de John Burba. El desarrollo inicial en laboratorio no fue complicado, se hizo en seis meses en EE.UU., pero la implementación, la cual se llevó adelante en Argentina con un equipo de ingenieros de la Universidad de Salta, según nuestras entrevistas, fue bastante más laboriosa y tomó años.

El proceso desarrollado, aún utilizado por la empresa en Catamarca, no es 100% directo sino híbrido. En la primera parte del proceso, se retiene a través de una resina (el material patentado) salmuera con alta concentración de Litio pero luego en la segunda, se sigue en un proceso evaporítico en piletones de escala menor al tradicional.

Livent cuando comenzó tenía un ratio de absorción del 75%, sin embargo hoy las tecnologías de DLE están teniendo un ratio del 90%.

Se espera que en 2024, en Argentina, se ponga en marcha un nuevo proyecto que se propone utilizar 100% extracción directa por absorción con soportes de base de aluminio. Lo implementará la empresa Eramet en el proyecto Centenario-Ratones. El desarrollo de este proceso, que tomó entre 5 y 6 años, se realizó en conjunto con el Instituto Francés del Petróleo para desarrollar el absorbente, el activo sólido. A diferencia del caso de Catamarca, en este caso no hubo integración de tecnología en Argentina, ya que el proyecto fue vendido llave en mano por el proveedor global Suez WTS.

Además, en Argentina existen otros proyectos en los cuales se está avanzando con el desarrollo de diferentes tipos de tecnología de extracción directa (ver Tabla 6). De los proyectos identificados en dicha tabla, solo dos: Amanecer, liderado por una empresa exploradora junior radicada en Canadá, y el proyecto de Tecpetrol en Olapacato, cuentan con desarrollos de la tecnología de DLE que se están llevando a cabo en Argentina. Como discutiremos en la próxima sección, Y-TEC también está trabajando junto a YPF Litio en el estudio de procesos de DLE y en el desarrollo de materiales de absorción selectiva de litio de salmueras y de aguas de producción.

Tabla 6: Proyectos mineros de litio que están desarrollando la tecnología DLE en Argentina.

Proyecto	Empresa	Etapa del proyecto DLE	Proveedor de la tecnología	Origen de la tecnología
Centenario-Ratones	Eramet/Tsingshan (Francia/China)	Construcción	Propia, impulsada por Suez/Veolia	Francia
Fénix (Hombre Muerto)	Livent (EE.UU.)	Producción (método híbrido DLE y evaporación)	Propia	EE.UU.
Rincón	Rio Tinto (Australia)	Piloto	Propia	-
Kachi	Lake Resources (Australia)	Piloto	Lilac Solutions (EE.UU.)	EE.UU.
Olaroz	Allkem (Australia)	Estudio	a definir	a definir
Angeles	Tibet (China)	Construcción	SunResin (China)	China
Amanecer	Eon Minerals (Canada)	Piloto (método híbrido DLE y evaporación)	Propia	Argentina
Olapacato	Tecpetrol (Argentina)	Piloto	Propia	Argentina

Fuente: adaptado en base a Goldman Sachs Global Investment Research.

A pesar del avance significativo en el desarrollo y utilización de métodos de extracción directa en el país, aún persiste mucha incertidumbre alrededor de las tecnologías de extracción directa. Dos preguntas importantes son cuán convenientes son económicamente en el mediano plazo, y bajo qué condiciones se podría re-inyectar la salmuera una vez que se removió el litio. Para responder estos interrogantes, faltan años de experiencia de aplicación y mayores experimentaciones con salmueras "reales" para ir aumentando el grado de avance de las tecnologías (Flexer et al., 2018; Vera et al., 2023).

En este sentido, existe un gran potencial para que las empresas operadoras de proyectos se vinculen con instituciones del sistema científico-tecnológico nacional y/o con empresas nacionales para avanzar el desarrollo de esta tecnología de frontera.

En investigación y desarrollo

En la actualidad tres proyectos de investigación y desarrollo de métodos de extracción de litio están en estado avanzado en Argentina.

La empresa Y-TEC, la empresa de tecnología propiedad 59% de YPF y 49% de Conicet está trabajando en un sistema de resinas (mismo tipo del de Livent y Eramine) orientado a hacer rentable la extracción en salares pequeños.

En el Centro de Investigación en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJu) (https://cidmeju.unju.edu.ar/) se están haciendo investigaciones y experimentos

con un método para recuperar agua dulce de la salmuera en proyectos de litio utilizando electrodiálisis (Baspineiro et al., 2020).

En relación a este método, la investigadora de Conicet Victoria Flexer patentó un método de extracción directa: electroquímico, de desalinización, el cual evapora por energía. Una de las grandes fortalezas de este método, es que permite la recuperación secundaria de otros materiales y el reciclado del agua que se extrae.

La salmuera tiene un portafolio de subproductos: cloruro de potasio, sales de magnesio, y boratos, entre otros. Los métodos de extracción que se utilizan en la actualidad tratan estos subproductos como desperdicios, y estos quedan en el agua. El agua así queda contaminada. Con el método que avanza el centro CIDMEJu según Victoria Flexer: *"Queda agua de baja salinidad, y devolves más agua de la que usas".*

Uno de los grandes desafíos que presenta este proyecto es su experimentación en proyectos de extracción en operación y su escalamiento. Los investigadores del CIDMEJu no han tenido éxito en la construcción de alianzas con el sector privado para llevar adelante proyectos de experimentación para la extracción. Sólo han podido acceder a muestras de los salares en operación para experimentaciones en el laboratorio. Tampoco han podido avanzar en proyectos conjuntos con la empresa Y-TEC, la cual lleva adelante proyectos de experimentación con nuevas tecnologías de extracción directa. En entrevistas con Y-TEC argumentaron que no han avanzado en un acuerdo con el centro por considerar el proceso de electrólisis propuesto por CIDMEJu como económicamente inviable. El centro si ha logrado avanzar en cambio en el trabajo de escalamiento, con empresas medianas, como la Minera Santa Rita y en acuerdos con una empresa del sector de telecomunicaciones, interesada en el sector energético.

Finalmente, en Argentina se destaca el trabajo de investigadores del centro INQUIMAE (UBA-Conicet) quienes desarrollaron un proceso de extracción electroquímica utilizando materiales de intercalación de ion litio. El método fue patentado por el CONICET en Argentina, Bolivia, Chile y China, y está ahora en proceso de experimentación. La ventaja de este método extractivo (de tipo de extracción directa) es que no agrega sustancias químicas ni genera residuos. Según uno de los líderes del proyecto, el investigador Ernesto Calvo (2022), la empresa argentina Laring SA está desarrollando una planta piloto de recuperación de litio a partir de salmueras con estos métodos electroquímicos de bombeo iónico en materiales de intercalación de iones litio.

4.2 Capacidades para el agregado de valor

4.2.1. Producción de material activo o catódico y baterías

En el área de insumos para las baterías eléctricas los proyectos más importantes son los desarrollados por la **Empresa Y-TEC**[13] (YPF y el CONICET). Esta empresa, trabajando en colaboración con otras instituciones del sistema científico y empresarial en Argentina y en otros países, lidera varios proyectos que abarcan las diferentes etapas de la cadena de valor del litio.

[13] La empresa también desarrolla varios sistemas de extracción directa de litio basados en diferentes tecnologías, alternativos a los tradicionales, con el objetivo de acortar los procesos de evaporación de años a semanas o días y que consuman menos agua y energía. Estos los discutimos en la próxima sección

La empresa Y-TEC empezó a trabajar desde hace 7 años en temas relacionados al litio en colaboración con INIFTA (Conicet + UNLP)[14]. Comenzaron con una planta de laboratorio de celdas de tamaño industrial con una productividad muy baja, para hacer ensayos. En la actualidad están desarrollando tecnología y transitando un proceso de aprendizaje con distintas instituciones en Argentina para fabricar todos los compuestos de la batería. En entrevistas con gerentes de la empresa, se reconoció que para continuar en ese proceso de aprendizaje, y pasar de experimentaciones a producción "es muy importante una alianza con empresas del exterior".

El proyecto más ambicioso es el de producción de baterías. Para este proyecto, trabajan con celdas de batería de tipo LFP (ver Tabla 5) por dos razones: 1) porque dependen de menos materiales los cuales son difíciles de acceder y, 2) son "*menos peligrosas que el resto de los materiales catódicos que contienen níquel*". Las baterías LFP tienen un mayor volumen por eso sirven para almacenamiento de energías para artefactos como los vehículos eléctricos, pero no para celulares, o bicicletas eléctricas. También sirve para el almacenamiento de energías limpias para hogares, y están apuntando a este segmento del mercado en Argentina.

"En el trabajo que hacemos con baterías LFP buscamos un camino alternativo para no chocar con patentes existentes que son un gran problema para el desarrollo tecnológico".

Y-Tec tiene además, en la actualidad, en colaboración con empresas nacionales e internacionales, dos proyectos de fabricación de baterías, uno en La Plata, en Berisso, y el otro en Santiago del Estero. En estos proyectos además del aprendizaje en producción, se está abordando los desafíos de acceso a materiales complementarios al litio. En lo que sigue explicamos estos proyectos.

Proyecto: planta de fabricación de celdas y baterías de Litio (UniLiB) en Berisso:

Este proyecto se inició como una iniciativa conjunto de un consorcio de varias instituciones: además de Y-tec, el CONICET, el (ex) Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, el Ministerio de Defensa, la Universidad de la Plata (UNLP), el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), y el Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica y la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC). Empezó con la firma en 2021 de un memorando de entendimiento para encarar conjuntamente el diseño, instalación, configuración y puesta en funcionamiento de una planta de fabricación de celdas y baterías de Litio de tipo LFP. El objetivo primordial es la puesta en funcionamiento de una planta de celdas y baterías de ion litio. La planta de UniLiB produce celdas de tipo pouch de 48 voltios y 100 amperes con un ánodo de grafito-cobre y un cátodo de aluminio LFP. Con una inversión de USD 7 millones, la capacidad de la planta es de 15 MW/hora lo cual se traduce en una capacidad de producción anual de 50 baterías para autobuses o 1000 para almacenamiento estacionario de energía de origen renovable (UNIDO, 2024).

[14] El Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) es una institución académica abocada al estudio de problemas de investigación científica básicos y aplicados en el campo de la química, en general, de la fisicoquímica, en particular, y actividades de asesoramiento y extensión. El INIFTA funciona en el ámbito de la UNLP y académicamente depende del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas. Sus actividades son apoyadas por UNLP y el CONICET a través de un convenio de asociación entre ambas instituciones. Además, se llevan a cabo trabajos de investigación en desarrollo con el apoyo de otras instituciones a nivel nacional e internacional.

Esta planta apunta a la producción de baterías con producción propia de material catódico de tipo LFP. Sin embargo, actualmente la producción está suspendida desde el cambio de gobierno nacional en diciembre de 2023.

En principio el desarrollo de estas baterías de Litio está pensado para el uso hogareño desconectado de la red eléctrica para que puedan almacenar electricidad producida de energías renovables, puntualmente paneles solares. Este tipo de batería está siendo requerida también por productores de energía (eólica y solar) debido a la saturación de la red eléctrica actual.

Planta de fabricación de celdas y baterías de Litio en Santiago del Estero

En 2024 se pondría en marcha una nueva planta con capacidad cinco veces mayor a la de Berisso en la provincia de Santiago del Estero (75 mega watt año). En esta planta ya están invertidos más de 10 millones de dólares y se encuentra en etapa de construcción. Tendrá la capacidad de producir baterías para el equivalente de 10.000 hogares o 2000 vehículos.

Esta planta tendrá una capacidad 5 veces mayor a la planta en La Plata.

En paralelo y en el marco de las mismas políticas, se están desarrollando tres proyectos de desarrollo de proveedores locales con el objetivo de lograr que el 50% del contenido de la batería sea de carácter nacional. Estos proyectos, según entrevistas con gerentes de Y-Tec, buscan satisfacer una demanda local y regional, no tienen el foco en exportar sino en el desarrollo de la industria en Argentina y la región en base al Litio.

Un gran desafío que tienen estos proyectos, sin embargo, paradójicamente es el acceso al litio, ya que como se discutió antes, la mayor parte de la explotación en Argentina la llevan adelante empresas extranjeras, que exportan todo el material, y no existen regulaciones que favorezcan el procesamiento local del litio, o las que se existen no se cumplen o no son efectivas. Para abordar este desafío, la empresa Y-TEC firmó un contrato con la minera estadounidense Livent para asegurarse parte de la producción del proyecto Fénix en Catamarca.

"No nos querían vender el Litio para las baterías, el objetivo de las empresas es exportar todo el litio, no industrializar en Argentina. Ni Livent en Catamarca ni los Salares de Jujuy. Livent termina vendiendo a un precio más bajo (sospecha por cuestiones impositivas) por presión del Gobierno de Catamarca. Sales de Jujuy fabrica carbonato en grado técnico y batería y no nos vendieron.

Las maneras para acceder al litio en Argentina son dos: por un lado que YPF tenga una producción de litio que es a donde se está apuntando. Todas las petroleras están apostando a la transición energética, YPF no es la excepción intentando entrar en el mercado con YPF litio. Por otro lado, que a través de la mesa de litio de las provincias, se negocia alguna obligación de venta nacional del litio para industrializar en el país (como sucede en Chile)".

4.2.2. Producción de otros insumos claves para las baterías

Está en construcción una planta de hidróxido de litio en Salta asociado al proyecto minero Sal de Oro. Desde la empresa hubo en principio anuncios de que la planta se construiría en el complejo industrial Yulchon en Corea del Sur con una capacidad anual de producción de 25.000t de LiOH y con fecha de puesta en producción en 2025. Sin embargo, desde el gobierno provincial anunciaron que dicha planta se construiría en el parque industrial Güemes, en Salta.

Iniciativas de Y-Tec

El proyecto de producción de baterías LFP de Y-TEC, con plantas piloto en La Plata y Santiago del Estero y con destino mercado local, tiene potencial a futuro de integrar aún más proveedores nacionales dentro de la cadena. Si bien se requiere profundizar en qué

oportunidades se podrían abrir, de modo preliminar y de acuerdo a una entrevista reciente a R. Salvarezza[15], se remarcó la importancia de desarrollar proveedores de los componentes de las baterías, en particular los materiales químicos para la producción de material catódico/anódico, las celdas y los separadores.

Con este objetivo, Y- Tec ya tiene en marcha un proyecto para desarrollar el electrolito de la batería. Este proyecto es considerado estratégico en un contexto donde la demanda supera ampliamente a la producción mundial que está concentrada en China. Este proyecto comenzó en 2022 y lo lidera la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Es un proyecto de investigación público-privado "ElectroLitAr"[16] que apunta a lograr la producción nacional de hexafluorofosfato de litio (LiPF6) o sales de litio, un insumo imprescindible para los electrolitos de las baterías de ion-litio. Dicho proyecto involucra, además de Y-Tec a CEQUINOR-Conicet, a la empresa nacional Clorar Ingeniería SA, una empresa especializada en I+D y diseño de procesos y equipos para la industria química.

En el caso del proyecto de fabricar el electrolito en Argentina hay que atravesar todo el camino de aprendizaje porque, si bien existe en el mundo, nadie comparte cómo hacerlo. El objetivo es hacerlo en 2 años.

Otro proyecto es el de producción de grafito para fabricar el ánodo. El grafito usa como materia prima el coque calcinado, el cual en la actualidad YPF manda a China y luego se importa. El proyecto es importar un horno de China para mantener la cadena del grafito para el ánodo dentro del país.

Hay una iniciativa también para producir láminas de aluminio en Aluar en la fábrica de Puerto Madryn.

Un emprendimiento innovador público-privado: Dynami Battery Corp

Dynami es una *start-up* iniciada por investigadores de Argentina que patentó un método para que los iones de litio entren más rápido al electrodo mediante una especie de "autopistas", lo que reduce los tiempos de carga a 20 minutos y aumenta la potencia en un 15%.

Es una empresa pequeña de seis personas, todos científicos.

La empresa hace los electrodos (con sus patentes) y mandan a hacer la batería en EE.UU. *"Nuestro objetivo es convertirnos en la tecnología estándar de la industria", dice Sergio Baron, co-fundador de Dynami".* La empresa no hace el proceso químico (materiales activos). Y el ensamble de las baterías se hace con un socio de EE.UU.

Trabajan en colaboración con instituciones de ciencia y tecnología, universidades, y otras empresas. Usan la incubadora de la Universidad de Binghamton en EE.UU. y en Argentina, la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN-MCyTN). En ambos casos les otorgan un espacio físico y redes (*networking)* para oportunidades de capital y de negocios. Sus laboratorios están en la Fundación Argentina de Nanotecnología. En FAN (Fundación Argentina de Nanotecnología, usan una impresora a chorro de tinta industrial con la que

[15] Véase https://www.ambito.com/economia/planta-baterias-litio-se-inaugura-septiembre-y-tendra-50-integracion-local-n5785642
[16] Véase https://www.argentina.gob.ar/ciencia/dnpe/proyectos/tecnologia-para-la-produccion-nacional-de-electrolito

crean las baterías que incorporan la innovación patentada de la empresa, después las mandan a fabricar a EE.UU. con todos los materiales allá.

En Chile ganaron el programa de aceleración de SQM Lithium Ventures, 25.000 USD (fondo que la empresa SQM invierte como venture capital). En la actualidad Dynami trabaja para generar un flujo de inversiones a través de SQM (Endevor Chile, etc). No han hecho acuerdos de transferencia de tecnología con instituciones de ciencia y tecnología como Conicet en Argentina. "*La transferencia de tecnología y conocimiento de instituciones públicas de ciencia y tecnología en Argentina como CONICET al sector privado productivo ha sido históricamente limitada*". Pero sí colaboran con investigadores del sistema científico. En general encuentran buena predisposición de investigadores del sistema público para pasarse al sector privado.

Se financian con inversiones privadas y públicas de Estados Unidos y también de argentinos. Cómo son todavía pequeños el control accionario lo tienen los socios y las inversiones de capital se hacen a través de un documento llamado SAFE que es una nota convertible, una especie de deuda. El paquete accionario sigue en control de los socios fundadores. Están planeando una próxima ronda de inversiones por US$ 6 millones, pero con esta solo piensan diluirse un 20%. Según el entrevistado, no existe una asamblea donde se cambiaría la visión de la empresa. Los inversores apuestan a largo plazo para lograr que se multipliquen sus inversiones por 10 o por 100x, ya que es una inversión riesgosa de largo plazo.

Los fondos IRA (fondos de jubilaciones) podrían canalizar capital a litio no solamente a la parte extractiva sino también para financiar nuevos emprendimientos tecnológicos. La empresa tiene una sociedad en EEUU por lo cual podría aprovechar ese tipo de fondos, de manera indirecta. Las empresas que pueden invertir en Dynami ya reciben capital de las IRA. "No hay ningún convenio bilateral entre EEUU y Argentina para fondeo, aparte tendría que ser convenio con las provincias que son las dueñas del Litio".

"No pudimos acceder a un subsidio en Argentina del ministerio de ciencia y tecnología, bajo el argumento que habíamos ya recolectado capital suficiente. En Nueva York recibimos un subsidio de la fundación del Premio Nobel que inventó las baterías de Litio"

Que haya litio en Argentina es una inspiración para la empresa. Sin embargo, no utilizan el litio de Argentina, "*no hay acceso preferencial al litio para proyectos en Argentina*". La empresa importa directamente los insumos de EE.UU., China, etc. "*No hay ningún proveedor de Argentina que venda los materiales clave que se necesitan para hacer baterías de litio, no hay mercado local*"

Esto es porque la empresa lo que necesita no es el carbonato o hidróxido de litio (lo que produce en la actualidad Argentina a escala industrial) sino material catódico que se produce a baja escala y de manera experimental en Y-TEC. Por esto utilizan el material catódico importado. La empresa, llegado el caso que Y-TEC pudiera abastecerla, preferiría utilizar el material catódico producido por Y-TEC para no tener que importar. "*Mientras cumpla con la calidad y las especificaciones no tendrían problema en usar el material catódico y otros insumos producidos por Y-TEC, de hecho así se ahorrarían de importa*r". El ensamble a su vez se realiza en EEUU donde tienen acceso principalmente a financiamiento y facilidades a la hora de la innovación.

En términos generales, Dynami apunta a crecer solo en I&D en Argentina y realizar la producción y entrega de productos físicos en Binghamton, EEUU "*lo hacemos allá porque es mucho más fácil y rápido que hacerlo acá. Es importante hacerlo rápido, es el único momento en nuestras vidas que vamos a ver que los autos cambien de motor de explosión a eléctricos*". La empresa considera que el contexto en Argentina no es favorable para este tipo de inversiones en el país, "*estamos en Argentina solo porque somos argentinos. Las dificultades para importar insumos hace que no se pueda producir en Argentina*".

La existencia de Dynami podría ser interpretada como independiente de la minería de litio y de la producción de derivados de litio como el carbonato de litio grado batería. De hecho como se discutió, Dynami no adquiere ninguno de sus insumos para producir los electrodos (material activo LFP y NCM, aditivos, polímeros) que fabrica en Argentina de productores argentinos, por el contrario utiliza mayormente material importado. Visto de esta manera Dynami podría desarrollarse en otro país. Sin embargo, la existencia de profesionales calificados en ingeniería química que entienden de litio vinculados al sistema de ciencia y tecnología es un factor que le permitió acceder a recursos humanos especializados que han sido clave en su desarrollo. Y la existencia de estos recursos humanos especializados si ha sido favorecida por la existencia del recurso mineral. La industria minera del litio en Argentina, sumado a un sistema de ciencia y tecnología ha incentivado la investigación en temas relacionados a las tecnologías requeridas para las baterías, y es por esto que Dynami pudo conseguir recursos humanos calificados para su emprendimiento. Podríamos decir entonces que, la minería de litio si es relevante para que emerjan emprendimientos tecnológicos, pero no es condición suficiente. Se necesitan, entre otras cosas, recursos humanos calificados.

4.2.3 Electromovilidad y fabricación nacional de autos eléctricos

Otro segmento en el que se han desarrollado capacidades empresariales en Argentina, que tienen conexión con la industria del litio es el de la electromovilidad.

Las grandes automotrices no fabrican ni vehículos eléctricos e híbridos en Argentina, son todos importados. Uno de los desafíos es que es muy costoso reconvertir una planta de vehículos a combustión a híbridos o eléctricos, es una inversión muy grande. A nivel regional, la empresa de orígen Chino BYD, líder mundial en la producción de vehículos eléctricos y la cual participa en toda la cadena del proceso desde la extracción de litio hasta la fabricación de autos eléctricos instaló una terminal automotriz en Brasil y ya supera a la empresa americana Tesla.

Sin embargo, sí se han desarrollado en el país algunos emprendimiento de pequeña y mediana escala orientados a producir vehículos eléctricos. En total en 2023 se comercializaron un total de 384 unidades que si bien es poco es un 47% más que en 2022. Por el lado de los vehículos con tecnología híbrida, se vendieron 6859, un 18% más que en 2022.

En cuanto a la producción de vehículos en Argentina, identificamos 5 empresas locales: Coradir de San Luis, empresa de capitales nacionales, vendió 280 unidades 2023 entre su versión Coradir Tito (222) y su versión pick-up Tita (58) logrando ser la marca de autos eléctricos más vendida de Argentina. Ambos tienen modelos de 100km y 300km de autonomía con baterías de litio LFP que recientemente lograron un acuerdo con Y-TEC para utilizar las baterías piloto de industria nacional.

1) Sero Electric, empresa instalada en el Parque Industrial Tecnológico Aeronáutico en Morón, provincia de Buenos Aires, tiene un modelo similar y tiene vendidos 15 unidades en la primera mitad de 2023.
2) Volt Motors, empresa cordobesa que no tuvo ventas en 2022 tiene el objetivo de producir 500 autos al año y producen el 60% del auto.
3) Hamelbot CR-2, auto eléctrico producido en Misiones con batería de ion Litio de 96 V, con un cargador propio incorporado que se enchufa a un tomacorriente de 220V. Alcanza una velocidad máxima de 60 km/h y una autonomía de 150 km.
4) GreenGoCars, de Rosario, Santa Fe

En lo que sigue vamos a profundizar en dos casos: el de Coradir y Volt Motors.

Coradir

Coradir manufactura los autos Tito. Nace como una empresa de informática, luego pasa a ser una empresa de electrónica y finalmente se mueve a vehículos eléctricos. La mayoría de sus directores son ingenieros eléctricos o electrónicos. La empresa ensambla las baterías de litio que utilizan sus vehículos. Su experiencia como empresa industrial de electrónica les facilitó incursionar en el desarrollo de baterías de litio (ensamble de celdas). Empezaron intentando ser un proveedor de electrónica para las automotrices, pero estas no tienen proyectos serios para fabricar vehículos eléctricos en el país entonces comenzaron a hacer prototipos de autos.

El 50% de la empresa está en electromovilidad y la otra mitad en parques solares, fabricación de computadoras, etc.

Venden directo a clientes finales, el 60% de sus ventas las hacen por internet y el resto por agencias. Tienen vehículo para circulación en ciudades, y una camioneta Tita que se vende a empresas como utilitario para distancias cortas.

Sus vehículos tienen una autonomía de 100km o de 300 km. La carga se realiza a través de cualquier red eléctrica domiciliaria. Los cargadores/adaptadores están incorporados a los vehículos. El tiempo de carga es de 8 horas. "*Un auto promedio está estacionado 23 horas al día*".

Los primeros clientes fueron con un perfil medioambiental, los típicos que adoptan temprano tecnologías (*early adopters)*. Sin embargo la demanda se amplió a consumidores que buscan reducir costos, "*se dieron cuenta que también es 10 veces más barato moverse con autos eléctricos que con autos a combustión*". "*A su vez, el Tito es el 0 km más barato del mercado*".

Los autos son seguros, siguen las normas europeas de tipo L7. La velocidad máxima es de 65km y con motor potenciado puede llegar hasta 95 km por hora. Tienen ya más de 500 vehículos ya entregados.

Cómo en el caso de Dynami, no utilizan los derivados de litio que se producen en Argentina, como carbonato o hidróxido. Importan directamente las celdas. También como en el caso de Dynami les convendría utilizar las celdas que ha empezado a desarrollar Y-TEC, para evitar la importación, sin embargo necesitarán más escala. "*Sabemos que Y-Tec ya empezó a hacer unos primeros lotes de celdas que funcionan bien pero nuestro pedido supera su producción anual*".

"*La producción de celdas en el país es un cuello de botella, Y-TEC no es una empresa sino un consorcio que tiene otros tiempos. Otras empresas del sector privado no invierten porque en Argentina es muy difícil invertir y no hay un mercado local que te demande toda la producción que haría que sea rentable la inversión*".

Una de las ventajas de la empresa es que tienen capacidades para ensamblar las baterías desde las celdas, sino no podrían afrontar los costos. En base a esta ventaja, tienen el objetivo de empezar a exportar en la región.

Otra gran ventaja es la cercanía a un sector de proveedores de la industria automotriz. De esta puede aprovisionarse localmente de insumos clave como los parabrisas y cristales, los cableados, la pintura, los asientos, amortiguadores, cinturones de seguridad, selladores, pegamentos, todos los insumos de soldaduras, todos los caños y partes de acero del chasis y algunas ópticas y reflectivos.

Una desventaja es la regulación. En Argentina no hay aún una ley de electromovilidad que promueva la compra de vehículos eléctricos como en otros países. En Europa por ejemplo te devuelven parte del monto que usas para comprar un vehículo cuando es eléctrico. En Argentina por el contrario no hay incentivos de ningún tipo. Solo en las provincias de Neuquén y Capital Federal, tienen patentamiento cero para este tipo de autos.

Otra son las complicaciones para importar. "Y-TEC es la punta de lanza, para desarrollar el *know how* que se necesita para entender cómo producir celdas".

Volt automotores

Volt es una empresa de tecnología de Córdoba que tiene como propósito desarrollar soluciones de movilidad. Tienen capacidades en ingeniería de matrices, electrónica, mecánica, tecnología de baterías, software y hardware.

Es una empresa de 70 personas, la mitad son ingenieros que vienen de la industria aeroespacial, metalmecánica, electrónica, software y hardware. Vienen de la industria aeroespacial.

Volt tiene 3 líneas, la primera de micro movilidad que son bicicletas, motos y patines eléctricos. Luego vehículos para predios cerrados, seguridad. Y después dos vehículos para vía pública que son el W1 y el V1. Este modelo está homologado y cumple con todas las normativas de la Comunidad Europea. Es de tipo L7 sin restricciones de velocidad, sirve para operación urbana y periurbana. "*Tienen la chance de poder usarse en autopistas*".

Los vehículos que produce la empresa se cargan directamente a cualquier toma eléctrica hogareña y tardan 6 horas en cargarse full para una autonomía de 200 km. El vehículo es inteligente y 100% digital.

Tiene una capacidad para 3000 vehículos. La producción a escala ha sido uno de los grandes desafíos de la empresa, acceder a tecnología de punta, el segundo. "*Con gestión y plata lo resolves*".

60% es de integración nacional. "*La industria automotriz en Argentina es básicamente terminación, por eso le llamamos terminales automotrices. Se hace la última parte que es ensamblar. Volt hace la matriz automotriz*".

Las baterías de Litio de los autos son importadas de tipo LFP, también los motores.

Las baterías que desarrolla Y-TEC no se ajustan a las necesidades de la empresa, ya que son de amperios menores a los que utilizan, Y-Tec desarrolla de 20 y la empresa necesita de 300. Además no tienen escala.

Se autofinancian, y utilizan líneas de crédito del Estado.

Cómo en el caso de Coradir, la empresa enfatizó la importancia de una ley de electromovilidad.

Argumentan también que están en condiciones de exportar, pero tienen mayor interés en fabricar en otras partes del mundo, vendiendo la tecnología, ya que los vehículos que producen están hechos y homologados para operar en Europa y EEUU.

En conclusión, respecto a las iniciativas de autos eléctricos en Argentina las dos empresas coinciden en la necesidad de una Ley de Electromovilidad que promueva su financiamiento, su adquisición y principalmente su demanda local.

Interesantemente las dos empresas empiezan a producir, aunque no haya una demanda local. Están creando su demanda, y sin una ley que las favorezca. Se desarrollan además sin conexión directa o visible con la minería de litio en Argentina o los emprendimientos locales de producción de derivados del litio, como el de Y-Tec. Los dos proyectos actuales importan los insumos más importantes para la batería de litio o la batería de tipo LFP. Los desarrollos locales de baterías, como las de Y-TEC no son adecuados o suficientes para los requerimientos de estas empresas.

Una gran ventaja de las dos empresas es que tienen acceso a proveedores especializados de la industria automotriz. Los dos son emprendimientos de ingenieros provenientes de otras

industrias. La empresa Coradir se destaca por su capacidad para ensamblar las baterías dentro de la empresa, la empresa Volt, por la capacidad de desarrollo de la matriz automotriz. Consideran que esta capacidad representa un agregado de valor exportable.

4.3. Capacidades para provisión de insumos y servicios especializados

El desarrollo de proveedores locales asociados a la cadena de valor de la minería de litio es un tema de importancia transversal para el desarrollo de capacidades y la optimización de beneficios socio-económicos.

En este apartado analizamos en qué segmentos de la cadena se han logrado desarrollar proveedores, y en cuáles no. También analizamos el tipo de capacidades que se han desarrollado.

Proveedores vinculados a la exploración

La etapa de exploración (y prospección) incluye todas las actividades de identificación de depósitos de minerales y la evaluación de la viabilidad económica de su posible extracción. Las actividades claves propias de esta etapa son el análisis geológico, la perforación, el análisis de laboratorio y la certificación de las muestras y de los recursos y reservas identificados. Las compañías mineras, conjuntamente con sus proveedores, llevan a cabo estas actividades. Las llamadas empresas junior tienen gran incidencia en esta etapa. Se trata de empresas mineras de menor porte cuyo foco está en evaluar y certificar la viabilidad de un futuro proyecto minero en un área en particular para continuar agregando valor al proyecto mediante la exploración y lograr venderlo a una empresa que lo lleve a la etapa de producción.

La actividad de exploración abre espacio para proveedores de servicios, muchos de ellos de baja complejidad como ser de movimientos de suelos, construcción de huellas de acceso y servicios integrales de logística (campamentos, lavandería, seguridad, electricidad, catering, limpieza, disposición de residuos, etc.), y otros de mayor complejidad y basados en el conocimiento como son servicios legales, de evaluación de impacto ambiental y de relevamientos exploratorios en campo como son perforación, análisis de muestras, geofísica, geología, geoquímica, hidrogeología, geotécnica, topografía y agrimensura. Una de las cuestiones más relevantes de la etapa de exploración es que, en algunos casos, pueden representar el primer contacto con la actividad minera de comunidades locales aledañas a los proyectos, lo cual, si se realiza de la manera adecuada y dando espacio a que surjan proveedores locales, puede aportar mucho al conocimiento de la actividad y, en última instancia, a la licencia social de los proyectos.

Durante trabajos anteriores en los que participaron los autores (Marín et al., 2021; Murguía et al., 2023; Murguía y Marín, 2023) identificamos que existen empresas argentinas, tanto en provincias litíferas como en provincias sin minería, que se desempeñan como proveedoras de servicios para la exploración (Tabla 7).

Tabla 7: Ejemplos de proveedores nacionales insertos en la etapa de exploración para litio.

Segmento cadena	Nombre empresa	Localización	Bien o servicio ofrecido
Perforación	Hidrotec (*)	Salta	Perforación de salares, ensayos de geotecnia, prospección geoeléctrica, ensayos de bombeo, etc.
Perforación	Andina Perforaciones	Salta	Perforación de salares (rotary), ensayos de bombeo
Servicio integral y perforación	AGV	Salta	Perforación, obras viales, obras civiles, movimientos de suelo, logística
Servicios geológico y geotécnico	Aminco (*)	Salta	Servicio integral del conocimiento geológico y técnico (geología, geotécnica, geofísica, hidrogeología, ambiental, legal)
Servicios geológico y geotécnico	Kgori Punku	Catamarca	Soluciones de hidrogeología y geotecnia, ambientales, sociales y legales
Servicios de consultoría	Servicios Integrales Mineros (SeIMCat)	Catamarca	Informes de impacto ambiental, auditorías, monitoreo y línea de base ambiental
Servicio jurídico y ambiental	EC & Asociados	Salta	Informes de impacto ambiental, auditorías, planes de cierre y remediación, monitoreo y línea de base ambiental, RSE.
Topografía	Grupo SIT	Rosario	Relevamiento aerofotogramétrico e ingeniería básica de movimiento de suelos (Proyecto Centenario-Ratones)
Termo y geocronología	LA.TE. Andes	Salta	Investigación básica en geología

(*) = empresa entrevistada en 2019. Fuente: elaboración en base a Marín et al., (2021) y relevamientos de los autores.

En el segmento de alta complejidad, encontramos que en el rubro perforación han surgido y crecido numerosas empresas de capital nacional que han ganado un espacio importante del mercado minero, desplazando a empresas multinacionales. La minería de litio presenta una demanda continua de equipamiento de perforación, y en ese segmento, se destacan las empresas como Hidrotec, AGV o Perforaciones Andinas, ambas surgidas en Salta, sin que se haya desarrollado aún un equivalente en Jujuy. También han surgido nuevas pequeñas empresas con elevado grado de profesionalización que brindan múltiples servicios de consultoría y asesoría especializada, como ser servicios geotécnicos, hidrogeológicos o de confección de informes de impacto ambiental como son Aminco (Salta) o Kgori Punku (Catamarca).

Sin embargo, para el segmento de análisis de laboratorio las empresas recurren casi exclusivamente a proveedores extranjeros (por ejemplo, ACME sede Santiago, la Universidad de Antofagasta de Chile con amplia experiencia en el análisis de muestras de salmuera o la Australian Nuclear Science and Technology Organisation para testeo de procesamiento de salmueras) o a filiales de empresas multinacionales con sede en Argentina. Ejemplos de esto último son la sede del laboratorio de análisis geoquímicos y ambientales de Alex Stewart (Mendoza y Jujuy), el laboratorio ALS Chemex (Mendoza) o de SGS (Salta).

También en materia de confección de evaluación económica previa y o factibilidad económica las operadoras recurren a consultoras especializadas del exterior (por ejemplo Montgomery & Associates de EE.UU., Ausenco de Australia, ACSI de Canadá, Worley de Australia, etc.) quienes escriben informes técnicos y estandarizados en inglés, los cuales a menudo son un requerimiento para conseguir financiamiento en las bolsas de valores de Canadá o Australia.

Proveedores vinculados al diseño de la ingeniería de proyecto

El diseño de la ingeniería de los proyectos mineros de litio (ingeniería conceptual, básica y de detalle) es una instancia clave que condiciona tempranamente las oportunidades para el desarrollo local de proveedores. Esto se debe a que, al estar la gran mayoría de los proyectos en manos de empresas extranjeras, desde la etapa de exploración temprana y a medida que se conoce mejor el depósito y las opciones tecnológicas para procesarlo, se va diseñando el proyecto. En general dichos diseños son realizados por empresas multinacionales especializadas en ingeniería las cuales diseñan un proceso productivo bajo un determinado paquete tecnológico, en ocasiones, bajo la modalidad llave en mano. Esto puede ocurrir para la construcción de un proyecto nuevo como también la ampliación de proyectos en operación.

Dicho diseño puede estar emparentado con una patente asociada al proceso productivo y todo el equipamiento de la planta industrial de producción de carbonato de litio conlleva equipos e infraestructura específica, de una marca y de determinados requerimientos técnicos, que están englobados dentro de contratos corporativos globales, especialmente cuando las empresas están integradas globalmente. Dicho *lock-in* tecnológico es relevante para los proveedores locales ya que la empresa que diseña el proceso productivo tiende a garantizar determinados rendimientos sólo si se emplea una determinada marca de insumos, por ejemplo de geomembrana o de resina. Ello conduce a que las empresas mineras que adoptan dichos paquetes tecnológicos, especialmente las empresas globales, establezcan contratos corporativos bajos los cuales se enmarca el servicio de garantía y de post-venta. En consecuencia, todo lo referido a compras de partes para mantenimiento de la planta ocurre en ese contexto. En este sentido, al existir un paquete tecnológico diseñado en el exterior existen muy pocas posibilidades de que proveedores locales puedan entrar en ese segmento productivo, incluso a costa del costo de oportunidad de que los insumos locales tengan un menor costo. Según narró un entrevistado:

> "*…vos haces una planta industrial y podrías tener un variador de velocidad General Electric, un variador de velocidad Weg, podrías tener 50 marcas diferentes, pero por una cuestión de mantenimiento y de servicios post-venta no se puede. Entonces tenés distintas barreras como si fueran barreras para-arancelarias, pero en este caso son barreras por cuestiones técnicas de que no podés tener una determinada cantidad de marcas diferentes, es una cuestión de mantenimiento que simplemente funciona así. Son cuestiones que vienen ya determinadas en la ingeniería y te vienen como un collar con un nombre propio, que la filial local lo único que puede hacer es comprarlo al proveedor global*".

De acuerdo a varios entrevistados, en el caso de las inversiones de empresas chinas se observa con frecuencia la presencia de paquetes tecnológicos cerrados, lo cuales dificultan la integración de proveedores nacionales en determinados segmentos clave de los mismos.

Proveedores vinculados a la etapa de construcción

La etapa de construcción inicia una vez que la empresa controlante ha completado los estudios de factibilidad correspondientes, ha conseguido los permisos gubernamentales y el financiamiento. Es la etapa del proyecto con mayores inversiones de capital y donde se produce un pico en la cantidad de proveedores contratados y del empleo debido a que temporariamente se requiere mucha mano de obra para la construcción y montaje de la

infraestructura en el salar y en otras zonas donde se instala infraestructura productiva del proyecto. Sin embargo, también es la etapa más corta en el ciclo de vida de un proyecto (dura entre 1 a 2 años). Dicha etapa puede retomarse en los casos de ampliaciones de la capacidad productiva de los proyectos, pero también de manera temporaria.

Un proyecto de extracción de litio a partir de salmuera, utilizando la tecnología evaporítica y para una producción objetivo de 22.000 t LCE/año, requiere, en promedio y de acuerdo a proyectos de la Puna argentina, una inversión en costos de construcción (capex) de alrededor de US$ 400 millones. Dicha inversión está destinada a los siguientes grandes ítems:

1) Construcción de caminos de acceso;
2) Plataformas, movimientos de suelos y obras civiles;
3) Construcción de pozos de bombeo de salmuera y cañerías de distribución;
4) Pozas de evaporación y de pre-concentración;
5) Planta de producción de carbonato de litio;
6) Servicios generales;
7) Infraestructura;
8) Costos indirectos, contingencias y costos del propietario.

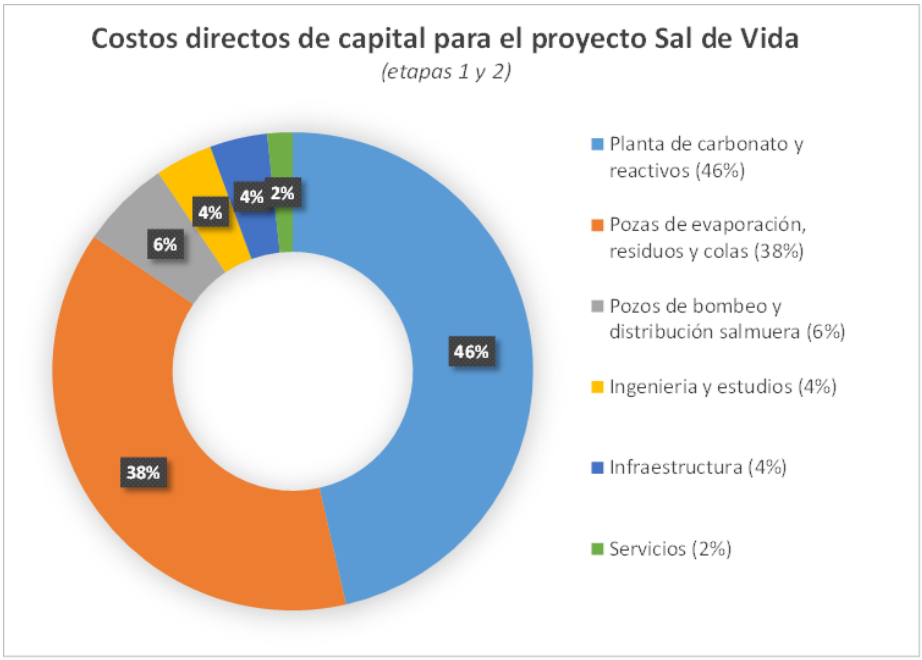
A grandes rasgos y en promedio, el 80% de la inversión inicial de capital de un proyecto tipo está destinada a costos directos, es decir, a movimientos de suelos, construcción de las instalaciones, de las pozas de evaporación y la planta de producción de carbonato de litio; el 20% restante se destina a costos indirectos[17] , fondo de contingencias y gastos del propietario[18] (salarios, etc.).

De los costos directos, y de acuerdo a estimaciones del proyecto Sal de Vida (actualmente en construcción), entre 40 y 45% se destina a la construcción de la planta de carbonato y los reactivos necesarios para su funcionamiento y casi un 40% se destina a la construcción de las pozas de pre-concentración y evaporación y las instalaciones para los residuos de proceso (Figura 9). El resto del presupuesto asociado a costos directos se consigna a la construcción de los pozos de bombeo de salmuera, caminos de acceso al salar, compra de equipos para cosechar la sal, generación de electricidad, etc.

[17] Refiere a bienes y servicios necesarios para la compra e instalación de los ítems mencionados anteriormente (costos directos). Puede incluir costos de ingeniería instalaciones y caminos temporarios, ingeniería/EPC, repuestos, limpieza del sitio, servicios médicos, transporte, etc.

[18] Refiere a costos asociados a los empleados (dentro y fuera del sitio), ingeniería, repuestos, consumibles de oficina, equipamiento, seguros y gastos de viajes para el proyecto.

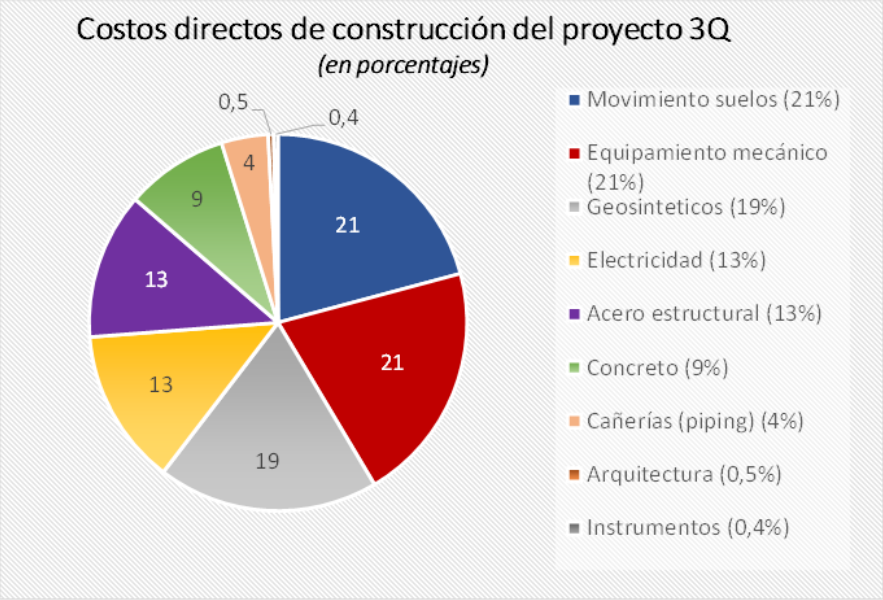
Figura 9: Estimación de costos de construcción para el proyecto Sal de Vida.



Fuente: elaboración propia a partir de Rosko et al., (2022).

Según estimaciones del proyecto Tres Quebradas (actualmente en construcción), los principales costos directos de construcción se destinan a movimientos de suelos, equipamientos mecánicos y geo sintéticos (geo-membranas) (Figura 10). Estos tres ítems están vinculados principalmente a la construcción de las piletas de pre-concentración, las piletas de evaporación y la pila de almacenamiento de la sal. Asimismo, la generación de electricidad in situ por medio de generadores y el camino de acceso al salar implican también grandes gastos en el presupuesto de construcción del proyecto (King y Zandonai, 2021).

Figura 10: Estimación de costos directos para la construcción del proyecto Tres Quebradas.



Fuente: elaboración propia en base a King y Zandonai (2021).

Similar a la etapa de exploración, en la de construcción encontramos que los proveedores nacionales han logrado insertarse dentro de la cadena minera del litio en diferentes segmentos (Tabla 8).

Tabla 8: Ejemplos de proveedores nacionales insertos en la etapa de construcción para litio.

Segmento cadena	Nombre empresa	Localización u origen	Bien o servicio ofrecido
Obra civil/vial	Benito Roggio	Córdoba/Buenos Aires	Obras civiles, movimiento suelos, ejemplo en proyecto Salar de Olaroz (camino, plataforma y piletas)
Obra civil/vial, ingeniería,	Burgwardt minera	Buenos Aires	Obra civil, montajes, drenajes, plataforma de lixiviación, movimiento de suelos, etc.
Obra civil/vial, ingeniería	Contreras	Buenos Aires	Movimiento de suelos, fundaciones de hormigón, montaje electromecánico, instalación de geomembranas. Experiencia en proyecto Fénix (Catamarca) y Sales de Jujuy (Jujuy).
Obra civil/vial	Milicic	Rosario	Obras civiles y movimiento de suelos, por ej. para proyecto Sal de Oro (Salta) y para ampliación de la planta de Fénix (Catamarca)
EPC	UTE Pecom/Perez Companc, J. Chediack y Huasi Construcciones	Buenos Aires y Catamarca	Servicio de ingeniería, compras y construcción (EPC). La UTE se realizó para construir la planta de carbonato de litio del proyecto Sal de Vida.
UTE obra civil	UTE Contreras, Mogetta, BBC	Buenos Aires, Catamarca, Córdoba	Consorcio de cooperación para obra de construcción de acueducto Rio Los Patos a planta de Fénix (Catamarca)
UTE	Servicios Mineros Cauchari (SMC) - UTE Excon (Chile) y Magna Construcciones (**)	Jujuy	Especializado en la construcción de pozas de evaporación, en la cosecha de sal y el diseño de operaciones.
Ingeniería y cañería/piping	Ebinox (**)	Rosario	Especializado en acero inoxidable y titanio. Construcción de cañerías en acero y titanio en el salar de Olaroz.
Metalmecánica y servicios	Ferigutti (**)	Jujuy	Estructuras metálicas, fabricación de tanques para el proceso productivo y montajes especiales.
Tuberías	Grupo Pipe	Buenos Aires y San Luis (planta)	Producción de sistemas de tuberías y accesorios
Geosintéticos	SIGSA (*)	San Juan (casa matriz) y sedes Catamarca, Salta	Comercialización, colocación y mantenimiento de geomembranas para impermeabilización

Geosintéticos	Rappachiani	Córdoba	Fabrica geomembranas de PVC. Inserta en las cadenas agrícola y de petróleo/gas.
Geosintéticos	IPESA-Rio Chico	Tierra del Fuego	Fabrica geomembranas de polietileno para gestión del agua, tratamiento de efluentes, minería (Jujuy) y rellenos sanitarios.
Geosintéticos, ingeniería	BSD Ingeniería y Servicios (**)	Jujuy	Colocación de geomembranas entre otros servicios para minería.
Bombas	Metalar (*)	Tucumán	Fundición, mecanizado de piezas y fábrica de bombas de vacío para líquido de aplicación en minería de litio.
Ingeniería ambiental	Inquinat	Buenos Aires	Ingeniería (foco en tratamiento de agua, e.g. ósmosis inversa), productos químicos y venta de insumos. Planta tratamiento de efluentes cloacales en salar de Cauchari
Electricidad	Vasile	Buenos Aires	Fabricación y comercialización de transformadores de potencia (para la subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión)

(*) = empresa entrevistada en 2019. (**) = empresa entrevistada en 2023. Fuente: elaboración propia en base a Marín et al., (2021), entrevistas y relevamientos de los autores.

El segmento de obras civiles, viales y de movimiento de suelos cuenta con numerosos proveedores grandes que abarcan obras en múltiples sectores, y han conseguido ser competitivos también en minería. Dichos proveedores, como ser por ejemplo B. Roggio, Milicic o Contreras, tienen sus casas matrices fuera de las provincias litíferas pero se han insertado con numerosas obras en dichas provincias. La ventaja competitiva de dichas empresas es contar con experiencia, *know-how*, equipamiento, personal calificado y respaldo financiero para negociar y licitar en obras de gran escala que quedan fuera de las capacidades empresariales de pequeñas empresas locales.

El mecanismo que contempla la legislación provincial de compre local en Salta y Catamarca para fomentar el asociativismo de grandes empresas constructoras con pequeñas empresas locales, que permita el aprendizaje, son las Uniones Transitorias de Empresas (UTEs). Además, de acuerdo a los entrevistados, tanto en Catamarca como en Salta, las autoridades han presionado para que se generaran UTEs en la etapa de construcción. Un ejemplo de ello es la UTE Pecom y Chediack (grandes constructoras a nivel nacional) con la empresa Huasi Construcciones (constructora local de Catamarca especializada en construcción civil) para firmar un contrato de ingeniería de tipo EPC (por sus siglas en inglés – *Engineering, Procurement & Construction*) para administrar la construcción y entrega llave en mano de la planta de carbonato de litio del proyecto Sal de Vida en Catamarca.

En la visión de algunos entrevistados, las UTEs actúan como un buen mecanismo para que pequeñas empresas catamarqueñas puedan participar en las licitaciones y aprendan. Según un entrevistado de esa provincia:

> "*Nosotros somos Catamarca, la única provincia que no tiene obras de más de 20 millones de dólares en la que no participe un catamarqueño. Eso de alguna manera nos garantiza ser parte, nos garantiza la información y nos garantiza la transparencia*

> *de cómo se hacen, en primer lugar, los procesos licitatorios. En los grandes procesos nunca habíamos podido participar, y ahora sí ya hemos participado y tenemos el conocimiento. En segundo lugar nos garantiza el compre local de esos consorcios, porque no nos olvidemos que hoy esos consorcios o esas UTEs, consumen y tienen más empleados, inclusive que la compañía minera. Sí, entonces tienen que tener el mismo trato y si tenés una persona local con una UTE, es casi casi como tener un gerente dentro de la compañía. Lo que nos garantiza que se compra de manera local, que se contrate de manera local, que se capacite de manera local y que esa actividad llegue a los lugares que no llega*".

Según algunos entrevistados, si bien las UTEs son un mecanismo que potencialmente podría contribuir a la transferencia de conocimientos desde empresas grandes a chicas locales, han existido problemas y no han sido del todo efectivas en lograr ese objetivo. Una de las dificultades es que, si bien la UTE permite que participe una empresa local, no está claro cómo se produce un aprendizaje o transferencia desde las empresas grandes a las chicas. Por ejemplo, el mecanismo de UTE le permite a la empresa chica acceder a licitar y obtener una obra, pero no necesariamente va a elevar sus estándares y certificaciones ya que, a veces, no es necesario hacerlo. En las palabras de un entrevistado:

> "*Entonces lo que ocurre en general es que cuando hay obras de gran envergadura, por ejemplo, en el caso de la construcción, lo que se hace, es que se busca que la empresa que va a hacer la construcción se asocie con una empresa local. La empresa local en realidad es medio un sello de goma, no es que ellos aportan algo. Por ahí pueden llegar a tener algún tipo de transferencia, pero no hay gran tecnología en la etapa constructiva. Entonces no es que vos tenés una transferencia de tecnología, sí creo que tenés algo de transferencia en cuanto a la gestión".*

En el segmento de geosintéticos para la construcción de las pozas de evaporación también encontramos proveedores nacionales como SIGSA (San Juan), empresa especializada en colocación y mantenimiento de geomembranas, o Rappachiani (Córdoba) e IPESA-Río Chico (Tierra del Fuego) las cuales fabrican y venden ese tipo de geosintético para diversos mercados. En Jujuy la empresa Minera Exar contribuyó con el crecimiento y el desarrollo de capacidades de un proveedor local denominado BSD, una empresa de 40 años de experiencia en metalurgia, obras civiles y movimientos de suelos y soldadura de polietileno de alta densidad (HDPE). A partir del trabajo conjunto con la empresa minera, BSD se capacitó en la instalación de membranas impermeabilizadoras de tipo HDPE y LDPE para revestimientos de las pozas de evaporación. A partir de dicha experiencia y del trabajo en el sector del litio, según el entrevistado, la empresa pasó de 110 personas y 100 equipos en 2012 a 350 equipos y, en conjunto con las uniones estratégicas, 1700 personas. Asimismo, logró cotizar e ingresar con obras de colocación de geomembranas que hoy día están en ejecución en las provincias de Salta y Catamarca.

En dicho segmento de construcción también se destaca en Jujuy la empresa Servicios Mineros Cauchari (SMC) la cual nace de la UTE entre la empresa constructora chilena Excon y la empresa argentina Magna Construcciones. Desde el lado chileno se aportó personal humano altamente calificado con décadas de experiencia en el proceso productivo de SQM en el Salar de Atacama, lo cual ha sido un componente clave para brindar servicios basados en conocimiento. SMC se especializa en el diseño de operaciones mineras, en la construcción de pozas de evaporación y en la cosecha de sales.

En lo que respecta a la construcción de las plantas productoras de carbonato de litio existe espacio para proveedores en el rubro metalmecánica, especialmente en lo que refiere a la fabricación de tanques y su montaje, como atestigua el caso de la empresa Ferigutti (Jujuy). Dicha empresa familiar ha tenido un gran crecimiento asociado principalmente con el proyecto Sales de Jujuy, y luego invirtió y se expandió a otros proyectos y provincias. Según el entrevistado, hoy día es la industria metalúrgica más importante de las provincias litíferas,

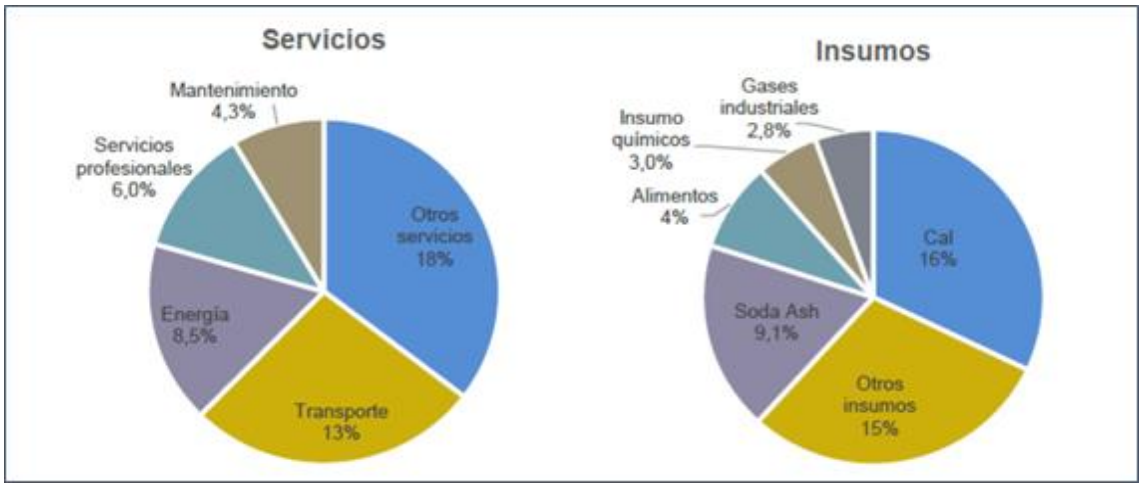
y solo enfrenta competencia con empresas metalúrgicas/de metalmecánica en Buenos Aires y Santa Fe.

Para temas de energía eléctrica existen proveedores de transformadores de potencia como Vasile (Buenos Aires) y de cables de baja tensión como Marlew (Buenos Aires), líder en el mercado nacional (Tabla 8). Para el rubro cañerías hay proveedores nacionales como el Grupo Pipe, pero también hay cañerías de titanio especiales para manejo de salmuera que son importadas.

Proveedores vinculados a la etapa de producción

La etapa de producción de un proyecto requiere de la provisión regular de insumos y servicios para mantener operativo el proceso productivo durante décadas. Según datos productivos de la provincia de Jujuy, para proyectos de litio con tecnología evaporítica, el gasto en compras de insumos y servicios para la etapa operativa se reparte en 55% para insumos y 45% para servicios. Entre los primeros se destaca la cal (16%), provista por la empresa jujeña Los Tilianes, seguida por la soda ash (9%), la cual es importada, alimentos en los campamentos y otros insumos químicos como ácido clorhídrico y sulfatos (Figura 11).

Figura 11: Estructura promedio de compras operativas en proyectos de litio, provincia de Jujuy.



Fuente: Jerez et al., (2019).

En relación a los servicios (para Jujuy, aproximadamente 45% del total de las compras), el transporte es el más relevante dado que los insumos deben ser transportados hasta los proyectos, y el producto (el carbonato de litio producido en la Puna) es exportado hasta puertos desde los cuales se embarca a mercados internacionales. En el segmento de transporte del producto se destaca el proveedor de logística de alta montaña denominado Consultrucks, empresa que en 2023 transportó en camión entre el 45% y 50% del carbonato de litio que exportó Argentina (Panorama Minero, 2023)[19].

[19] Dicha empresa también provee servicios de logística para la etapa de construcción (transporte de geomembranas, geotextiles, maquinarias, módulos habitacionales, cargas peligrosas, etc.).

Al rubro transporte le sigue la compra de energía eléctrica (8,5%) obtenida en el mercado local y los servicios profesionales (6%) como son los servicios ingenieriles, de consultoría específica o legales, y por último mantenimiento (4,3%) y otros servicios (Figura 11). Durante la etapa de producción encontramos que muchos de los proveedores que operan durante la construcción se mantienen activos en los proyectos mineros. Ejemplos de ellos son los proveedores SMC o Ebinox (véase Tabla 8).

El aprovisionamiento regular de insumos, especialmente de reactivos químicos para el proceso productivo en proyectos evaporíticos, abre oportunidades potenciales para proveedores argentinos debido a la escala de dichos requerimientos. Según un entrevistado de una empresa minera, la relación aproximada entre insumos y productos es de 7 a 1, es decir, que se requieren aproximadamente 7 toneladas de insumos (cal, soda ash, ácido clorhídrico, soda cáustica[20] y cloruro de bario) para producir 1 tonelada de carbonato de litio (en proyectos con tecnología evaporítica).

A continuación se analiza la presencia actual o potencial de proveedores nacionales para los principales reactivos químicos que demanda la producción de litio bajo métodos evaporíticos.

Insumos estratégicos – la *soda ash* (carbonato de sodio)

El carbonato de sodio (CS), también conocido como soda ash por su nombre en inglés, es un compuesto químico inorgánico utilizado en la industria del vidrio y, actualmente, con gran relevancia en la minería de litio. Es considerado un insumo estratégico para dicha actividad al ser utilizado en todos los procesos productivos conocidos para la obtención de carbonato de litio a partir de salmueras continentales (actúa para precipitar el litio de la salmuera).

En Argentina, junto a otros químicos requeridos para la minería del oro (cianuro y oxicianuros de sodio), figura entre los insumos importados para minería con mayor peso dado el uso intensivo y permanente que se realiza de dicho mineral durante los procesos productivos. En el período 2016-2020 en Argentina se importó un promedio anual de 67.500 toneladas de soda ash para una producción anual promedio de 32.470 toneladas de LCE. Ello da como resultado una intensidad de uso (relación CS/LCE) de 2 a 1, es decir, que por cada tonelada de carbonato de litio equivalente (LCE) producida se demandaron (en promedio) 2 toneladas de CS (Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera, 2022). Dicho indicador da cuenta de la importancia de la soda ash como un indicador de rendimiento de una planta productora de carbonato de litio. Según un entrevistado:

> *"Si vos querés medir el rendimiento de tu planta industrial, el rendimiento total de la planta industrial se mide de acuerdo al consumo que vos tenés de soda ash. Es decir, si vos consumís mucha soda ash es porque estás siendo ineficiente en la fabricación de carbonato de litio*".

En Argentina el mercado interno posee una demanda en el orden de 300.000 t/año de CS (industrias del vidrio, cerámica y jabones). En 2021 las importaciones en Argentina de CS (para todo uso) ascendieron a 212.000 toneladas a un costo promedio por tonelada de U$S 245. De ese volumen, aproximadamente un 31% (67.000 t) se destinó a la minería de litio. De incrementarse la cantidad de proyectos de litio según las proyecciones, la demanda de CS

[20] Se considera que para producir una tonelada de carbonato de litio se requieren unas 2,3 toneladas de soda cáustica.

para minería de litio podría multiplicarse por 6 veces alcanzado una demanda anual superior al millón de toneladas de CS.

En Argentina existe producción de CS desde 2005 por medio de la empresa ALPAT (Álcalis de la Patagonia SAIC) la cual produce CS en una planta ubicada en la localidad de San Antonio Oeste, en la provincia de Río Negro, siendo el único productor de Argentina y de Sudamérica. La empresa cuenta con 400 empleados y emplea como insumos piedra caliza y sal obtenida de canteras y una salina propias ubicadas en un radio de 100 km de distancia de la planta. ALPAT tiene una capacidad instalada de 225.000 t/año pero produce 170.000 t/año, lo cual no alcanza para abastecer el mercado interno argentinos (para todos los usos). Además, su producto está destinado principalmente a la industria del vidrio, lo cual implica que requiere adecuar el proceso productivo para producir un CS de calidad para las empresas mineras de litio.

En 2023 ALPAT anunció un plan de inversión de US$ 250 millones para aumentar la capacidad instalada en el corto plazo a 210.000 t/año, luego a 330.000 t/año y finalmente alcanzar las 550.000 t/año, para satisfacer la demanda del litio y también de países vecinos (Ámbito Financiero, 2023). Durante 2022 ALPAT comenzó a producir CS de acuerdo a los requerimientos de la industria del litio, en julio de 2023 realizó su primer envío a Salta (Miyar, 2023) y en noviembre de 2023 realizó otro pequeño envío (250 toneladas) por ferrocarril. Si bien ello implica un avance en el camino de sustituir importaciones, el crecimiento esperado de la demanda de CS en los nuevos proyectos seguramente implica que la importación de dicha sustancia continúe siendo la principal vía de abastecimiento de los proyectos litíferos.

Hace unos años, en previsión de los costos logísticos asociados a la gran distancia geográfica que separa la planta de ALPAT de los proyectos litíferos, López de Azarevich et al. (2020) propusieron la instalación de una planta de producción de CS mediante el método SOLVAY (método más extendido de producción de CaO) en la provincia de Salta en las cercanías de Pocitos y Cauchari, dadas las condiciones geoquímicas de la salmuera, la conectividad energética y logística y el volumen y calidad de calizas disponibles.

Por último, y si bien sólo a escala piloto, una sinergia que requiere mayor investigación es la de la empresa Y-TEC/YPF Luz, la cual está evaluando un proyecto para la construcción de una planta de generación térmica de energía en el Bracho (provincia de Tucumán) cuyas emisiones de dióxido de carbono (CO2) se utilizarían como insumo para la producción de CS, es decir, que sería un proceso productivo y de captura de CO2 (Salvarezza, 2022).

Insumos estratégicos: la cal

La cal viva es otro insumo indispensable para la producción de carbonato de litio, y también para la minería del cobre. En Argentina existe producción de cal nacional que abastece a la minería del litio, especialmente a partir de las caleras de San Juan y de Jujuy. En San Juan, principal provincia productora de cal en Argentina, hay expectativas por el crecimiento de la oferta de litio y del avance de los grandes proyectos de cobre. De acuerdo a estimaciones de la empresa Caleras San Juan se estima que los aumentos en la producción de litio y la puesta en marcha de proyectos de cobre elevarían la demanda en más de un 30% en la próxima década. En base a dicha demanda futura, las principales caleras de San Juan están realizando inversiones para aumentar su capacidad productiva. Sin embargo, similar al carbonato de sodio, el costo logístico representa una dificultad para la competitividad del producto (Los Andes, 2023; Pérez, 2023).

En Jujuy la calera los Tilianes, la cual comenzó como fábrica de cales en la década de 1970, ha venido creciendo de la mano del proyecto Sales de Jujuy y ha aumentado significativamente su capacidad productiva mensual pasando de una capacidad de 3000 toneladas en el año 2005 a 17.000 toneladas en la actualidad. Dicha cantera es la principal abastecedora de los proyectos litíferos actualmente en operación en la provincia de Jujuy.

Insumos estratégicos – la soda cáustica y el ácido clorhídrico

Otros insumos estratégicos para la producción de carbonato de litio son la soda cáustica y los ácidos como el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico. Estos compuestos son producidos por empresas en Argentina y están disponibles actualmente en calidad y cantidad para la industria del litio. Sin embargo, dadas las previsiones de crecimiento acelerado en la demanda, las empresas productoras ya están invirtiendo para ampliar su capacidad productiva e incluso hay anuncios de nuevos jugadores. Ejemplos de ello son:

- Bahía Blanca y Córdoba: inversiones de la empresa brasileña Unipar y la empresa Petroquímica Río Tercero, ambas productoras de soda cáustica y ácido clorhídrico.
- Jujuy: inversiones de la empresa Ledesma para aumentar su capacidad productora de soda cáustica y ácido clorhídrico. Desde 2021 Ledesma tiene un contrato con Livent para abastecer al proyecto Fénix de estos dos insumos.
- Jujuy: la empresa china Tsingshan Mining Development S.A, la cual es socia minoritaria en el proyecto Centenario-Ratones, anunció en febrero de 2023 una inversión de US$ 120 millones para la construcción de una planta de fabricación de cloruro de hidrógeno y soda cáustica en el parque industrial Perico en la provincia de Jujuy.

Servicios estratégicos: cosecha de la sal

La cosecha de la sal es un servicio estratégico que requiere de un contratista capacitado con conocimiento para realizar el proceso ya que existe el riesgo de que se rompa la geomembrana impermeabilizadora si no se realiza adecuadamente. El proveedor SMC es un proveedor especializado en la cosecha de la sal cuyos conocimientos provienen de realizar dicho servicio para la empresa SQM en Chile. Al generarse la UTE entre la empresa Excon y la empresa local Magna Construcciones se realizó un proceso de aprendizaje para los empleados jujeños a partir de las capacitaciones brindadas por la empresa Excon.

5. Políticas

5.1 Políticas para fomentar el agregado de valor local

Encontramos que todos los proyectos que avanzan en la cadena de valor de litio más allá de la etapa de refinamiento, agregando mayor valor al recurso, no están conectados a proyectos de extracción del mineral. En verdad en la mayoría de los casos no utilizan el recurso que se extrae localmente. Esto es porque o no tienen acceso preferencial al recurso o porque lo que se desarrolla en Argentina no es adecuado. En el caso de los emprendimiento de la empresa Y-Tec la empresa se beneficiaría de tener acceso al recurso local, sin embargo no lo tienen. Compiten con empresas extranjeras sin ninguna ventaja para acceder al recurso.

Un ejemplo de políticas que garantizan acceso preferencial al recurso es el de Chile. Mediante la renegociación de los contratos con las dos empresas que extraen litio en el Salar de Atacama (Albemarle y SQM) entre 2015 y 2018, el estado chileno estableció que ambas empresas deben poner a disposición del estado una cuota de hasta el 25% de su capacidad de producción de compuestos de litio (carbonato de litio, hidróxido de litio). Dicha cuota debe ser vendida a precio preferencial para la producción en Chile de productos de mayor valor agregado. Los primeros beneficiarios de dicho régimen fueron establecidos por la agencia gubernamental CORFO en 2019 mediante una licitación internacional para la producción de material catódico en Chile. Por diversas razones las empresas beneficiadas desistieron de los proyectos (Obaya, 2022). En 2022 CORFO lanzó una nueva convocatoria a Productores Especializados de Litio para una primera parte de la cuota de la empresa SQM la cual fue ganada por la empresa china BYD. Dicha empresa se asegura un contrato de suministro con con SQM Salar SA de más de 11 mil toneladas de carbonato de litio grado batería al año hasta 2030 a utilizarse en su proyecto de "Planta de Cátodos de Litio BYD Chile" a instalarse en la región de Antofagasta. El proyecto de BYD, actualmente postergado

debido a la incertidumbre en el mercado litífero, espera inversiones por 290 millones de dólares y una producción de 50 mil toneladas de material catódico de tipo LFP. Durante 2023 la empresa Tsingshan ganó la licitación para la segunda cuota de compuestos de litio de la empresa SQM y anunció la construcción de una planta productora de material catódico (LFP) a partir de carbonato de litio en Mejillones (inversión anunciada de US$ 235 millones). CORFO está preparando la convocatoria para licitar la cuota de litio de Albemarle a precio preferente durante la segunda parte de 2024.

En el caso de las empresas de vehículos eléctricos, el desafío es que no se desarrollan localmente los derivados del litio que las empresas necesitan. Lo mismo ocurre con la empresa Dynami. Estas empresas además no tienen regulaciones específicas que favorezcan sus actividades.

Respecto a las políticas, Argentina, si bien existe un proyecto de ley, no cuenta aún con una ley de electromovilidad o movilidad sustentable que promueva el uso de autos 100% eléctricos por lo cual las opciones más seguras camino a la baja emisión de carbono es la de los autos híbridos (son a gasolina pero tienen una batería que se va cargando automáticamente dentro del auto para que consuma menos) o híbridos enchufables. Actualmente la mayoría de los autos de este tipo se importan y son en promedio 40% más caros que los convencionales. Audi es el único que trae dos modelos 100% eléctricos y Toyota el líder de autos híbridos provenientes de Brasil.

Es importante remarcar sin embargo que el desarrollo de estas actividades a nivel local si parece haberse visto favorecida por el desarrollo del sector en el país, indirectamente por la mayor atención que este ha recibido, y el desarrollo de conocimiento especializado que se ha venido desarrollando.

Un gran desafío de las políticas que podrían favorecer el desarrollo de la cadena es además del de apoyar los diferentes segmentos individualmente, para que se fortalezcan las posibilidades de interconexión, es el de conectar las diferentes partes de la cadena, para generar mayores sinergias. Explorando además conexiones no sólo locales, sino también regionales.

Por ejemplo se podrían profundizar sobre el estado y potencialidad de sinergias con el proyecto del gigante automotriz chino BYD el cual recientemente compró una vieja planta automotriz de Ford (cerrada en 2021) en el parque industrial de Camacari (Bahía, Brasil) con la intención de crear un hub de vehículos eléctricos. Según anuncios preliminares la planta producirá chasis para autobuses y camiones eléctricos, vehículos híbridos y eléctricos y también procesará litio y fosfato de hierro para exportar.

5.2 Desarrollo de proveedores locales especializados

5.2.1 Información sobre demanda futura

Desde la perspectiva de los proveedores un aspecto central para poder decidir si avanzar en inversiones es el acceso a información sobre la demanda futura de bienes y servicios mineros, especialmente de bienes. Del mismo modo, conocer la estructura de compras industriales y no industriales (bienes y servicios no intensivos en conocimiento) actual de las empresas mineras (planes de compra con apertura por volumen, artículos, calidad requerida, etc.) es un requisito fundamental para el diseño de políticas públicas que busquen promover el desarrollo de proveedores.

Algo similar ocurre con la potencial demanda futura a corto y mediano plazo de aquellos ítems con mayor potencial para ser desarrollado por proveedores nacionales. Para los proveedores es clave conocer dicha información para evaluar en cuáles segmentos ellos podrían insertarse, siempre y cuando la demanda sea alta, puedan alcanzar las especificaciones técnicas requeridas y se les asegure cierto volumen de compras. Al decir de un proveedor entrevistado sobre la posibilidad de radicar una inversión en Catamarca:

> "*…el gobierno de Catamarca ofrece propiedades con muchos beneficios en el parque industrial que se llama el Pantanillo. El problema de eso es que un empresario para invertir y empezar a fabricar en Catamarca, que tiene que ser una inversión en infraestructura, en máquina, en personal, necesita la demanda asegurada o una previsión de demanda porque nadie va a invertir un millón de dólares ahí si no tiene cierto certeza de que sus productos van a tener demanda. El problema que vemos es que el gobierno provincial, y a veces ni el gobierno nacional, pueden garantizar la demanda para proveedores de bienes, siempre hablando de bienes, no de servicios*".

Frente a la pregunta de cuál es el principal obstáculo para crecer, otro entrevistado proveedor vinculado a una cámara de proveedores respondió:

> "*El obstáculo más grande es la información. Si nosotros como proveedores lográramos tener una previsión semestral, podemos salir a buscar cómo abastecer eso, cómo prepararnos para hacerle frente a esto: si tiene alguna certificación, si tiene alguna importación. O inclusive puedo salir un poco más concreto, a buscar las alianzas necesarias y que no se basen solo en el servicio, sino vamos a empezar a trabajar también con alianza en bienes. Pero para eso tiene que haber una información y con el volumen de necesidad que hay hoy, inclusive esa información le haría bien también a la compañía. ¿Por qué? Pues yo vendo cable, me compro 50 t de cable que yo sé que todas las compañías usan porque tengo esa información, si no le vendía al proyecto A, le puedo vender al B, al C. Y el que sea que le vendió al proyecto A, seguramente no tiene cómo hacerle frente a la necesidad del B o del C, del D. El problema que estamos teniendo hoy es que al no tener información, te mandan la necesidad para dentro de 20 días. Le tenés que poner en proyecto 50 t de cable. Entonces, con información podemos suplir cualquier otra deficiencia en cuanto a volúmenes y en cuanto a la capacidad del empresario*".

5.2.2 Políticas y leyes provinciales de compre y contrate local

Las políticas de compre y contrate local son el instrumento más frecuentemente utilizado por algunos gobiernos provinciales para impulsar a las empresas mineras a adquirir un mayor porcentaje de bienes, servicios y mano de obra contratada localmente, es decir, a empresas radicadas en el territorio provincial. Dichas políticas se instrumentan a través de normativa provincial por medio de la cual se crean registros de proveedores locales y se establecen condiciones para que las personas físicas o jurídicas califiquen como "proveedor local". A su vez la legislación tiende a establecer que las empresas mineras deben contratar un porcentaje mínimo de obras, bienes, insumos y servicios a proveedores inscriptos en los registros y que califican como "locales". Dichos porcentajes son monitoreados periódicamente por las autoridades mineras provinciales y varían según cada provincia.

Las tres provincias del NOA con mayores recursos de litio han adoptado políticas de promoción del compre y contrate local para minería. La primera fue Catamarca en 2014 luego de años de reclamos por parte de cámaras locales de proveedores, a la que le siguió Salta en 2019 y más recientemente Jujuy con la promulgación del Decreto Acuerdo 290 en marzo de 2024.En los casos de Catamarca y Jujuy la normativa se creó específicamente para impulsar el desarrollo de proveedores; en el caso de Salta el capítulo de compre y contrate local es parte de la Ley de Promoción Minera la cual cuenta con tres capítulos adicionales, incluido un capítulo de compensación por obras de infraestructura y otro de adhesión municipal. Las tres normativas comparten el objetivo de fomentar la cadena de valor minera en los territorios provinciales apoyando el desarrollo de proveedores locales. Respecto de la mano de obra y de compras de bienes, insumos y servicios, la normativa de Jujuy y Catamarca establece que las empresas mineras deben contratar un porcentaje no inferior al 70% del monto total anual contratado con todos sus empleados y/o proveedores (Tabla 9). La normativa salteña se diferencia de la jujeña y la catamarqueña ya que, al determinar el porcentaje mínimo de mano de obra y compra de bienes y servicios que debe realizarse a

proveedores locales, emplea el término "preferentemente", es decir, que da mayor márgen de maniobra a las empresas mineras respecto del cumplimiento.

Con respecto a la asociación de empresas provinciales con empresas de otras provincias, las tres legislaciones establecen requisitos mínimos para conformar una UTE. En los casos de Jujuy y Salta se requiere un mínimo de 30% de participación de proveedores locales, siendo en Catamarca de 50% (Tabla 9). En los tres casos se solicita, como requisito de inscripción en el registro, que las personas jurídicas se inscriban en la provincia y cuenten con el 50% o más de su composición societaria esté en manos de socios o accionistas con domicilio real en cada provincia. En el caso de Jujuy se establece que el establecimiento de una sucursal u oficina de representación es suficiente y sustituye la necesidad antes mencionada respecto de la composición societaria. Una última diferencia es respecto de las sanciones, las cuales no están establecidas en los casos de Catamarca y Salta aunque sí en el caso de Jujuy en la forma de apercibimientos, multas y suspensión o expulsión del registro provincial.

Tabla 9: Requisitos de las políticas de compre y contrate local para minería en Jujuy, Salta y Catamarca.

Normativa/ temática	**Jujuy**	**Salta**	**Catamarca**
	Decreto Acuerdo 290/2024[21]	Ley de Promoción Minera 8164/2019[22]	Resolución S.E.M. 498/2014
Registro de proveedores	Crea el Registro Provincial de Proveedores Locales de Productores Mineros a cargo del Ministerio de Desarrollo Económico y Producción provincial. Designa a la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial como entidad administrativa de dicho registro.	Crea el Registro Provincial de Proveedores Locales de Empresas Mineras (Art. 15). Dispone la implementación y control de dicho registro a cargo de la Secretaría de Minería y Energía provincial.	Crea el Registro de Proveedores de Empresas Mineras con carácter obligatorio y a cargo de la Secretaría de Estado de Minería (Art. 1). Autoriza la inscripción a personas físicas o jurídicas que realicen contrataciones con empresas mineras (Art. 2).
Definición de proveedor local	Define como proveedor local a las personas humanas o jurídicas que presten servicios a Productores Mineros y que mantengan domicilio real, legal y fiscal en la provincia de Jujuy. Para personas jurídicas solicita que el 50% o más de su composición societaria esté en poder de uno o más socios con domicilio real o legal en la provincia de Jujuy, o que establezca sucursal u oficina de representación en la provincia (Art 3°).	Define como proveedor local a las personas humanas o jurídicas que constituyan y mantengan domicilio real o social y fiscal en la provincia de Salta y que al menos el 80% de su nómina de trabajadores tenga domicilio real en la provincia de Salta (Art. 16). Las personas jurídicas deben estar inscriptas en la provincia y contar con el 51% o más de su composición societaria en poder de uno o más socios o accionistas con domicilio real o social en la provincia (Art. 16).	Para ser inscriptas en el Registro las personas físicas y jurídicas deben constituir su domicilio real y legal dentro del territorio de la provincia con una antigüedad no menor a dos años desde el último cambio de domicilio (Art. 5). En caso de conformar una Sociedad, el 50% de las personas jurídicas, socios o accionistas que la integren, deberán constituir domicilio real o social en la provincia (Art. 5).
Mano de obra local	Los productores mineros y proveedores locales deberán contratar trabajadores que tengan domicilio real en la provincia de Jujuy en una cantidad no inferior al 70% de su nómina. La autoridad establecerá un sistema progresivo para alcanzar esa meta (Art. 6). Profesionales y técnicos deben estar matriculados en el organismo habilitante provincial (Art 3).	Las empresas mineras y sus subcontratistas, que operen en la Provincia deberán contratar preferentemente trabajadores con domicilio real en los departamentos de actividad minera, y luego a los del resto de la provincia de Salta, en una cantidad no inferior al 60% de toda su nómina (Art. 18). Profesionales y técnicos especializados deben estar matriculados en el organismo colegiado provincial (Art. 16).	El setenta por ciento (70%) de los empleados profesionales, técnicos y/o administrativos deben ser originarios o residentes de la provincia de Catamarca con una antigüedad no menor a dos años (Art. 5).

[21] Reglamentado mediante Resolución 77-DEyP/2024 y con base en la Ley 3574/1978 de Registro de Productores Mineros.
[22] Reglamentada mediante Decreto 534/2020.

Compras a proveedores locales	Los productores mineros y los proveedores locales deberán contratar obras, bienes, insumos y/o servicios prestados por proveedores locales inscriptos en el registro provincial en un porcentaje no inferior al 70% del monto total anual contratado con todos sus proveedores (Art. 5).	Las empresas mineras que operen en la Provincia preferentemente deberán contratar obras, bienes, insumos y/o servicios prestados por proveedores locales inscriptos en el mencionado Registro, en un porcentaje no inferior al setenta por ciento (70%) del monto total anual contratado con todos sus proveedores (Art. 17)[23].	Establece como obligación para las empresas mineras que la cantidad total de contrataciones anuales de obras, servicios, compras de bienes y/o insumos a proveedores inscriptos en el registro provincial no debe ser inferior al 70% del total de contrataciones con proveedores (Art. 4).
Unión Transitoria de Empresa (UTE)	Para el caso de UTE las partes reunidas deben estar conformadas al menos en un 30% con proveedores locales (Art. 3).	Para el caso de UTE deberán estar conformadas contando con al menos un socio de la provincia de Salta, con una participación mínima del treinta por ciento (30%) (Art. 16).	En el caso de conformar una UTE, la misma deberá estar compuesta mínimamente en un 50% por proveedores locales.
Sanciones por incumplimiento	En caso de incumplimiento los productores mineros son pasibles de apercibimientos, llamados de atención o multas con un monto de hasta un millón de veces el valor de un litro de gasoil (Art. 9). También se prevé la posible suspensión o expulsión del Registro.	No establece. Es una ley de promoción que permite a aquellos que cumplan con la misma desarrollar obras bajo la modalidad de compensación por obras de infraestructura establecida en el capítulo II de esa ley (Art. 19).	No establece.

Fuente: adaptado de la normativa y en base a Freytes et al., (2022).

[23] Para la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental y Social de los proyectos mineros de sustancias de primera categoría, se requerirá un sistema progresivo de contratación de empleo, obras, bienes, insumos y/o servicios de la Provincia, que deberá fijarse entre el 40% y 70% del total de su nómina, de acuerdo a la etapa y magnitud del proyecto minero (Art. 20). Los porcentajes progresivos serán determinados por la autoridad de aplicación (Secretaría de Minería y Energía) y se asientan en la Declaración de Impacto Ambiental (Decreto 534/2020).

En el caso de Salta la inscripción de empresas proveedoras en el Registro provincial otorga determinados beneficios. Uno de ellos de reciente creación es el acceso a crédito a través de una línea de financiamiento con fondos del CFI destinados a promover inversión en energías renovables, proveedores mineros, riego y eficiencia hídrica.

Si bien en 2024 se sancionó la ley provincial de compre y contrate local para minería, durante muchos anios Jujuy adoptó una estrategia de competencia y atracción de inversión para el desarrollo de proveedores bajo un enfoque de incentivos (de tipo no regulatorio) Sin embargo, y de manera similar a Salta y Catamarca, durante esos años las autoridades provinciales implementaron mecanismos informales en los cuales se realizaban pedidos periódicos de información sobre contrataciones locales y se incentivaba a las empresas mineras a comprar y contratar localmente. Según un entrevistado, en el caso de Jujuy, hubiera sido contraproducente establecer una política regulatoria:

> "*…en Jujuy se trató, creo correctamente, de no limitar el desarrollo de proveedores delimitando su origen, porque realmente es una industria muy específica, y además que requiere muchísimos proveedores al mismo tiempo, y no teníamos un desarrollo de proveedores tan importante, de montajes, de perforadoras y demás, que quizás si hubiésemos hecho una reglamentación, lo que hubiésemos hecho es un retraso del desarrollo*".

A modo de hipótesis podemos plantear que la posición estratégica de Jujuy cercana a Chile y una matriz productiva relativamente diversificada permitió el desarrollo de proveedores, sin necesidad de una regulación, sino por medio de incentivos como aquellos otorgados por la ley provincial de promoción de inversiones y el empleo (ley n° 5922, modificada por ley provincial n° 6081). Los beneficiarios de la ley son personas físicas o jurídicas con domicilio en la provincia de Jujuy. Entre los beneficios promocionales se destacan reintegros de hasta el 30% del monto de las inversiones efectivamente realizadas o hasta el 80% del monto efectivamente abonado en concepto de impuestos a las ganancias (en tanto el 60% de las ganancias se destinen a reinversión).

La visión de un entrevistado de Jujuy de que aplicar un enfoque menos regulatorio y más de mercado es lo que permitió el desarrollo de proveedores locales contrasta con la visión proteccionista de los proveedores de Catamarca, quienes defienden la ley provincial de compre local. En la visión de un entrevistado de Catamarca, al consultar sobre la utilidad de dicha ley respondió:

> "*…Ahora es así y va a ser así porque necesitamos que exista esa restricción. Hoy yo le pregunto a una gran empresa constructora de fuera de la provincia, ¿te interesa trabajar solo? y la respuesta es: no me interesa, necesito el local que me ubique, que me diga dónde buscar tal cosa, que me diga cuáles son los caminos, que me consiga la gente para que trabaje con nosotros. Pero bueno, si vos no le mostrabas esa realidad por medio de restricciones, eso no iba a suceder nunca. Entonces yo creo que estamos muy cerca de poder abrir fronteras, muy cerca de sacar limitaciones, pero primero tenemos que pasar por este proceso, por el mismo que pasó San Juan…Una vez que está aceptado y está comprendido que es la mejor parte de hacer negocio, y que se van a generar muchos más negocios y más importantes, con gente local adentro, que viniendo, golpeando y yéndose… Ya después no vamos a necesitar esas restricciones, pero por el momento son necesarias*".

En el caso de Catamarca se piensa en mantener la ley de compre local provincial con el objetivo de proteger a pequeños proveedores de servicios no complejos. De acuerdo a un entrevistado:

> "*Yo no quiero que una persona que hace transporte de personal tenga parada una Traffic, una camioneta, porque en Salta hay una persona que tiene 53 Traffic. Yo quiero que ese tipo de servicio, o el servicio de cocina, o el servicio de limpieza, o el*

> *servicio de venta de elementos de protección personal tiene que ser exclusivamente local. Ahora si hablamos de otra escala y otros volúmenes podemos llegar a abrir la frontera, pero el desarrollo de la zona de influencia primaria, vinculadas a estos servicios básicos, tiene que ser siempre local*".

En nuestro análisis la aplicación de dicha normativa es comprensible desde el punto de vista provincial en tanto las autoridades buscan fomentar el desarrollo de proveedores y la contratación de personal local. Sin embargo, la efectividad de dicha legislación ha sido puesta en tela de juicio. En primer lugar, algunos de los proveedores entrevistados se manifestaron en contra del trato desigual que recibe el sector minero frente a otros sectores productivos, para los cuales no existen regulaciones tan estrictas de compre local.

En segundo lugar, varios entrevistados señalaron que las exigencias de participación mínima de proveedores o mano de obra no disponibles en las provincias generan efectos indeseados. Uno de ellos es la "flexibilización de hecho", es decir, el incumplimiento de lo requerido por la legislación ya que no se puede contratar un proveedor que no existe dentro de la provincia; en las palabras de un entrevistado: "*no se generan proveedores locales por decreto*". Otro efecto relevado es la contratación de mano de obra ociosa solo para cumplir con el requisito legal. En palabras de un entrevistado:

> "*Yo lo he visto con mis propios ojos cuando estaba en el salar y una vez por semana venía la policía minera a controlar el tema de la contratación y si los proveedores cumplían con la exigencia de contratación del 70% de la mano de obra local. Y si había algún proveedor que no tenía ese 70% te podían directamente parar la planta. Eso llevó que las empresas directamente contraten gente que por ahí no estaba capacitada y lo único que hacía era estar sentada en algún lugar solamente para poder cumplir con ese 70%".*

Un tercer posible efecto indeseado es que dichas políticas transmiten el mensaje de que los proveedores locales, inscriptos en los registros provinciales, tienen derecho a cobrar más solo por estar ubicados más cerca de la mina, lo cual atenta contra la generación de perfiles empresariales competitivos[24]. Al consultarse a un entrevistado para este trabajo sobre su opinión de que en Jujuy no se haya sancionado una ley de compre y contrate local para minería sostuvo:

> "…[de haberse sancionado dicha normativa] *podríamos haber generado sobrecostos en las licitaciones, porque uno sabe que cuando se da ese tipo de normativa, lo que normalmente sucede es que no es que nace de la noche a la mañana un empresario local, sino que ese empresario local es la pantalla que a su vez subcontrató una empresa que viene de afuera, presta el servicio y en ese intermediación que hace el empresario local hay un sobreprecio en la licitación de la minera. Entonces yo creo cuando uno ya tiene una madurez y tiene un ecosistema de proveedores que defender y que realmente pueden abastecer de manera total a la industria del litio, ahí sí es una buena oportunidad de generar tantos regímenes de fomento como regímenes restrictivos que obliguen a empresas que prestan servicios desde afuera a ingresar*".

[24] Si bien fuera del alcance del presente trabajo, se puede destacar el caso de la ley provincial de compre local de la provincia de Santa Cruz (ley n° 3616/2018), ley que abarca todas las actividades productivas (no solo mineras) y establece un porcentaje de sobrecosto tolerable sobre los proveedores no radicados del 15%.

En cuarto lugar, la aplicación de normativa sólo en algunas provincias implica condiciones desiguales de competencia. De este modo proveedores radicados en la provincia de Jujuy enfrentan dificultades para poder ingresar y licitar en las provincias de Salta o Catamarca, lo cual no ocurre de modo inverso.

En quinto lugar, la legislación fomenta la competencia, pero en muy baja medida la cooperación inter-provincial, la cual es necesaria para que haya un proceso de transferencia y aprendizaje entre proveedores. De este modo, y de acuerdo a los proveedores entrevistados, la legislación provincial de compre local representa una barrera de ingreso a la provincia y un costo administrativo extra. En las palabras de un entrevistado:

> "*…sería muy interesante que haya una mesa entre las provincias donde se diga, bueno, si esta pieza no se consigue en San Juan, tratemos de hacer la misma presión que hacemos por un proveedor sanjuanino para que la pieza se compre en un proveedor de Santa Fe, Buenos Aires o Mendoza. Pero eso no sucede, las provincias no pelean por lo que no se produce en su provincia*".

En las entrevistas a funcionarios se comentó que en el marco de la Mesa del Litio se está discutiendo una posible política de "regionalizar los proveedores", es decir, de acordar entre las provincias la interacción de políticas sobre cómo articular el desarrollo de proveedores. Sin embargo, aún no se han definido los mecanismos formales para ello. Desde el ámbito privado de los proveedores se ha avanzado en convenios de reciprocidad entre las cámaras de servicios mineros, por ejemplo en 2021 se firmó un convenio entre la CASEMI (Cámara de Servicios Mineros) de Jujuy y CAPEMISA (Cámara de Proveedores Mineros) de Salta con el fin de impulsar un programa de compre en el NOA.

En dicho contexto relevamos casos de proveedores especializados como SMC o Ferigutti (ambos de Jujuy, servicios y bienes) o INGEAP (de Santa Fe, empresa netamente de servicios ingenieriles) que han logrado entrar e insertarse exitosamente en proyectos litíferos actualmente en construcción en las provincias de Catamarca y de Salta. Ello lo han logrado cumpliendo lo exigido por la legislación provincial, mediante socios locales (bajo la figura legal de consorcio o de UTE) y mediante un proceso de contratación de mano de obra local (ayudantes, medio oficiales) la cual es capacitada por personal especializado enviado a trabajar en dichas provincias.

Por último, un tema recurrentemente mencionado por los proveedores como una amenaza son las importaciones de bienes desde China. Según los proveedores entrevistados ello representa una amenaza ya que es muy difícil competir en materia de costos con las importaciones desde China lo cual indica la necesidad, en la visión de los proveedores, de políticas proteccionistas que impidan la libre importación desde dicho país.

6. Reflexiones finales y recomendaciones

Argentina a pesar de las dificultades impuestas por su situación macroeconómica y las diversas reglas de juego que hay en cada una de las tres provincias donde mayormente se encuentra el recurso, podría posicionarse en el top 3 mundial de países productores de litio. Se produce mayormente carbonato de litio para baterías de tipo LFP, pero hay también algunos proyectos para hidróxido de litio que se usan para las baterías con níquel.

La gran mayoría de los proyectos usan un tipo de extracción evaporítica, la que involucra la construcción de grandes piletones y es sólo aplicable a salares de alta producción. Hay un proyecto que utiliza una tecnología híbrida, combinando métodos evaporíticos y de extracción directa, y varios proyectos que están introduciendo y experimentando con métodos de extracción de tipo directo (DLE). Una ventaja de esta tecnología, a pesar de no estar consolidada todavía es que permitiría la explotación de salares más pequeños debido a su flexibilidad en cuanto a la movilidad para la extracción, además de su mayor velocidad

para puesta a punto y producción. Un desafío de esta tecnología es su mayor utilización de energía y agua.

De gran interés para el sector, en Argentina se está haciendo investigación y experimentando con un método de extracción directa que devuelve el agua al salar, y permite extraer otros minerales. Sin embargo, esta tecnología recién se está probando a escala en Argentina durante 2024 con la entrada en producción del proyecto Centenario-Ratones de la empresa Eramet. Un gran desafío son las dificultades para la vinculación entre los actores del sector de investigación y el sector privado, los intereses divergentes y tiempos entre sector minero empresarial y el sector de investigación en Argentina.

Una de las grandes aspiraciones de la política productiva de los países con recursos minerales es el agregado de valor. Pero: ¿Es la posesión del recurso una ventaja para el avance en la cadena de valor? ¿Qué más se necesita?

Existen importantes desarrollos también en proyectos de agregado de valor al litio. Por ejemplo la empresa público privada Y-Tec tienen avanzados proyectos de desarrollo de baterías y material catódico. Tiene dos plantas piloto de baterías de litio de tipo LFP, una para baterías de autos eléctricos y otra para almacenamiento para energías renovables para uso hogareño. Esta última puede tener una demanda nacional y regional.

También hay desarrollos interesantes en electro movilidad. 5 empresas producen vehículos eléctricos, y han hecho importantes avances en el desarrollo de tecnologías propias.

Un desafío para este tipo de emprendimientos es que actualmente toda la producción de carbonato de Litio en Argentina se exporta (41,54% China, 30,74% Japón, 12,85% Corea del Sur, 8,85% EEUU) limitando el acceso al mineral a nivel local para poder avanzar en la cadena de valor que sería la producción de material catódico.

La empresa estatal JEMSE de Jujuy tiene una cuota que no utiliza y la empresa Y-TEC firmó un acuerdo con Livent (Catamarca) para asegurarse acceso al carbonato.

Una limitante para avanzar en la cadena de valor a la producción de material catódico no es solo es el acceso al mineral sino el acceso a los otros minerales necesarios que no se producen en Argentina, la tecnología para producir el material catódico y la demanda del mismo.

Es importante también tener regulaciones específicas que favorezcan el desarrollo de estos sectores. En Argentina, por ejemplo, no se avanzó con la ley de electromovilidad para incentivar su demanda a nivel local ni tampoco la regulación del sector de litio existente prevé mecanismos para que las empresas que buscan agregar valor puedan acceder al carbonato o al hidróxido de litio de manera preferencial.

Un gran desafío a futuro: Balance hídrico y métodos de extracción directa de Litio

La producción minera de litio en Argentina se viene expandiendo a gran velocidad sin prestar suficiente atención a diversos problemas de sostenibilidad y de justicia. Según una encuesta realizada en 2022 enfocada en desafíos en los países del triángulo del litio (véase Obaya et al., 2023), la extracción de litio presenta problemas significativos de sostenibilidad, siendo la cuestión de los impactos sobre el balance hídrico, la disponibilidad y calidad del agua el principal problema. A dicha temática le siguen otras cuestiones como ser el impacto sobre la biodiversidad y conflictos e impactos culturales con las comunidades que habitan cerca de los salares y la cuestión de avanzar en la cadena de valor y desarrollar capacidades productivas y tecnológicas nacionales. En términos de justicia dicha encuesta indicó la necesidad de priorizar la obtención de beneficios económicos por parte de las comunidades locales y un mayor cumplimiento de estándares sociales y ambientales en los países donde se realiza la minería de litio (Obaya et al., 2023).

Impacto sobre el balance hidrológico en los salares

Al igual que en Chile, en Argentina los salares ricos en litio se localizan en zonas áridas (bajas precipitaciones y muy alta tasa de evaporación) y en cuencas hidrológicas endorreicas (sin salida al mar) donde la escasez del recurso hídrico requiere de un manejo adecuado para asegurar la sustentabilidad del mismo. En los salares altoandinos donde se extrae litio, el bombeo intensivo de la salmuera y de agua dulce para los proyectos de litio genera una depresión de los niveles de agua lo cual impacta sobre las condiciones de equilibrio y altera la calidad y cantidad de agua en los reservorios, y en los humedales asociados a ellos. Ello genera preocupación respecto de la disponibilidad de agua tanto para las comunidades como para el desarrollo equilibrado del ecosistema. Determinar el nivel del impacto es necesario para poder realizar un manejo sustentable de los salares, por ejemplo, determinar qué flujo es posible extraer (capacidad de carga del salar) sin llegar a una sobre-explotación del recurso. Sin embargo, los salares y las salmueras se comportan de manera compleja y requieren de permanentes estudios.

En Chile, el país con explotación de litio a partir de salmuera más avanzado en términos de líneas de base y estudios disponibles, aún permanecen incertidumbres, por ejemplo y controversias técnicas al respecto (Blair et al., 2022; Moran et al., 2022; Guerrero et al. 2023).

En Argentina, la cuestión del impacto de la minería de litio sobre el balance hidrogeológico de los salares requiere de mayores investigaciones. Un estudio reciente indica que los informes gubernamentales son los que menos preocupación muestran respecto de impactos sobre socio-ambientales y sobre el agua, mientras que son los artículos de periódico y los estudios científicos los que más enfocan sobre esta problemática (Díaz Paz et al., 2023). Algunos de estos señalan que la producción de litio, por el método de evaporación y sin reinyección de agua en el sistema subterráneo, provocan un impacto significativo en las zonas extractivas (Mignaqui y Lacabana, 2022) y un estrés hídrico que indica sobreexplotación del recurso (Mignaqui, 2019). Otros indican que existe un riesgo muy probable de degradación irreversible de las reservas de agua dulce y riesgo probable de subsidencia (Sticco et al., 2019). El marco regulatorio del litio también actúa como un factor que limita la realización de los estudios que se necesitan para determinar el impacto de la minería de litio sobre los recursos hídricos. Dicho marco establece a los estudios de impacto ambiental como la herramienta formal y legal por medio de la cual evaluar impactos y establecer medidas de mitigación. Sin embargo, el marco legal exige la realización de dichos estudios a escala de proyecto, cuando lo que se necesitan son estudios a escala de cuenca, es decir, donde se evalúe el impacto acumulativo de varios proyectos (mineros, sean de litio o de otro mineral, y no mineros) operando y extrayendo recursos hídricos subterráneos dentro de la misma cuenca. Esta cuestión ha sido foco de cuestionamientos y reclamos judiciales hace tiempo (Delbuono y Arias Mahiques, 2022). Sin embargo, solo recientemente la Corte de Justicia de Catamarca hizo lugar a una medida cautelar solicitada por la Comunidad Originaria Atacameños del Altiplano y ordenó al gobierno paralizar el otorgamiento de nuevos permisos en la zona del Río los Patos hasta tanto se realice un estudio de impacto ambiental "acumulativo e integral" (FARN, 2024).

En entrevistas realizadas para este trabajo las autoridades provinciales manifestaron que se realizan monitoreos y suficientes controles en las cuencas para determinar la capacidad de carga y que la emisión de permisos ambientales está supeditado a ello. A su vez las autoridades manifestaron que los permisos se actualizan a partir de la revisión y aprobación de informes de impacto ambiental. Sin embargo, desde la academia se argumenta que las autoridades no realizan adecuadamente los estudios técnicos necesarios para evaluar el impacto de la actividad en los salares. Por ejemplo, en parte de la bibliografía se sostiene que es "*preocupante la falta de un análisis consolidado, sistemático y en profundidad sobre el impacto ambiental local de la extracción de litio por parte del Estado*" (Mignaqui, 2020:82).

Estas controversias, como otras alrededor de la explotación de litio, indican que se requieren de nuevos modelos de gobernanza multi-actor que permitan compartir datos, modelos e

impulsen formas de cooperar originales para manejar el recurso de manera sustentable. Si bien la constitución de la Región Minera del Litio es un primer paso, no se ha avanzado aún en nuevos arreglos institucionales que busquen saldar las tensiones y controversias abiertas existentes en Argentina sobre el impacto de la actividad.

Referencias

Ámbito Financiero, 2023. Alpat, la única productora de carbonato de sodio, se expande para sumarse a la cadena del litio.

Banco Mundial, 2023. Corredores económicos transformadores del noroeste argentino. Informe 183295. Washington.

Baspineiro, C.F., Franco, J., Flexer, V., 2020. Potential water recovery during lithium mining from high salinity brines. Sci. Total Environ. 720, 137523. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137523

Benchmark. 2023. Hard rock lithium vs. brine – how do their carbon curves compare?. 3 de marzo. https://source.benchmarkminerals.com/article/hard-rock-vs-brine-how-do-their-carbon-curves-compare

Blair, J.A., Balcázar, R.M., Barandiarán, J., Maxwell, A., 2022. Agotado: cómo evitar que la minería del litio agote el recurso hídrico, drene los humedales y perjudique a las comunidades en América del Sur. NDRC, CalPolyPomona, Observatorio Plurinacional de Salares Andinos.

Calvo, E. 2022. Nuevos métodos de extracción directa de litio. Impacto en la explotación sustentable de los salares de la puna. Ciencia Hoy 30, 180, 51-59.

CEPAL, 2023. Extracción e industrialización del litio: oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe. CEPAL.

Clemenceau, L., Argoitia, J.M., 2023. Proyecto 3. Generar empleo local, inclusivo y de calidad., in: Misión 8. Desarrollar El Potencial Minero Argentino Con Un Estricto Cuidado Del Ambiente. Argentina Productiva 2030. Plan Para El Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico. pp. 151–223.

D´Angelo, G. y Terré, E. 2024. A pesar de la fuerte caída de precios, el litio argentino sigue rompiendo récords de producción. Bolsa de Comercio de Rosario, Informe Semanal 2143. https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/pesar-de-la-3

Delbuono, V., Arias Mahiques, M.V., 2022. El litio en pugna: ¿una tragedia de los comunes en el Noroeste argentino? · Fundar. Fundar. URL https://fund.ar/publicacion/el-litio-en-pugna-una-tragedia-de-los-comunes-en-el-noroeste-argentino/ (accessed 7.31.23).

Díaz Paz, W.F., Escosteguy, M., Seghezzo, L., Hufty, M., Kruse, E., Iribarnegaray, M.A., 2023. Lithium mining, water resources, and socio-economic issues in northern Argentina: We are not all in the same boat. Resour. Policy 81, 103288. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103288

Dirección de Economía Minera, 2021. Informe Litio. Secretaría de Minería de la Nación.

Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera, 2023. Infraestructura: radiografía actual y perspectivas del desarrollo. Análisis de las bases que sostienen a la actividad minera actual y desafíos a superar frente al crecimiento del sector.

Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera, 2022. Carbonato de sodio (Soda Ash): características, usos y demanda. Subsecretaría de Desarrollo Minero, Buenos Aires, Argentina.

FARN, 2024. La Corte de Justicia de Catamarca ordenó frenar la actividad minera en el Salar del Hombre Muerto a raíz del amparo en el que FARN se presentó como Amicus Curiae. Fundación Ambiente y Recursos Naturales. Marzo, 15. https://farn.org.ar/la-corte-de-justicia-de-catamarca-ordeno-frenar-la-actividad-minera-en-el-salar-del-hombre-muerto-a-raiz-del-amparo-en-el-que-farn-se-presento-como-amicus-curiae/

Freytes, C., Obaya, M., Delbuono, V., 2022. El desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en torno al litio: los desafíos del federalismo. Fundar.

Flexer, V., Baspineiro, C.F., Galli, C.I., 2018. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. Sci. Total Environ. 639, 1188–1204. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223

Grosso, J., Toledo, E., Vera, A. 2024. Trabajo actual y futuro en la cadena de valor del litio en Argentina. Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra. https://www.ilo.org/es/publications/trabajo-actual-y-futuro-en-la-cadena-de-valor-del-litio-en-argentina

IEA, 2021. Growth in demand for selected minerals from clean energy technologies by scenario, 2040 relative to 2020.

IEA, 2022. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Agency, Paris, France.

IEA, 2023A. Latin America's opportunity in critical minerals for the clean energy transition – Analysis.

IEA, 2023B. Critical Minerals Market Review 2023.

IEA, 2024. Global Critical Minerales Outlook 2024. International Energy Agency, Paris, France.

INDEC, 2023. Complejos exportadores. Primer semestre de 2023. Comercio exterior. Vol. 7, n° 14.

Jones B., Acuña F., Rodríguez, V. 2021. Cadena de valor del litio: análisis de la cadena global de valor de las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/86), Santiago.

King, M., Zandonai, G., 2021. Neo Lithium Corp. Preliminary Feasibility Study (PFS) - 3Q Project. NI 43-101 Technical Report. Catamarca, Argentina. Second Amended date: April 1st 2021.

López de Azarevich, V., Schamaluk, I., Azarevich, M., 2020. Proyecto: Instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio, in: Díaz, F.J. (Ed.), El Litio En La Argentina: Visiones y Aportes Multidisciplinarios Desde La UNLP. La Plata, pp. 221–230.

Los Andes, 2023. Por la producción de cobre y litio la demanda de cal aumentará 38% en 10 años | Economía. Los Andes S. Juan.

Marín, A., Stubrin, L., Murguía, D., Carreras, E., Palacín, R., 2021. Innovación y competitividad en las cadenas de valor mineras: el caso de Argentina (Discussion Paper No. IDB-DP-892). IADB.

Mignaqui, V., 2020. Impactos ambientales por extracción del litio en salmuera en la Puna Argentina: un llamado a la investigación. Ambiens 2, 68–84. https://doi.org/10.22395/ambiens.v2n4a4

Mignaqui, V., 2019. Puna, litio y agua. Estimaciones preliminares para reflexionar sobre el impacto en el recurso hídrico. Segunda Época Rev. Cienc. Soc. 36, 37–55.

Mignaqui, V., Lacabana, M., 2022. Economía y ambiente: la extracción del litio en salmuera en la Puna argentina. SaberEs 14, 150–168.

Minería y Desarrollo, 2023. Aseguran que las exportaciones de litio marcarán un récord semestral por USD 438 millones.

Ministerio de Economía. 2024. Informes de cadenas de valor. Minería: litio. N°72, mayo. Dirección Nacional de Estudios Regionales y de Cadenas de Valor, Subsecretaría de Programación Microeconómica, Secretaría de Política Económica. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_sectorial_litio_2024-2.pdf

Miyar, V., 2023. Alpat envió su producto a Salta, para la producción de carbonato de litio. D. Río Negro.

Moran, B.J., Boutt, D.F., McKnight, S.V., Jenckes, J., Munk, L.A., Corkran, D., Kirshen, A., 2022. Relic Groundwater and Prolonged Drought Confound Interpretations of Water Sustainability and Lithium Extraction in Arid Lands. Earths Future 10. https://doi.org/10.1029/2021EF002555

Murguía, D., Marín, A., 2023. Proyecto 2. Desarrollar proveedores nacionales en la cadena de valor de la minería., in: Misión 8. Desarrollar El Potencial Minero Argentino Con Un Estricto Cuidado Del Ambiente. Ministerio de Economía de la Nación y Fundar, Buenos Aires, Argentina, pp. 88–150.

Murguía, D., Marín, A., Delbuono, V. y Freytes, C. 2023. Desarrollo de proveedores para el sector minero. Desafíos institucionales y lineamientos estratégicos de política. Fundar. https://fund.ar/wp-content/uploads/2023/09/Fundar_Desarrollo-de-proveedores-para-el-sector-minero-2.pdf

Nacif, F., 2020. 5.3 Litio en Argentina: dos décadas de explotación, in: Informe Ambiental FARN 2020. FARN, Buenos Aires, pp. 279–288.

Obaya, M., 2021. Una mirada estratégica sobre el triángulo del litio. Marco normativo y políticas productivas para el desarrollo de capacidades en base a recursos naturales. Fundar.

Obaya, M. 2022. El triángulo escaleno. Litio y política de desarrollo productivo en Argentina, Bolivia y Chile. Cahiers des Amériques Latines 99: 35-70. https://doi.org/10.4000/cal.14501

Obaya, M., Murguía, D., Freytes, C., Allan, T., 2023. Una cadena de valor de baterías de litio justa y sostenible. Encuesta Delphi – Informe ejecutivo. Proyecto Green Dealings, Buenos Aires, Argentina.

Pérez, E., 2023. La cal de San Juan no duerme la siesta. CLUBminero.

Rosko, M., Gunn, M., Weston, S., 2022. Sal de Vida Project. Salar del Hombre Muerto, Catamarca, Argentina. NI 43-101 Technical Report. Gunn Metallurgy, Montgomery & Associates, Ausenco.

Sanchez-Lopez, M.D., 2023. Geopolitics of the Li-ion battery value chain and the Lithium Triangle in South America. *Latin American Policy*, *14*(1), pp.22-45.

Sticco, M., Scravaglieri, P., Damiani, A., 2019. Estudio de los recursos hídricos y el impacto por explotación minera de litio. Cuenca Salinas Grandes y Laguna Guayatayoc - Provincia de Jujuy. FARN.

Subsecretaría de Programación Microeconómica. 2018. Informes de cadenas de valor. Litio. Abril. Secretaría de Política Económica, Ministerio de Hacienda, Buenos Aires, Argentina.

Tablero Global del Litio - Secretaria Mineria Argentina https://www.argentina.gob.ar/economia/mineria/siacam/tablero-global-del-litio

Taquiri, J., Lassourd, T. y Viola, A. 2023. Determining the price of minerals. A transfer pricing framework for lithium. Draft for consultation. OECD & IGF. https://www.igfmining.org/wp-content/uploads/2023/11/igf-oecd-draft-mineral-valuation-lithium.pdf

USGS, 2023. Mineral commodity summaries 2023. https://doi.org/10.3133/mcs2023

USGS, 2024. Mineral commoditiy summaries 2024. https://doi.org/10.3133/mcs2024

Vera, M.L., Torres, W. et al 2023. Environmental impact of direct lithium extraction from brines https://www.nature.com/articles/s43017-022-00387-5

Anexos

Anexo 1: Listado de entrevistas realizadas (2023).

#	*Sector*	*Nación/Provincia*	*Entrevistado*	*Expertise*	*Institución y cargo actual (a 2023)*
1	Gobierno nacional	Nación (Chile)	Daniel Goya	Experto en políticas de transformación productiva.	Asesor en políticas de transformación productiva, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (Chile)
2	Gobierno nacional	Nación	Eduardo Gigante	Experiencia como comprador en la en minera de litio (ex Livent) y otras industrias. Docencia en mercados de litio.	Director Nacional de Desarrollo Territorial, Secretaría de Asuntos Estratégicos
3	Gobierno nacional	Nación	Sebastián Rotondo	Experto en mercados de trabajo, sectores productivos y regiones.	Director Nacional de Análisis y Estudios, Secretaría de Asuntos Estratégicos
4	Gobierno nacional	Nación	Enzo Rodolfo Araya	Experiencia en la provincia de Catamarca como Director de Administración y Compras y como Director de Promoción y Responsabilidad Social Minera	Subsecretario de Política Minera, Secretaría de Minería de la Nación
5	Gobierno provincial – Jujuy	Jujuy	Exequiel Lello Ivacevich	Ex Ministro de Desarrollo de la provincia de Jujuy	Vicepresidente de la empresa JEMSE
6	Gobierno provincial – Salta	Salta	Romina Sassarini	Larga carrera como profesional en la Secretaría de Minería de Salta	Secretaria de Minería y Energía de la provincia de Salta
7	Gobierno provincial – Salta	Salta	Juan José Martínez	Experiencia en la repartición provincial de Salta.	Coordinador General de la Secretaría de Energía y Minería de Salta
8	Gobierno provincial - Catamarca	Catamarca	Marcelo Murúa Palacio	Ex Diputado provincial y Secretario de Obras Públicas de Catamarca	Ministro de Minería y Energía de Catamarca
9	Empresa minera pública - Catamarca	Catamarca	Natalia Dusso	Ex Secretaria de Planificación de la provincia de Catamarca	Vicepresidente de CAMYEN S.E.
10	Empresa público-privada de tecnología	Nación	Eduardo Dvorkin	Experto en mecánica computacional.	Gerente General de Y-TEC (YPF Tecnología)

#	*Sector*	*Nación/Provincia*	*Entrevistado*	*Expertise*	*Institución y cargo actual (a 2023)*
11	Empresa minera privada y representante de CAEM	Nación y Jujuy	Franco Mignacco	Ex presidente de la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM)	Presidente de Minera Exar S.A.
12	Empresa minera privada	Salta	Daniel Chavez Díaz	Ex CEO de Eramine en Argentina	Ex CEO de Eramine
13	Cámara de proveedores – Nacional y empresa proveedora	Nación	Matías Baglietto	Secretario de CAPMIN y Director de proyectos de Minetech (proveedora de la industria minera)	Vicepresidente de la Cámara Nacional de Proveedores Mineros (CAPMIN)
14	Cámara provincial de proveedores – Catamarca	Catamarca	Manuel Gomez Bello	Presidente de la Cámara provincial de proveedores de Catamarca	Presidente de la Cámara Provincial de Proveedores Mineros de Catamarca
15	Proveedor minero	Santa Fe	Francisco Tibaldo	INGEAP: obras de ingeniería para mineras de Litio.	
16	Proveedor minero	Santa Fe	Eric Besset	EBINOX: Metalmecánica para mineras de Litio.	
17	Proveedor minero	Jujuy	Juan Pablo Corvalan Nuñez	Experiencia como proveedor de SQM en Chile.	Gerente General de SMC (Servicios Mineros Cauchari)
18	Proveedor minero	Jujuy	Renato Ferigutti	Proveedor experimentado de la industria metalúrgica.	Industrias Metalúrgicas Ferigutti
19	Proveedor minero	Jujuy	Nilo Carrión	Proveedor experimentado de cal – Los Tilianes, proveedor de cal para litio.	Gerente General de Los Tilianes
20	Proveedor minero	Jujuy	Elias Sorrouf	BSD – Ingeniería y servicios	Gerente de BSD
21	Proveedor minero de comunidades indígenas	Jujuy	Luis Vacazur	GVH Logística Minera, empresa de logística fundada por hermanos de la Comunidad Coya.	Gerente
22	Empresa de vehículos eléctricos	San Luis	Juan Manuel Baretto	CORADIR Vehículos eléctricos	Presidente de Coradir
23	Empresa de vehículos eléctricos	Córdoba	Daniel Parodi	CEO y Fundador de Volt Motors	CEO de Volt Motors

#	*Sector*	*Nación/Provincia*	*Entrevistado*	*Expertise*	*Institución y cargo actual (a 2023)*
24	Investigación y desarrollo	CABA	Sergio Barón	Emprendedor científico, fundador de Dynami, start-up argentina de baterías de litio ultradelgadas.	Fundador y director
25	Investigación y desarrollo	Jujuy	Victoria Flexer	Investigadora en tecnologías más sustentables y eficientes para el procesamiento de salmueras para extraer sales de litio, y en el estudio de baterías de litio.	Investigadora de CONICET y del Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMeju)

Anexo 2: Proyectos de litio (salmuera) en producción, construcción y en estado de exploración inicial y avanzada en Argentina.

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
1	Fénix	Arcadium Lithium (ex Livent Corp.)[26]	100%	EE.UU.	Catamarca	Producción *(en ampliación)*	22.000	55.000	40
2	Salar de Olaroz (Sales de Jujuy[27])	Arcadium Lithium (ex Allkem)[28]	66,5%	Australia	Jujuy	Producción *(en ampliación)*	13.000	42.500	+40
		Toyota Tsusho Corp.	25%	Japón					
		Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE)	8,5%	Argentina					
3	Cauchari-Olaroz (Minera Exar)	Ganfeng Lithium	46,7%	China	Jujuy	Producción pre-comercial	4000	40.000	40
		Lithium Argentina	43,4%	Canadá					

[25] Incluye producción de carbonato y cloruro de litio grado batería (99,5%) y grado técnico (99%).
[26] Anteriormente FMC Lithium. En mayo de 2023 Livent Corp. acordó fusionarse con Allkem para formar Arcadium Lithium, fusión que se completó en enero de 2024.
[27] Para mayores detalles sobre titularidad y beneficiarios finales consultar el informe de Fundeps (2023).
[28] Allkem se creó en 2021 a partir de la fusión de Orocobre Ltd. y Galaxy Resources.

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
		JEMSE	8,5%	Argentina					
		Ontario Inc,	1,79	Canadá					
4	Centenario-Ratones	Eramet	50,1%	Francia	Salta	Construcción	0	24.000	40
		Tsingshan	49,9%	China					
5	Tres Quebradas	Zijin	100%	China	Catamarca	Construcción	0	18.000	30
6	Sal de Vida	Arcadium Lithium (ex Allkem)	100%	Australia	Catamarca	Construcción	0	45.000	40
7	Sal de Oro	POSCO	100%	Corea del Sur	Catamarca	Construcción	0	25.000	20
8	Mariana	Ganfeng Lithium	100%	China	Salta	Construcción	0	22.500	25
9	Pastos Grandes	Lithium Argentina (ex Lithium Americas)	100%	Canadá	Salta	Factibilidad	0	22.500	Nd
10	Salar del Rincón	Rio Tinto Group	100%	Reino Unido	Salta	Factibilidad	0	22.500	+40
11	Kachi	Lake Resources	75%	Australia	Catamarca	Pre factibilidad	0	40.000	25
		Lilac Solutions	25%	EE.UU.					
12	Salar de Cauchari	Arcadium Lithium (ex Allkem)	100%	Australia	Jujuy	Pre factibilidad	0	25.000	Nd

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
13	Cauchari	Lake Resources	100%	Australia	Jujuy	Pre factibilidad	0	18.000	Nd
14	Pozuelos-Pastos Grandes (PPG)	Ganfeng Lithium	100%	China	Salta	Evaluación económica preliminar	0	40.000	+20
15	Rincón Lithium	Argosy Minerals	100%	Australia	Salta	Evaluación económica preliminar	0	10.000	Nd
16	Salar del Hombre Muerto Norte	Lithium South	70%	Canadá	Salta	Evaluación económica preliminar	0	5000	Nd
		Sino Lithium Materials Pty Ltd	30%	China					
17	Candelas	Galan Lithium	100%	Australia	Catamarca	Evaluación económica preliminar	0	14.000	Nd
18	Sal de los Ángeles	Revotech Asia Ltd.	46%	China	Salta	Exploración avanzada	0	13.500	Nd
		Tibet Summit Resources	45%	China					
		Leading Res. Global Ltd.	9%	Nd					
19	Alba X	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
20	Alcalina	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
21	Antofalla Norte	Argentina Lithium & Energy Corp.	100%	Canadá	Catamarca	Exploración inicial	sin datos	sin datos	sin datos
22	Arizaro	Lithium Chile Inc.	80%	Canadá	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
		SMG SRL	20%	Argentina					
23	Arizaro Norte	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
24	Arizaro Sur	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
25	Cangrejillos	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
26	Centenario	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
27	Hombre Muerto Oeste	Galan Lithium Limited	100%	Australia	Catamarca	Factibilidad	0	20.000	Nd
28	Incahuasi	Argentina Lithium & Energy Corp.	100%	Canadá	Catamarca	Prospección	sin datos	sin datos	sin datos
29	Incahuasi	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
30	Incahuasi Moncho	Ganfeng Litio Argentina SA	100%	China	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
31	Karachi Salar	Lithium South	100%	Canadá	Catamarca	Prospección	sin datos	sin datos	sin datos
32	Laguna Verde	Zangge Mining	65%	China	Catamarca	Exploración inicial	sin datos	sin datos	sin datos
		Ultra Lithium	35%	Canadá					
33	Lipetren				Río Negro	Exploración inicial	sin datos	sin datos	sin datos
34	Litio Gold I, II y III	Franklin Mining Argentina SA	100%	EEUU	Catamarca	Prospección	sin datos	sin datos	sin datos
35	Los Sapitos	Origen Resources Inc.	100%	Canadá	San Juan	Exploración inicial	sin datos	sin datos	sin datos
36	Mina Sisifo - Mina Patilla	Pluspetrol Resources	100%	Países Bajos	Salta	Exploración avanzada			
37	Reina Sofía IV	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
38	Río Grande	Pluspetrol Resources Inc.	100%	Países Bajos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
39	Sal de la Puna	Lithium Americas Corp.	100%	Canadá	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
40	Salar de Antofalla I al XIII y Bolland VI	Albemarle Argentina SRL	100%	EEUU	Catamarca	Prospección	sin datos	sin datos	sin datos

#	Proyecto (y empresa operadora)	Propietarios	Porcentaje sobre capital	Origen de la empresa	Provincia donde se ubica	Fase de proyecto	Capacidad de producción (t LCE/a)[25]		Vida útil estimada del proyecto (años)
							Actual	Prevista	
41	Salar de Arizaro	Pluspetrol Resources	40%	Países Bajos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
		Argentum Investments LLC	25,63%	EEUU					
		Prado Largo SA	4,37%	España					
43	Salar Tolillar	Tecpetrol	100%	Argentina	Salta	Evaluación económica preliminar	0	25.000	Nd
44	Salari	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	0	4.861	Nd
45	Salari 22	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
46	San Jorge	sin datos	sin datos	sin datos	Catamarca	Exploración inicial	sin datos		
47	Sincera	Antofalla Minerals SA	sin datos	sin datos	Catamarca	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos
48	Taca Sal IV	sin datos	sin datos	sin datos	Salta	Exploración avanzada	sin datos	sin datos	sin datos

Fuente: elaboración propia en base al SIACAM/Tablero Global del Litio, a CEPAL (2023) y otras fuentes. Actualizado a julio de 2023. Nd = información no disponible.

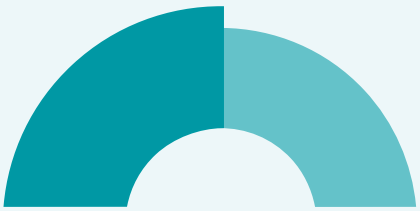
Anexo 3. Argentina. Producción anual proyectada de litio por proyecto (2024-2035). En t LCE/a.

#	Proyecto	Provincia	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1	Fénix-Güemes[29]	Catamarca	37.800	47.800	47.800	57.800	57.800	67.800	67.800	77.800	77.800	77.800	77.800	77.800
2	Olaroz	Jujuy	25.000	33.000	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500	42.500
3	Cauchari-Olaroz	Jujuy	20.000	25.000	35.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
4	Centenario-Ratones	Salta	8.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
5	Tres Quebradas	Catamarca	7.000	18.000	20.000	30.000	35.000	40.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
6	Sal de Vida	Catamarca	0	0	6.250	18.750	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500
7	Sal de Oro-Güemes[30]	Catamarca	0	12.800	33.267	50.100	61.600	61.600	61.600	61.600	61.600	61.600	61.600	61.600
8	Mariana	Salta	0	5.807	11.613	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500	17.500

[29] Incluye la mina (proyecto Fénix) donde se produce carbonato de litio y la planta industrial en el Parque Industrial Güemes (Salta) donde se produce cloruro de litio (aproximadamente 7800 t LCE/a).
[30] Incluye la mina en el salar donde se producirá fosfato de litio y carbonato de litio y la planta industrial en el Parque Industrial Güemes (Salta) donde se producirá hidróxido de litio.

9	Pastos Grandes	Salta	0	0	6.250	18.750	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500
10	Salar del Rincón	Salta	0	0	0	0	6.250	18.750	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500
11	Kachi	Catamarca	0	0	0	8.333	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
12	Salar de Cauchari	Jujuy	0	0	0	0	0	8.333	20.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
13	Cauchari	Jujuy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Pozuelos-Pastos Grandes	Salta	0	0	2.000	6.250	18.750	22.500	22.500	22.500	32.000	36.000	40.000	40.000
15	Rincón Lithium	Salta	0	0	0	5.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
16	Salar del Hombre Muerto Norte	Salta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Candelas	Catamarca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Sal de los Ángeles	Salta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total todos los proyectos en producción (en t LCE/a)			97.800	166.407	228.680	318.983	383.400	422.983	448.400	463.400	472.900	476.900	480.900	480.900

Fuente: elaboración propia en base a estimaciones de las empresas.



Documentos de Trabajo de CENIT es una publicación periódica que tiene como objetivo difundir resultados de investigaciones realizadas en el Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT). Trabajamos en temas de ciencia, tecnología e innovación analizando principalmente su interacción con los procesos de transformación hacia la sustentabilidad económica, social y ambiental. Buscamos que nuestras investigaciones contribuyan al conocimiento científico y al debate público.

Los temas de los *Documentos de Trabajo de CENIT* reflejan el amplio espectro de líneas de investigación del Centro en los campos de la economía de la innovación y de los estudios sociales de ciencia y tecnología; incluyendo: innovación en recursos naturales; bioeconomía; transición energética; desarrollo sostenible; co-producción de conocimiento; activismos; política productiva y en ciencia, tecnología e innovación; entre otros.

Los *Documentos de Trabajo de CENIT* se comparten con licencias abiertas CC BY-SA 4.0, Atribución / Reconocimiento-Compartirigual 4.0 Internacional https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/-

CENIT – Centro de Investigaciones para la transformación
cenit@unsam.edu.ar
www.cenit.unsam.edu.ar/
Editado por la Escuela de Economía y Negocios
Universidad Nacional de San Martín
inveeyn@unsam.edu.ar | Tel.: +54 (11) 4580-7250 Int. 136/140

Centro de Investigaciones para la Transformación
EEyN_UNSAM

cenit